



Réalisation d'un modem de fréquence selon la recommandation V21 de l'Union Internationale des Télécommunications

Salma El Khatri ; Khadija Akkar

Département Sciences du Numérique - Première année
2022-2023

Table des matières

1	Introduction	3
2	Modem de fréquence	3
2.1	Construction du signal modulé en fréquence	3
3	Canal de transmission à bruit additif, blanc et Gaussien	4
4	Démodulation par filtrage	5
4.1	Synthèse du filtre passe-bas	5
4.2	Synthèse du filtre passe-haut	6
4.3	Résultats obtenus avec un filtre passe-bas	6
4.4	Résultats obtenus avec un filtre passe-haut	7
5	Démodulateur de fréquence adapté à la norme V21	7
5.1	Contexte de synchronisation idéale	7
5.2	Gestion d'une erreur de synchronisation de phase porteuse	7
6	Conclusion	8

Table des figures

1	Signal modulé en fréquence	3
2	Densité spectrale du Signal modulé en fréquence	3
3	NRZ	4
4	NRZ	4
5	signal bruité	5
6	filtre passe-bas	5
7	filtre passe-bas	6
8	filtre passe-bas	6
9	filtre passe-haut	7
10	Taux d'une erreur de phase porteuse.	8

1 Introduction

L'objectif de ce projet était de concevoir et de construire un modem de fréquence qui respecte les spécifications de la recommandation V.21 de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT). Cette recommandation définit les caractéristiques techniques pour les modems à haut débit utilisant des fréquences de 300 à 2400 Hz pour la transmission de données à travers les lignes téléphoniques. Le modem devra donc être capable de transmettre et de recevoir des données à des débits de 300 bps (bits par seconde) conformément aux exigences de la recommandation V.21.

2 Modem de fréquence

2.1 Construction du signal modulé en fréquence

La première étape du projet consiste à réaliser la modulation de fréquence, i.e. transformer l'information binaire à transmettre en un signal modulé en fréquence (exemple sur la figure 9).

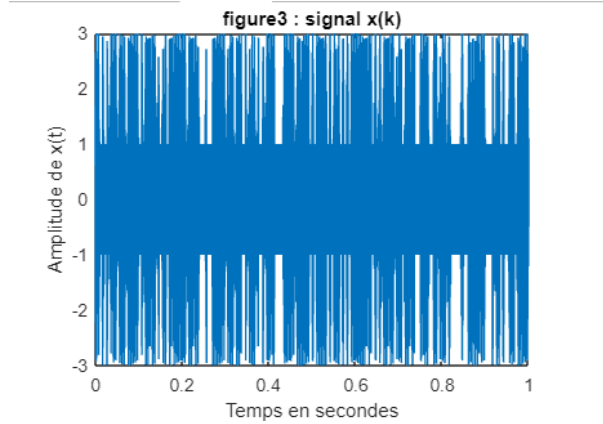


FIGURE 1 – Signal modulé en fréquence

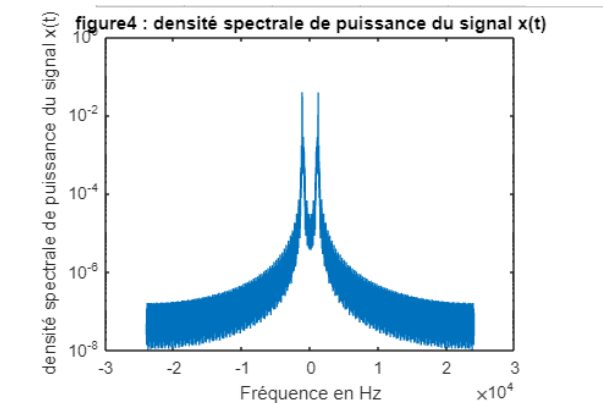


FIGURE 2 – Densité spectrale du Signal modulé en fréquence

Le signal modulé en fréquence $x(t)$ est généré de la manière suivante :

$$x(t) = (1 - NRZ(t)) \times \cos(2\pi F_0 t + \phi_0) + NRZ(t) \times \cos(2\pi F_1 t + \phi_1) \quad (1)$$

où $NRZ(t)$ est un signal de type NRZ polaire formé à partir de la suite de bits à transmettre en codant les 0 et les 1 par des niveaux 0 et 1 de durée T_s secondes. ϕ_0 et ϕ_1 sont des variables aléatoires indépendantes uniformément réparties sur $[0, 2\pi]$ qui peuvent être obtenues sous matlab en utilisant $rand*2*pi$.

Génération du signal NRZ

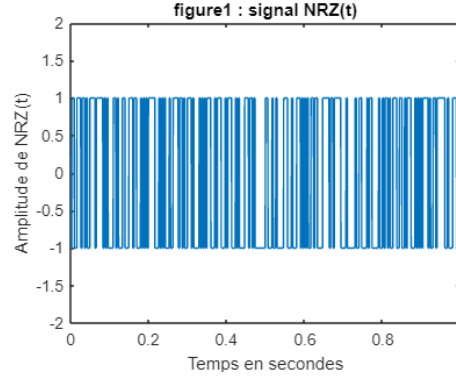


FIGURE 3 – NRZ

Densité spectrale de NRZ

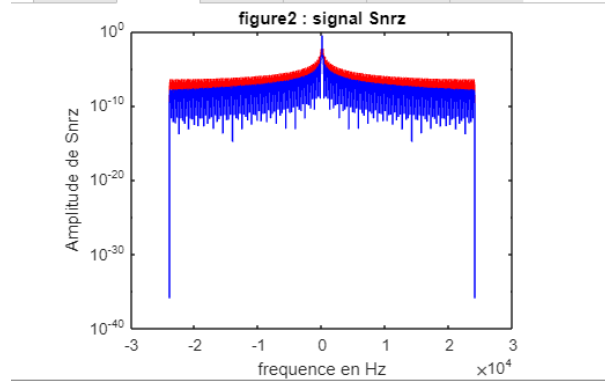


FIGURE 4 – NRZ

3 Canal de transmission à bruit additif, blanc et Gaussien

Nous allons considérer que le canal de propagation ajoute au signal émis un bruit que l'on suppose blanc et Gaussien et qui modélise les perturbations introduites.

La puissance du bruit Gaussien à ajouter devra être déduite du rapport signal sur bruit (SNR : Signal to Noise Ratio) souhaité pour la transmission donné en dB :

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_x}{P_b}$$

où P_x représente la puissance du signal modulé en fréquence et P_b la puissance du bruit ajouté.

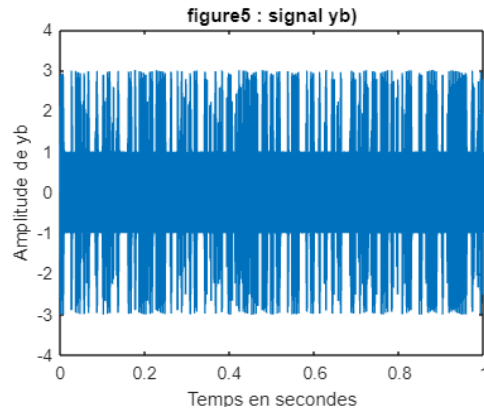


FIGURE 5 – signal bruité

4 Démodulation par filtrage

La figure ?? présente le récepteur implanté pour retrouver, à partir du signal modulé en fréquence bruité, le message binaire envoyé. Un filtre passe-bas permet de filtrer les morceaux de cosinus à la fréquence $F_0 = 6000\text{Hz}$, tandis qu'un filtre passe-haut permet de filtrer les morceaux de cosinus à la fréquence $F_1 = 2000\text{Hz}$. Une détection d'énergie réalisée tous les T_s secondes permet de récupérer, à partir des signaux filtrés, les bits 0 et 1 transmis.

4.1 Synthèse du filtre passe-bas

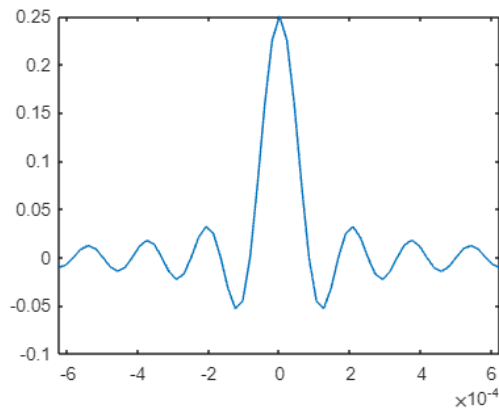


FIGURE 6 – filtre passe-bas

4.2 Synthèse du filtre passe-haut

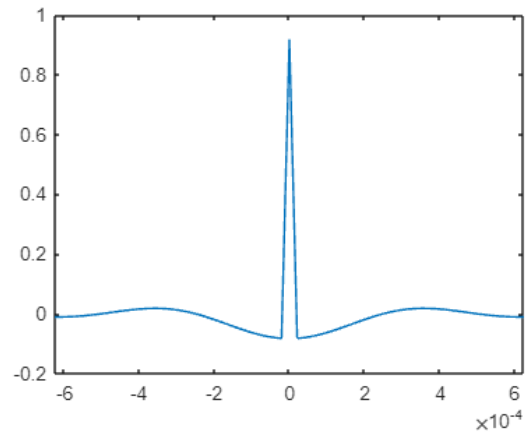


FIGURE 7 – filtre passe-bas

4.3 Résultats obtenus avec un filtre passe-bas

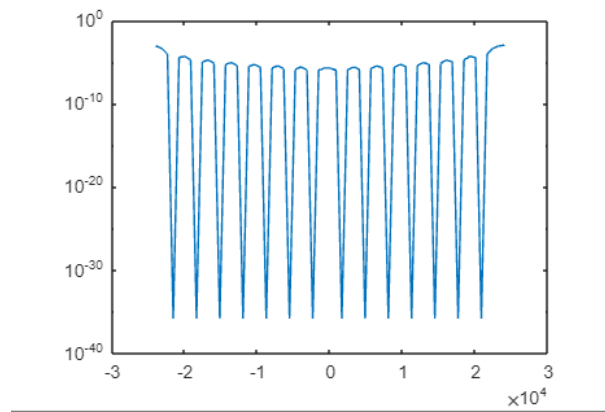


FIGURE 8 – filtre passe-bas

4.4 Résultats obtenus avec un filtre passe-haut

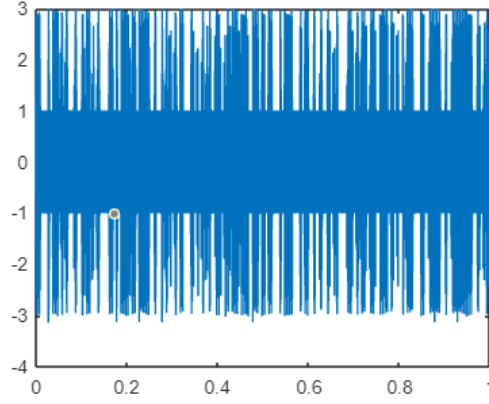


FIGURE 9 – filtre passe-haut

5 Démodulateur de fréquence adapté à la norme V21

5.1 Contexte de synchronisation idéale

La figure ?? présente le récepteur implanté afin de retrouver, dans un contexte de synchronisation idéale, le message binaire envoyé à partir du signal modulé en fréquence suivant la recommandation V21.

5.2 Gestion d'une erreur de synchronisation de phase porteuse

Le problème de la synchronisation entre l'émetteur et le récepteur est un problème important lorsque l'on réalise une transmission. Les deux doivent être parfaitement synchronisés en temps et en fréquence pour que le démodulateur implanté précédemment fonctionne, ce qui en pratique n'est bien entendu pas possible. Afin que le modem puisse continuer à fonctionner en présence d'une erreur de phase porteuse, celui-ci doit être modifié. La figure 10 présente un démodulateur permettant de s'affranchir de problèmes de synchronisation de phase entre les oscillateurs d'émission et de réception.

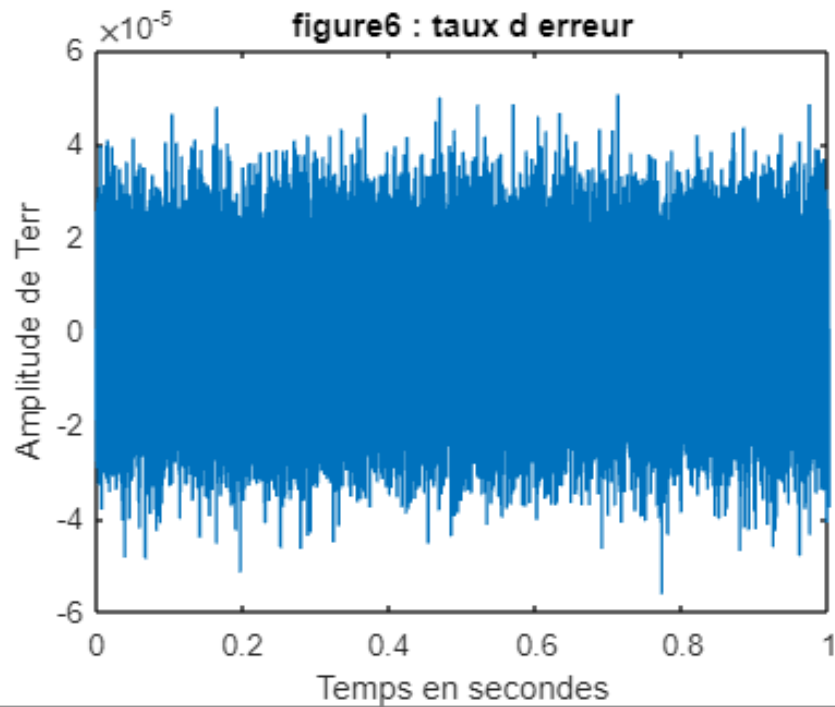


FIGURE 10 – Taux d’une erreur de phase porteuse.

6 Conclusion

En conclusion, le projet de réalisation d’un modem de fréquence selon la recommandation V.21 de l’Union Internationale des Télécommunications (UIT) vise à concevoir et à construire un modem capable de transmettre et de recevoir des données à des débits de 300 bps conformément aux exigences de la recommandation. Ce projet nécessite une bonne connaissance des normes de l’UIT en matière de transmission de données, ainsi qu’une expertise technique en électronique et en informatique pour la conception et la construction du modem. La réalisation réussie de ce projet permettra de développer un modem de fréquence efficace pour la transmission de données à travers les lignes téléphoniques.