

Alimentation des capteurs embarqués sur textile par la technologie NFC

Université de Lille 1

Licence 2 – Electronique, Systèmes Électriques, Automatique (ESEA)

Cursus Master en Ingénierie - Microélectronique, Nanotechnologies, Télécommunication

Par Roqyun Ko, Mariam El-Houby

Réalisé sous la direction de Ludovic Burgnies

Remerciements

Nous tenons à remercier Ludovic Burgnies pour votre encadrement et vos conseils précieux. Grâce à vous, nous avons pu commencer et finir la recherche bibliographique.

Table des matières

Remerciements.....	2
Nous tenons à remercier Ludovic Burgnies pour votre encadrement et vos conseils précieux. Grâce à vous, nous avons pu commencer et finir la recherche bibliographique.....	2
1.Introduction.....	5
2.Technologie NFC.....	6
2.1.Contexte.....	6
2.2.Caractéristique.....	6
2.2.1.Convention.....	6
2.2.2.Fonctionnement.....	6
2.3.Application.....	6
3.Onde radio.....	8
3.1.Contexte.....	8
3.2.Nature.....	8
4.Modulation Numérique.....	9
4.1.Contexte.....	9
4.2.Type de Modulation.....	9
4.2.1.Amplitude-shift Keying (ASK).....	9
4.2.1.1.On Off Keying (OOK).....	10
4.2.2.Frequency-shift Keying (FSK).....	12
4.2.3.Phase-shift Keying (PSK).....	12
4.2.3.1.Binary Phase-shift Keying (BPSK).....	13
4.2.3.2.Quadratic Phase-shift Keying (QPSK).....	13
4.3.Codage Manchester.....	14
5.Antenne.....	15
5.1.Contexte.....	15
5.2.Principe.....	15
5.2.1.Phénomène d'induction électromagnétique.....	15
5.2.2.Filtre Passe-bas du 2e Ordre.....	16
6.Lecteur NFC.....	18
6.1.Contexte.....	18
6.2.Démodulateur.....	18
6.2.1.Diode.....	18
6.2.2.Circuit de Redressement.....	19
6.2.2.1.Redressement Simple Alternance.....	20
6.2.2.2.Redressement Double Alternance.....	21
6.2.3.Détecteur d'Enveloppe.....	22
6.3.Conclusion.....	23
6.4.Filtre Sallen et Key Passe-bas du 2e Ordre et Comparateur.....	24
6.4.1.Filtre.....	24
6.4.2.Comparateur.....	24

7. Conclusion.....	25
8. Glossaires.....	26
9. Sources Bibliographiques.....	27

1. Introduction

La miniaturisation des dispositifs électroniques a permis d'embarquer les capteurs sur textile. Cela va rendre les vêtements de plus en plus "intelligents" et les domaines d'application de "vêtements intelligents" sont de plus en plus divers. Ils peuvent servir à surveiller le rythme cardiaque, la température ambiante et ainsi de suite. Le plus grand avantage des vêtements intelligents est la légèreté et le design qui est indépendant de l'embarquement des capteurs. Puisque les capteurs sont les dispositifs électriques, la question la plus préoccupante est l'alimentation électrique. Pour résoudre le problème, les plusieurs moyens de fournir l'énergie aux capteurs ont été développés. Par exemple, les chercheurs de MIT (Massachusetts Institute of Technology) ont fait fonctionner les capteurs avec l'énergie générée par le mouvement du corps humain. Autrement, des chercheurs ont trouvé des façons de fournir énergie par la chaleur du corps humain et l'expiration. Parmi des nombreux moyens afin d'alimenter les capteurs, nous avons étudié la technologie NFC en s'inspirant du lecteur NFC passif qui se fonctionne sans source d'énergie. Par ailleurs, la NFC nous permet de résoudre également le problème de connectivité. Donc, dans cette recherche bibliographique, nous allons principalement analyser le circuit d'un lecteur NFC passif.

2. Technologie NFC

2.1. Contexte

La NFC, ou Near Field Communication, signifie « Communication dans un champ proche ». La NFC est une dérivée de la technologie RFID qui signifie Radio Frequency Identification. En effet, il existe peu de différences entre les deux technologies. Les deux permettent également une communication sans fil entre deux dispositifs en utilisant le même principe. Ils communiquent par l'onde radio. Alors, dans cette recherche bibliographique, nous étudions également la RFID.

2.2. Caractéristique

2.2.1. Convention

La RFID fonctionne aux plusieurs bandes de fréquences. La RFID utilise soit la basse fréquence de 125 à 134 kHz ; soit la haute fréquence 13,56 MHz ; soit l'ultra haute fréquence de 856 MHz à 960 MHz. Des types de modulations sont également variés. Les spécifications du dispositif RFID sont donc toutes différentes. En revanche, la NFC ne fonctionne qu'à 13,56 MHz par convention et elle n'emploie que le codage Manchester en tant que technique de modulation.

2.2.2. Fonctionnement

Plus la fréquence est basse, plus la distance d'action devient courte. En théorie, la distance d'action à 13,56 MHz n'est que 10 cm tandis que celui de la RFID varie entre 10 cm et 100 mètres. En réalité, la distance d'action de la NFC est beaucoup plus courte. C'est environ 4 cm à condition qu'il n'existe aucun obstacle entre les deux appareils communiquant.

La RFID et la NFC peuvent être soit passif ou actif. Si le dispositif est actif, cela exige des sources d'énergie comme batterie. Si le dispositif est passif, il peut se fonctionner sans source d'énergie. Dans cette recherche bibliographique, nous nous concentrons sur le dispositif passif qui correspond à notre besoin d'alimenter sans branchement physique à une source d'énergie.

2.3. Application

Existant dans les smartphones en général, la NFC permet le paiement sans contact dans les magasins et dans les transports en commun, l'échange des informations, et l'identification facile. De plus, la technologie NFC est déjà mise en pratique dans le domaine de vêtements « intelligents ». En 2016, la compagnie coréenne Samsung Electronics a montré « Smart Suit » au « Consumer Electronics Shows »

à Las Vegas au Nevada aux États-Unis. C'est un costume sur quel le tag NFC est embarqué. Cela a été conçu pour faciliter l'échange de cartes de visite professionnelle. En commandant par le smartphone à distance courte, l'information du tag NFC peut être modifiée.



Illustration 1: Samsung Smart Suit

3. Onde radio

3.1. Contexte

Le lecteur NFC passif utilise seulement l'onde radio pour communiquer et obtenir l'énergie pour se fonctionner. Donc, il faut étudier l'onde radio pour que nous puissions comprendre le fonctionnement du lecteur NFC.

3.2. Nature

L'onde radio est une onde électromagnétique de la radiofréquence. La radiofréquence est la fréquence inférieure à 300 GHz. L'onde électromagnétique est le rayonnement électromagnétique, qui porte l'énergie, modélisé par la propagation ondulatoire.

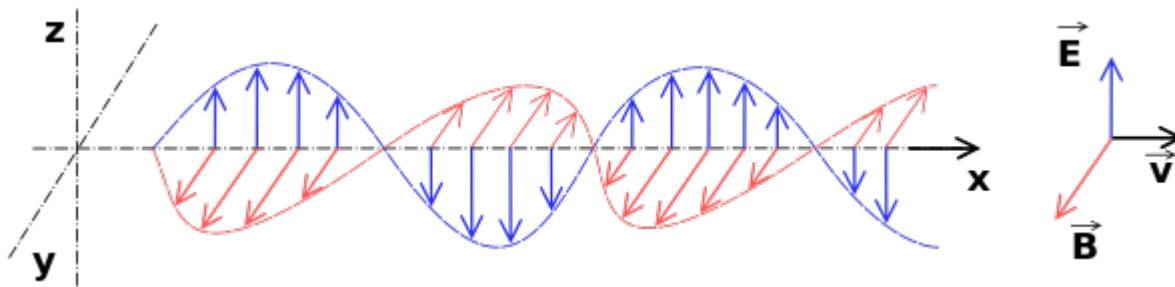


Illustration 2: L'onde électromagnétique (Rouge; Axe Y) propageant suivant l'axe X.
Source : https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation

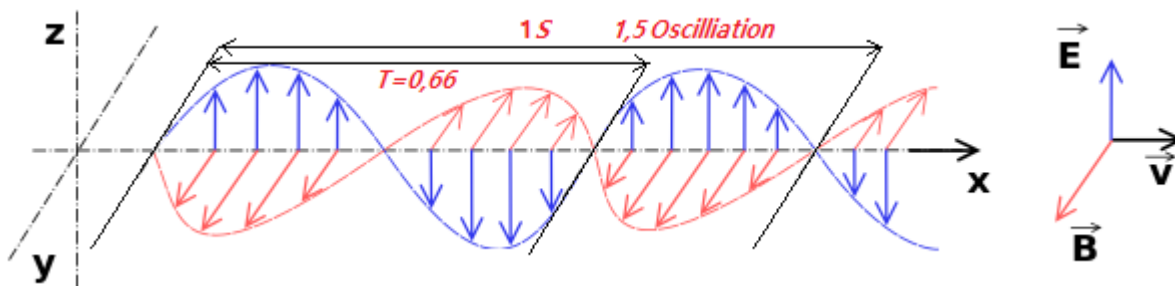


Illustration 3: La période temporelle(T) de 0,66 s caractérise 1,5 Hz car la fréquence est égale à $1/T$

4. Modulation Numérique

4.1. Contexte

Le signal en l'air s'atténue et se déforme. Ces phénomènes rendent difficile la communication entre deux dispositifs. C'est aussi difficile d'éviter l'atténuation et la déformation. Donc, la technique de modulation est développée afin de pouvoir récupérer la signification originale de signaux même après ces phénomènes. Comme tous les autres technologies de communication sans fil, la technologie RFID exige la technique de modulation pour transférer et interpréter les données. Puisque la technologie NFC est la dérivée de la technologie RFID, elle l'exige aussi. Donc, il faut connaître la modulation pour que nous puissions comprendre la technologie NFC. Dans cette recherche bibliographique, il suffit de comprendre le principe sans détails techniques car nous étudions principalement le lecteur NFC passif qui n'utilise que la démodulation.

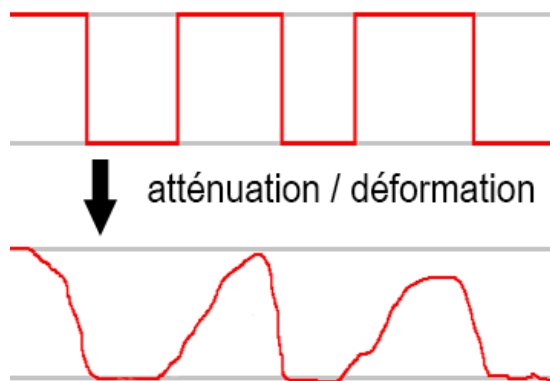


Illustration 4: Un signal est atténué et déformé dans l'air. C'est très probable que la signification originale est perdue.

4.2. Type de Modulation

de

4.2.1. Amplitude-shift Keying (ASK)

Comme le nom de la technique suggère, ce type de modulations varie l'amplitude d'un signal sinusoïdal pour empêcher la perte des données.

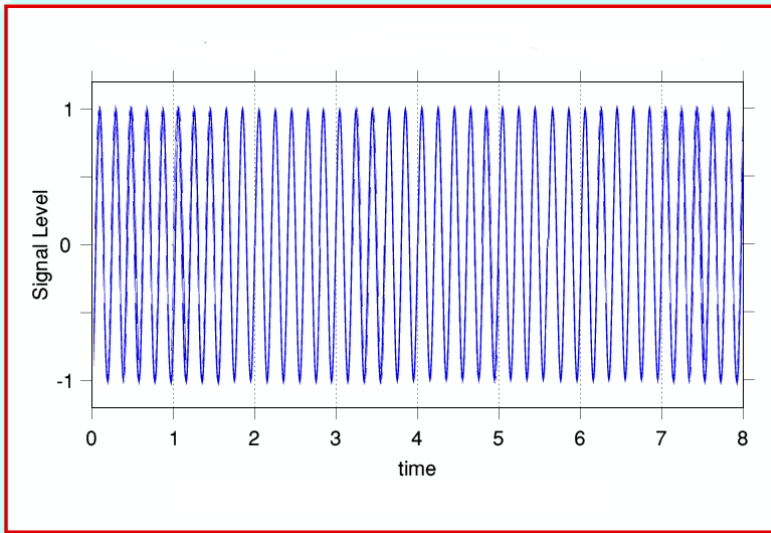


Illustration 5: La porteuse (Carrier)

4.2.1.1. On Off Keying (OOK)

La modulation « tout ou rien » est la technique la plus simple parmi les techniques du ASK. Si nous voulons transmettre 0, on varie le certain intervalle de l'amplitude du signal dans **Illustration 5** à 0. Si nous voulons transmettre 1, on varie le certain intervalle de l'amplitude du signal dans **Illustration 5** à 1. Même après l'atténuation et la déformation, la porteuse modulée est plus facile à interpréter que le signal non modulé.

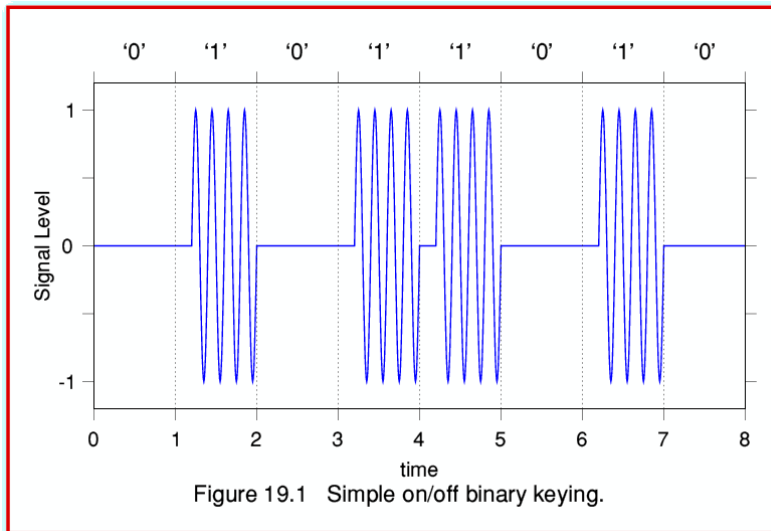


Illustration 6: La porteuse modulée qui signifie 01011010

Source : https://www.st-andrews.ac.uk/~www_pa/Scots_Guide/RadCom/part19/page1.html

4.2.2. Frequency-shift Keying (FSK)

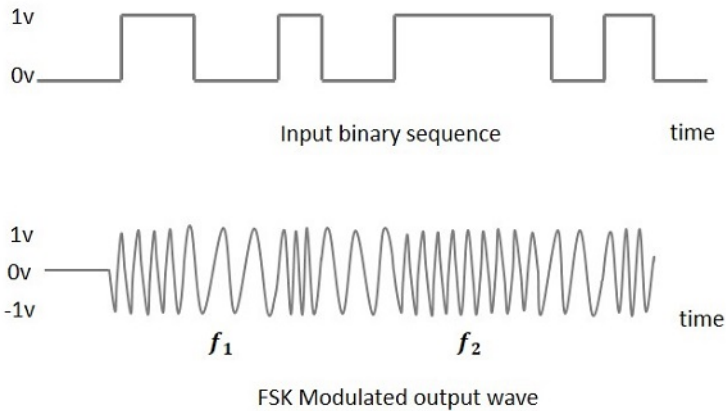


Illustration 7: Données à transférer (haut) et signal modulés (bas)

Source : https://www.tutorialspoint.com/digital_communication/digital_communication_frequency_shift_keying.htm

On varie la fréquence du signal dans **Illustration 5** selon les données. Dans **Illustration 7**, on a un signal de haute fréquence lorsque la donnée est égale à 1 et on a un signal de basse fréquence lorsque la donnée est égale à 0.

4.2.3. Phase-shift Keying (PSK)

Le PSK utilise en général 2 types de techniques. Le premier est Binary Phase-shift Keying et le deuxième est Quadratic Phase-shift Keying. Pour appliquer PSK, on varie la phase d'un signal d'un certain intervalle.

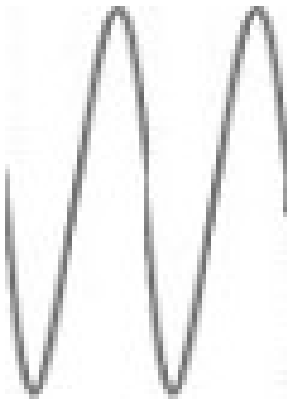


Illustration 8: Signal du phase 0°

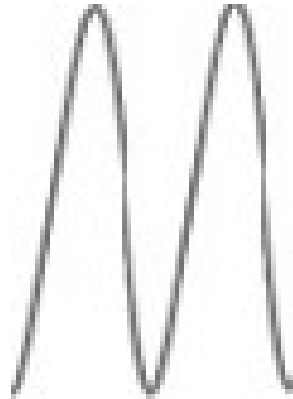


Illustration 9: Signal du phase 90°

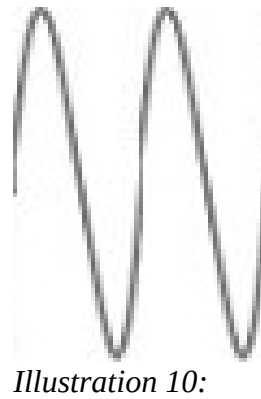


Illustration 10: Signal du phase 180°

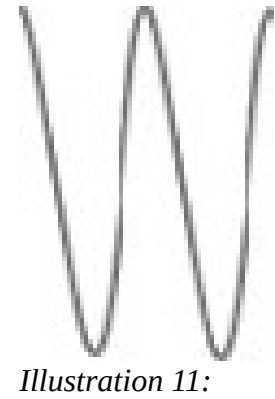


Illustration 11: Signal du phase 270°

4.2.3.1. Binary Phase-shift Keying (BPSK)

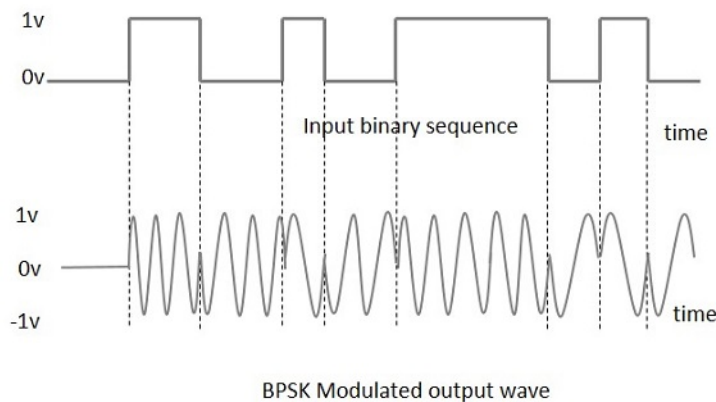


Illustration 12: Données à transférer (haut) et signal modulés (bas)

Source : https://www.tutorialspoint.com/digital_communication/digital_communication_phase_shift_keying.htm

Pour le BPSK, il suffit d'utiliser 2 phases : 0° et 180°. Lorsque la donnée est égale à 0, la phase est égale à 180°. Lorsque la donnée est égale à 1, la phase est égale à 0°.

4.2.3.2. Quadratic Phase-shift Keying (QPSK)

Pour le QPSK, on utilise 4 phases : 0°, 90°, 180° et 270°.

4.3. Codage Manchester

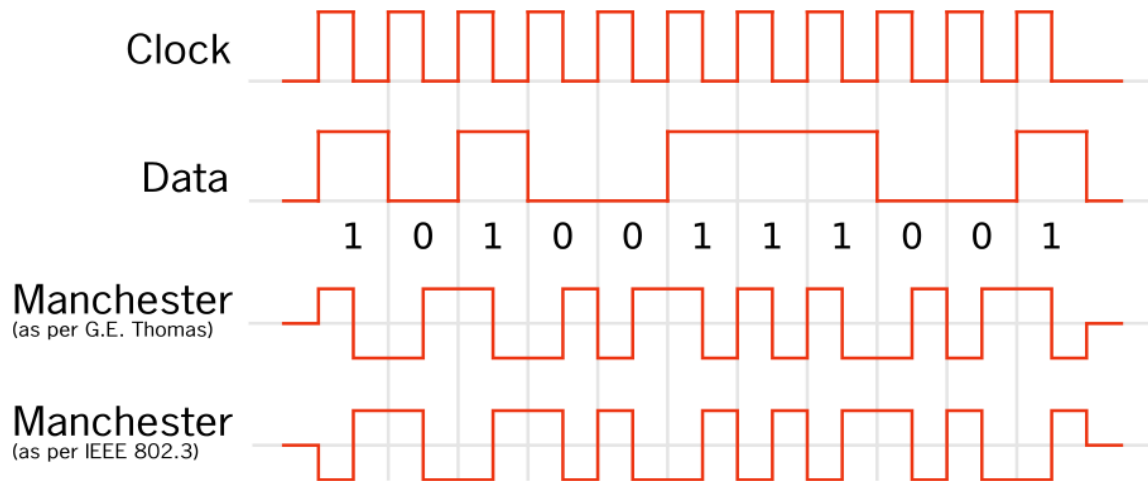


Illustration 13: Codage Manchester. « Clock » est horloge.

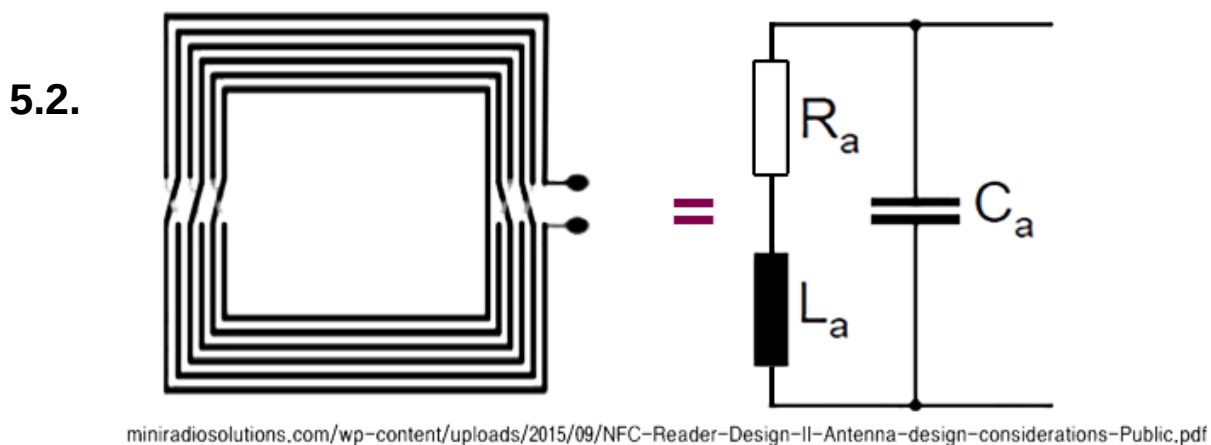
Source : https://en.wikipedia.org/wiki/Manchester_code

Le codage Manchester est la technique de modulation qui correspond au BPSK. On applique l'opération « exclusif ou » (XOR) entre l'horloge et les données pour obtenir le signal modulé. L'avantage du codage Manchester est l'intégrité des données. On peut minimiser des erreurs encore plus. Néanmoins, le codage Manchester n'est pas approprié pour la transmission rapide des données.

5. Antenne

5.1. Contexte

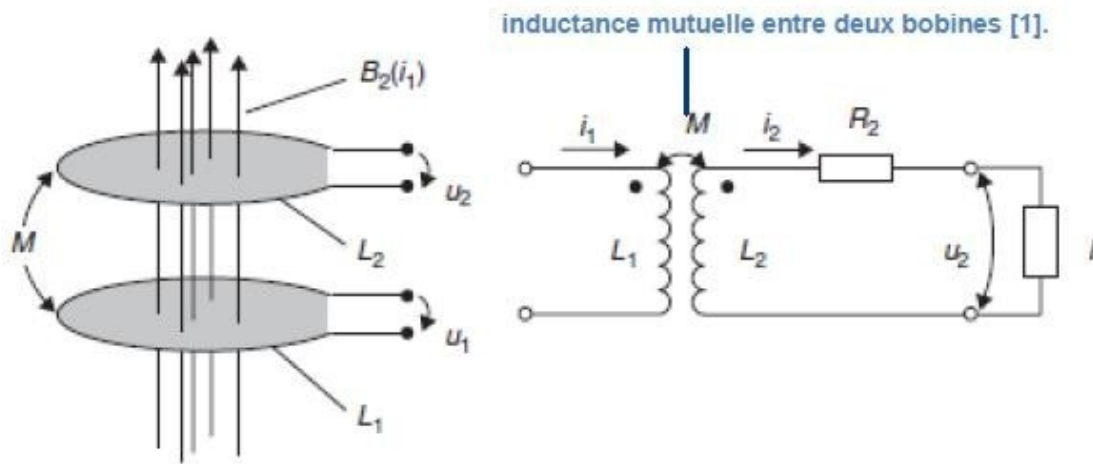
Les dispositifs NFC utilisent l'antenne cadre. L'antenne cadre sert non seulement à capter l'onde radio mais aussi à fournir l'énergie et à filtrer le signal non-désiré. Nous analysons le comportement de l'antenne cadre.



Principe

5.2.1. Phénomène d'induction électromagnétique

Lorsque les deux antennes NFC qui tentent de se communiquer sont assez proches, l'antenne de réception peut capter le champ magnétique émis car le nombre de spires du fil caractérise la bobine dans l'antenne cadre. D'après la loi de Lenz-Faraday, lorsque la bobine est soumise à un flux magnétique variable issu d'un champ magnétique, le champ magnétique induit la force électromotrice dans la bobine. La tension est caractérisée par le signal transmis et elle porte l'information. La tension induite fournit l'énergie au dispositif NFC passif. Autrement dit, l'énergie d'un dispositif NFC est transfert vers l'autre dispositif NFC. Ce phénomène s'appelle couplage.



$$M_{12} = \frac{B_2(I_1) \cdot N_2 \cdot A_2}{I_1} = \frac{\mu_0 \cdot H(I_1) \cdot N_2 \cdot A_2}{I_1}$$

Illustration 14: Induction mutuelle

Source : <https://www.astuces-pratiques.fr/electronique/technologie-nfc-les-antennes>

5.2.2. Filtre Passe-bas du 2e Ordre

L'antenne cadre est équivalente d'un circuit RLC en série. Le circuit RLC avec la tension de sortie aux bornes du condensateur correspond au filtre passe-bas du 2^e ordre. C'est caractérisé par la fonction du transfert dans **illustration 15**.

$$H(\omega) = \frac{Z_c Y_c}{Z_R Y_c + Z_L Y_c + Z_C Y_c} = \frac{H_0}{1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 + j \frac{1}{Q} \frac{\omega_0}{\omega}} \quad \left| \begin{array}{l} Z_c = \frac{1}{jC\omega} \quad Y_c = jC\omega \quad Z_L = jC\omega \quad Z_R = R \\ Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \end{array} \right.$$

Illustration 15: La fonction du transfert

Le filtre passe-bas rejette tous les signaux dont la fréquence est supérieure à la fréquence de coupure. Pour la NFC, il faut bien choisir la valeur de l'inductance L et la valeur de la capacitance C afin que la fréquence de coupure soit égale à 13,56 MHz. Cependant, cela ne suffit pas parce que l'on a aussi besoin de rejeter tous les signaux dont la fréquence est inférieure à 13,56 MHz. Autrement dit, le filtre passe-bas doit comporter comme un filtre passe-bande qui ne sélectionne que le signal de la fréquence de coupure. Alors, dans l'équation dans **illustration 15**, on choisit une grande valeur de Q .

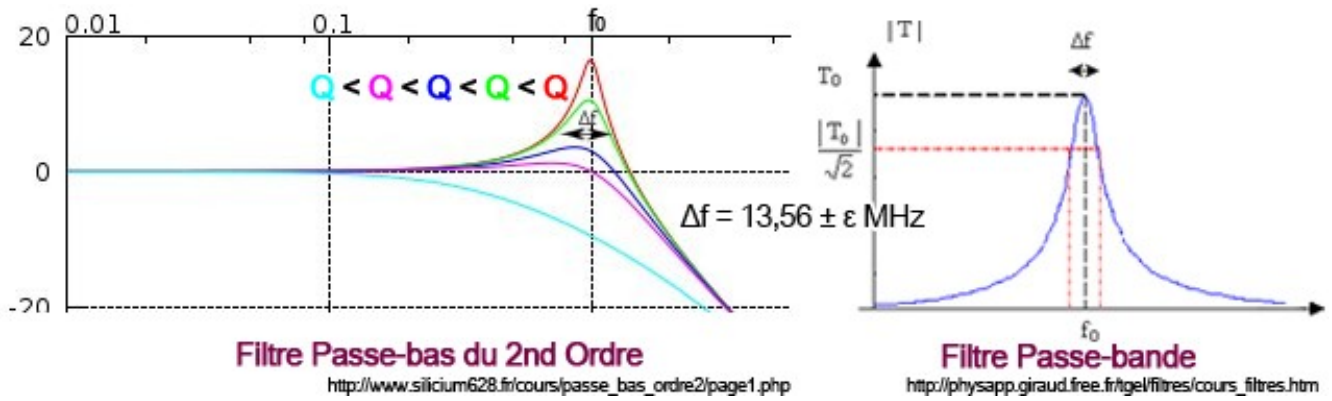
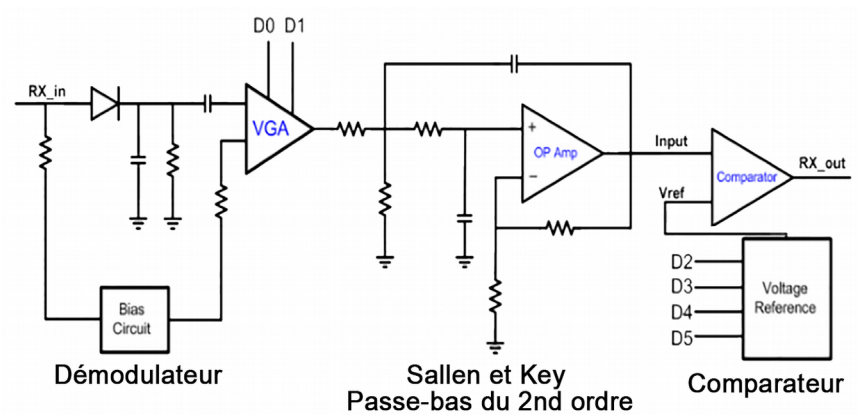


Illustration 16: Comparaison entre le filtre passe-bas avec plusieurs valeurs de Q et le filtre passe-bande.

6. Lecteur NFC

6.1. Contexte

Le signal reçu est atténué et modulé. De plus il contient des bruits. C'est le lecteur NFC qui amplifie, démodule le signal et rejette des bruits. Dans cette partie, nous regardons et analysons chaque partie du lecteur NFC qui s'occupe de ces tâches. Le lecteur NFC dans cette recherche bibliographique utilise la technique de modulation OOK Manchester.



<http://ieeexplore.ieee.org/document/4760718/>

Illustration 17: Circuit équivalent du lecteur NFC

6.2. Démodulateur

6.2.1. Diode

La diode sert à un interrupteur dans un circuit. Le courant négatif peut passer seulement par la cathode. Également, le courant positif peut passer seulement par l'anode. Cette composante est la plus importante pour réaliser le circuit de redressement.

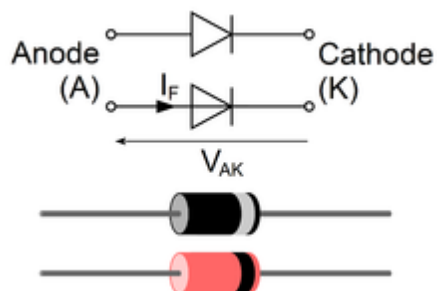


Illustration 18: La représentation d'une diode dans le schéma de circuits (haut)

6.2.2.Circuit de Redressement

Le circuit de redressement convertit une tension alternative en tension continue.

6.2.2.1. Redressement Simple Alternance

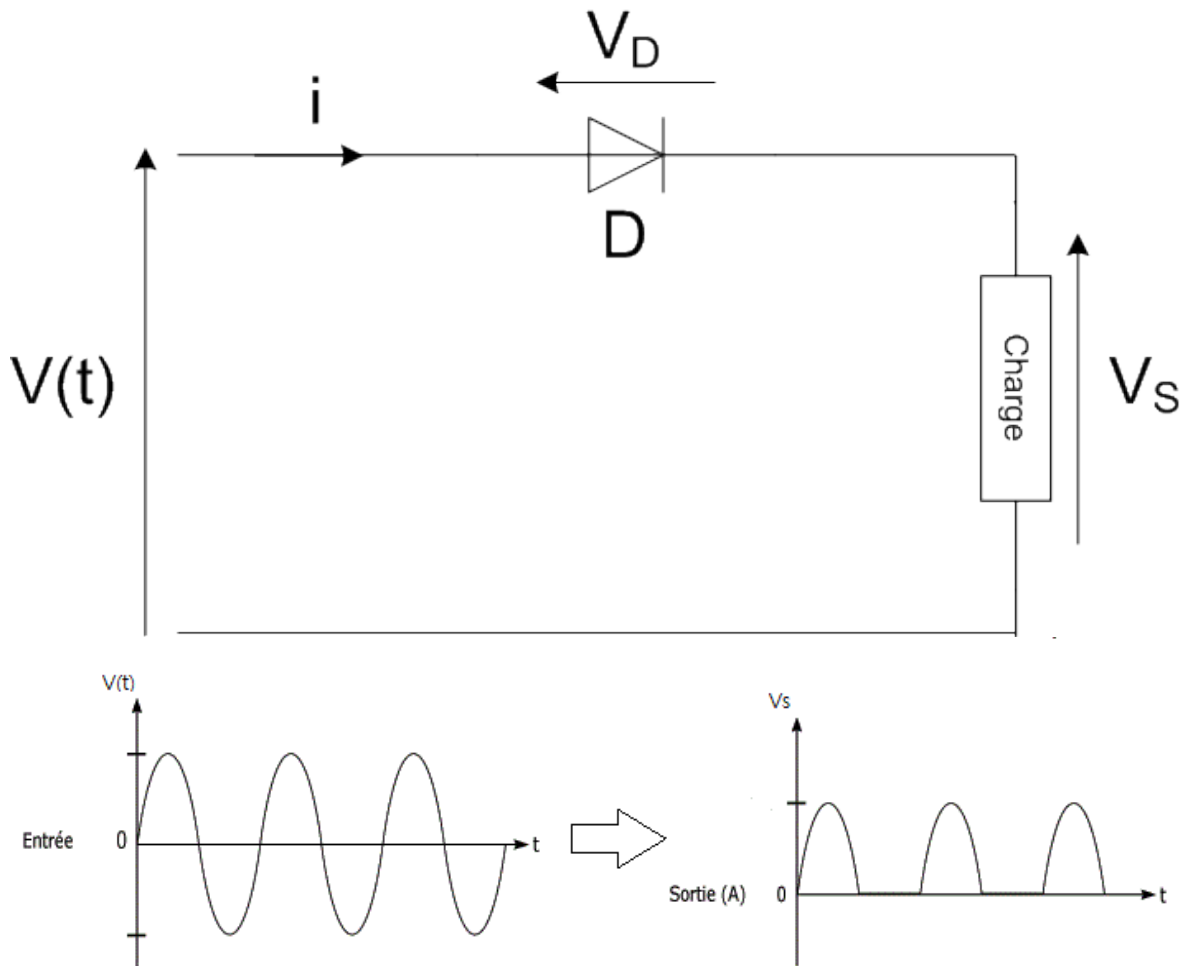


Illustration 19:

Redresseur simple alternance non commandé (Haut)

Le tracé des tensions $V(t)$ et V_s (Bas)

Source : https://fr.wikiversity.org/wiki/Redresseur/Redresseur_simple_alternance_monophasé;
<http://www.maxicours.com/se/fiche/8/1/188081.html>

Il n'y a qu'une diode dans le circuit. Le courant passe par soit l'anode soit la cathode de la diode. Ainsi, la tension de sortie est mono alternance.

6.2.2.2. Redressement Double Alternance

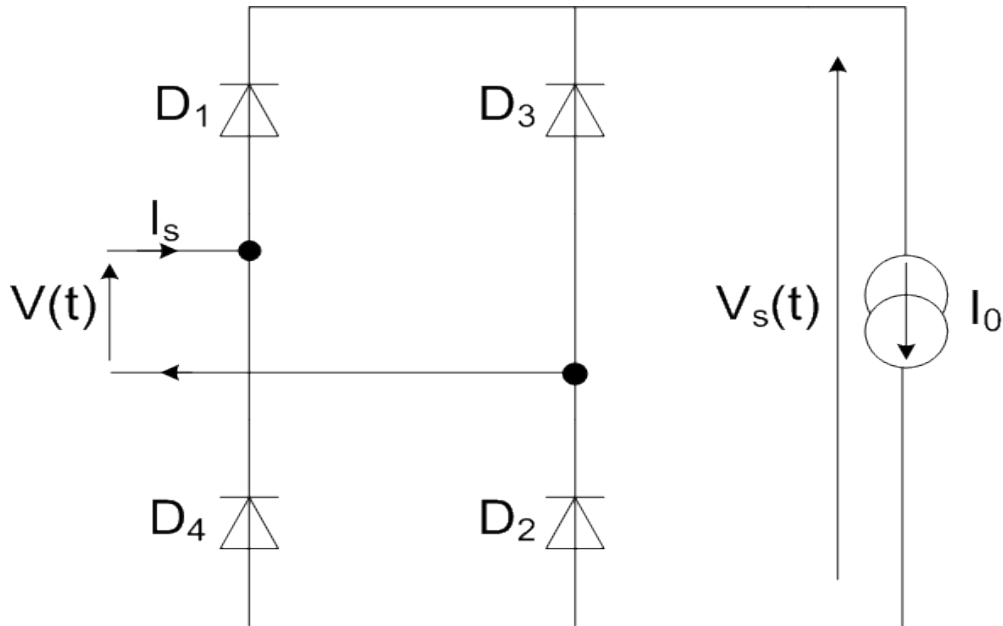


Illustration 20: Pont de Graëtz non commandé

Source :

https://fr.wikiversity.org/wiki/Redresseur/Redresseur_double_alternance_monophasé

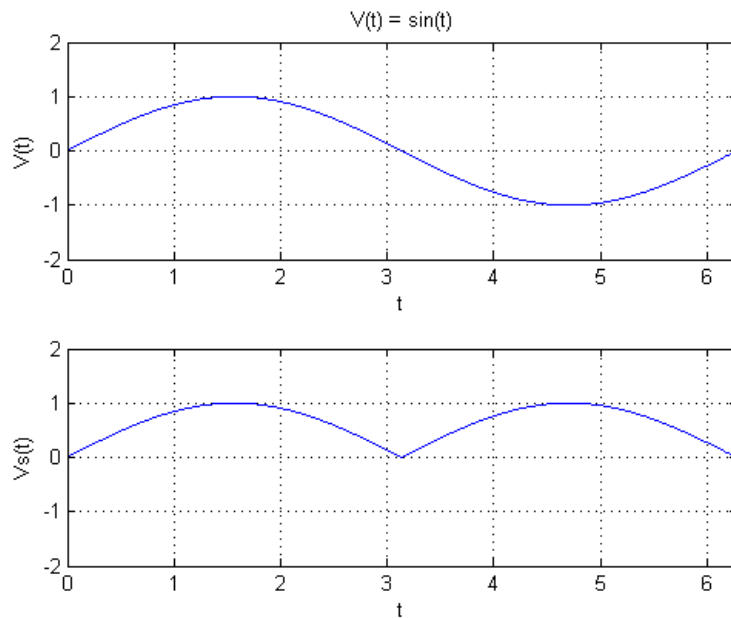


Illustration 21: Tracé des tension $V(t)$ et V_s

Source :

https://fr.wikiversity.org/wiki/Redresseur/Redresseur_double_alternance_monophasé

Dans ce circuit de redressement double alternance, il y a 2 cellules de commutation. Pendant premières 3 secondes, les D1 et D2 où le courant positif parcourt conduisent. Pendant dernières 3 secondes, les D3 et D4 où le courant négatif parcourt conduisent. Dans ce circuit, la tension d'entrée négative est inversée aux bornes de la sortie.

6.2.3. Détecteur d'Enveloppe

Le détecteur d'enveloppe le plus simple consiste en résistance et condensateur. La résistance et le condensateur sont en parallèle. Le condensateur stocke les charges lorsque le signal est montant et la résistance les relâche lorsqu'il est descendant. Ainsi, le signal d'entrée est enveloppé.

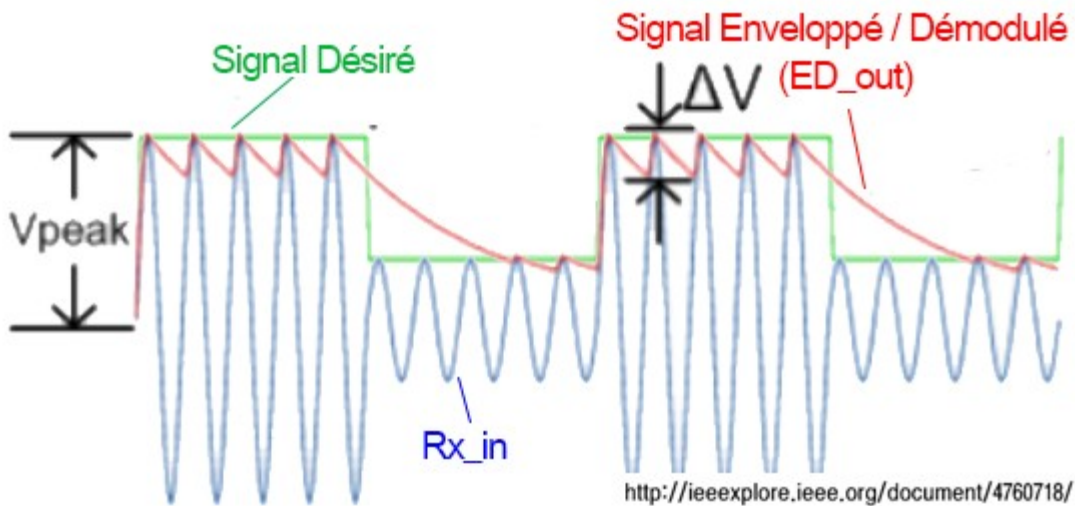


Illustration 22: Enveloppement d'un signal



Illustration 23: RX_in : La porteuse modulée (OOK et codage Manchester) qui est filtrée par l'antenne.

ED_out : Le signal démodulé (OOK seulement).

Source: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4760718>

6.3. Conclusion

Le démodulateur utilisé dans ce circuit de lecteur NFC consiste en redresseur mono alternance et détecteur d'enveloppe simple. Grâce au démodulateur, on obtient un signal démodulé comme ED_out dans *Illustration 23*

6.4. Filtre Sallen et Key Passe-bas du 2e Ordre et Comparateur

6.4.1. Filtre

ED_out dans *Illustration 23* contient encore des bruits non-négligeable. Ces bruits sont caractérisés par la haute fréquence qui dépasse 13,56 MHz. Donc, le filtre Sallen et Key est implémenté pour rejeter les bruits. L'avantage de ce filtre est le faible coût et sa petite taille.

6.4.2. Comparateur

C'est un type d'amplificateurs opérationnels qui compare la tension de référence(voltage reference dans *Illustration 17*) et la tension d'entrée et qui sort le signal commandé.

$$V_o = \begin{cases} 1, & \text{if } V_+ > V_- \\ 0, & \text{if } V_+ < V_- \end{cases}$$

Illustration 24: La tension de sortie du comparateur.
V+ est la tension de référence et V- est la tension d'entrée

Source : <https://en.wikipedia.org/wiki/Comparator>



Illustration 25: Aux bornes du filtre, les bruits sont supprimés et puis le signal est inversé par le comparateur → RX_in. Enfin, RX_in est le signal codé par codage Manchester.

Source : <http://ieeexplore.ieee.org/document/4760718>

7. Conclusion

Nous avons étudié en détail la technologie NFC. La NFC est une technologie de communication sans fil à courte distance qui ne fonctionne qu'à 13,56 MHz. Le « Smart Suit » de Samsung démontre la faisabilité de notre sujet, l'alimentation de capteurs embarqués sur textile par la technologie NFC.

L'onde radio est un rayonnement électromagnétique qui induit la tension dans l'antenne cadre d'après la loi de Lenz-Faraday. L'antenne cadre sert à une bobine. La tension induite porte l'information et l'énergie. Donc, l'antenne sert également à une batterie lorsque c'est soumis à un champ magnétique dont le flux magnétique est variable.

Ensuite, nous avons étudié plusieurs types de modulations numériques. Parmi eux, le lecteur NFC que l'on analyse utilise OOK Manchester.

Enfin, nous avons démonté le lecteur NFC et analysé le démodulateur, le filtre Sallen et Key et le comparateur.

Le démodulateur utilise le circuit de redressement mono alternance et le détecteur d'enveloppe. Ce démodulateur démodule seulement la porteuse modulée par OOK. Donc, on obtient le signal codé par codage Manchester aux bornes de la sortie. Le signal traité par le démodulateur sort avec les bruits de hautes fréquences et ces bruits sont filtrés par le filtre Sallen et Key. En dernier lieu, le comparateur inverse le signal.

De nouveau, nous confirmons la faisabilité de notre sujet, l'alimentation de capteurs embarqués sur textile par la technologie NFC.

8. Glossaires

RFID : Radio Frequency Identification

ASK : Amplitude-shift Keying

OOK : On Off Keying

FSK : Frequency-shift Keying

PSK : Phase-shift Keying

BPSK : Binary Phase-shift Keying

QPSK : Quadratic Phase-shift Keying

9. Sources Bibliographiques

“Comparator.” Wikipedia, June 12, 2017. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Comparator&oldid=785321846>.

“Cours de Electronique - Circuit Redresseur - Maxicours.Com.” Maxicours. Accessed June 16, 2017. <http://www.maxicours.com/se/fiche/8/1/188081.html>.

“Digital Modulation - One Bit at a Time.” Accessed June 16, 2017. https://www.st-andrews.ac.uk/~www_pa/Scots_Guide/RadCom/part19/page1.html.

“Electromagnetic Radiation - Wikipedia.” Accessed June 16, 2017. https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation.

“Infographic: Radio Frequency Identification vs. Near Field Communication.” RFID Insider. Accessed June 16, 2017. <http://blog.atlasrfidstore.com/rfid-vs-nfc>.

“Manchester Code.” Wikipedia, April 13, 2017. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Manchester_code&oldid=775255680.

“NFC Tags - How Do They Work?” Accessed June 16, 2017. <http://www.androidauthority.com/nfc-tags-explained-271872/>.

Pachal, Pete. “Samsung’s Smart Clothes Are Wearables You’d Actually Wear.” Mashable. Accessed June 16, 2017. <http://mashable.com/2016/01/09/samsung-smart-fashion/>.

“Redresseur/Redresseur Double Alternance Monophasé — Wikiversité.” Accessed June 16, 2017. https://fr.wikiversity.org/wiki/Redresseur/Redresseur_double_alternance_monophas%C3%A9.

“Redresseur/Redresseur Simple Alternance Monophasé — Wikiversité.” Accessed June 16, 2017. https://fr.wikiversity.org/wiki/Redresseur/Redresseur_simple_alternance_monophas%C3%A9.

“RFID.” Accessed June 16, 2017. http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2007/mmadegar_rfid/communication_modulation-des-signaux.html.

“Samsung’s Weird Wearables Include a Smart Suit and Solar Purse.” Accessed June 16, 2017. <https://www.engadget.com/2016/01/10/samsung-smart-wearables/>.

Seo, Min-Woo, Yong-Chang Choi, Young-Han Kim, and Hyung-Joun Yoo. “A 13.56MHz Receiver SoC for Multi-Standard RFID Reader.” In 2008 IEEE International Conference on Electron Devices and Solid-State Circuits, 1–4, 2008. doi:10.1109/EDSSC.2008.4760718.

“Technologie NFC : Les Antennes.” Astuces Pratiques, January 12, 2015. <https://www.astuces-pratiques.fr/electronique/technologie-nfc-les-antennes>.

tutorialspoint.com. “Digital Communication Frequency Shift Keying.” Www.Tutorialspoint.Com. Accessed June 16, 2017.
https://www.tutorialspoint.com/digital_communication/digital_communication_frequency_shift_keying.htm.

———. “Digital Communication Phase Shift Keying.” Www.Tutorialspoint.Com. Accessed June 16, 2017.
https://www.tutorialspoint.com/digital_communication/digital_communication_phase_shift_keying.htm.

“What Is Manchester Encoding? - Definition from WhatIs.Com.” SearchNetworking. Accessed June 16, 2017.
<http://searchnetworking.techtarget.com/definition/Manchester-encoding>.