

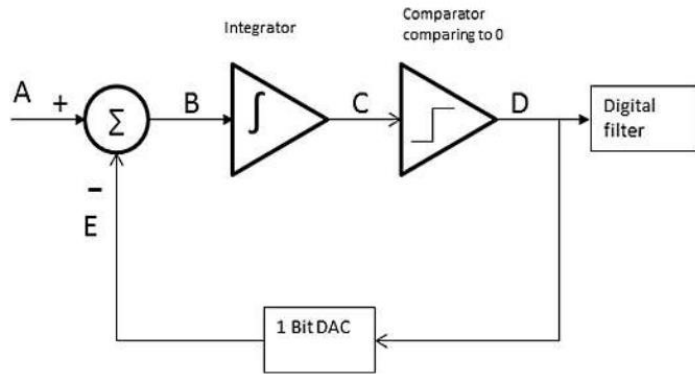
TP Traitements Numériques Avancés

Arthur GARON

Hamza ARIOUICH

Démodulateur et Modulateur PDM

1 Introduction à la modulation PDM



La modulation PDM (Pulse Density Modulation) est une méthode de représentation numérique audio par un flux de bits à haute fréquence d'échantillonnage et de faible résolution (1 bit). Elle diffère de la modulation PCM (Pulse Code Modulation) en utilisant une seule valeur binaire par échantillon. Son avantage principal réside dans la simplification des circuits de modulation et de transmission.

Fig1 : PDM_modulator

Démodulateur et Modulateur PDM

2 Fonctionnement du modulateur PDM

Un modulateur PDM échantillonne le signal analogique en une série de bits à une fréquence bien plus élevée que celle du signal audio de bande de base. Dans ce processus, la densité des impulsions représente l'amplitude instantanée du signal. Cette modulation de densité d'impulsions génère un signal 1 bit avec des transitions rapides, ce qui entraîne la nécessité d'une gestion soigneuse des interférences et des signaux parasites, d'où l'usage de filtres adéquats pour limiter le bruit haute fréquence.

Cas réel d'utilisation

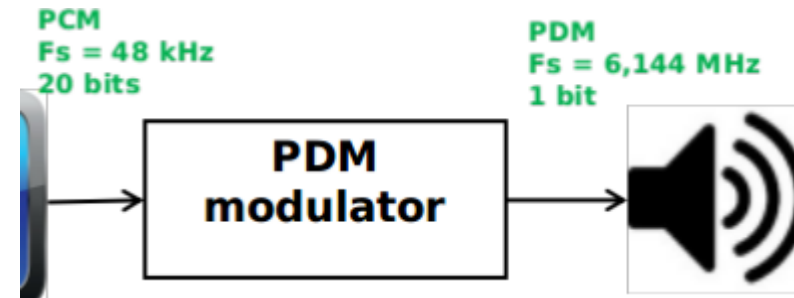


Fig2 : schema bloc de

Démodulateur et Modulateur PDM

3 Fonctionnement du démodulateur PDM

Pour récupérer le signal audio d'un flux PDM, une démodulation est nécessaire. Cette démodulation implique un filtrage passe-bas qui extrait la composante basse fréquence, correspondant à la bande audio utile. Ensuite, une décimation réduit la fréquence d'échantillonnage de 6.144 MHz à 48 kHz pour obtenir un signal PCM exploitable. Le signal démodulé conserve alors une résolution de 20 bits en PCM, conforme aux spécifications sonores du système

Cas de notre étude

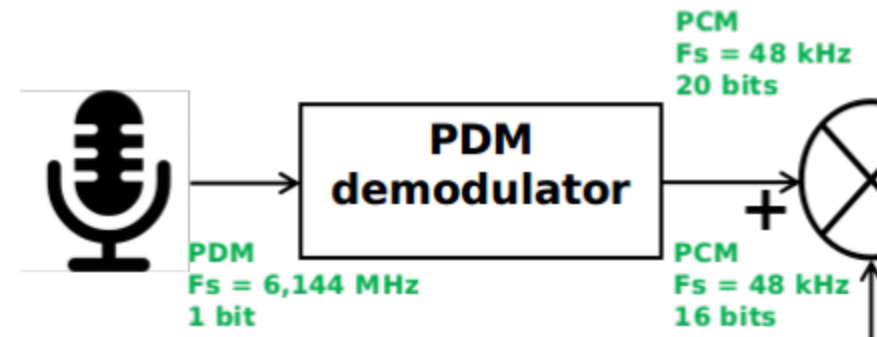


Fig2 : schema bloc de

Démodulateur et Modulateur PDM

3 Protocole d'étude

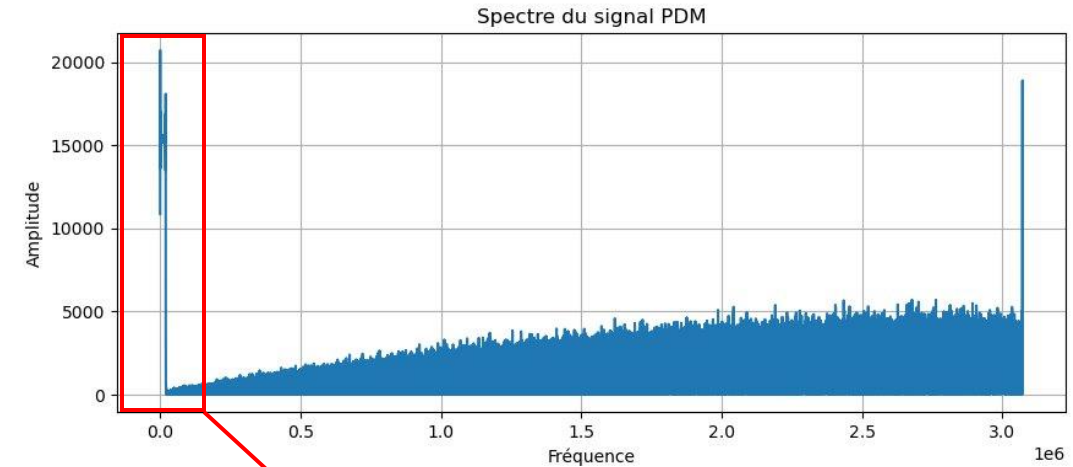
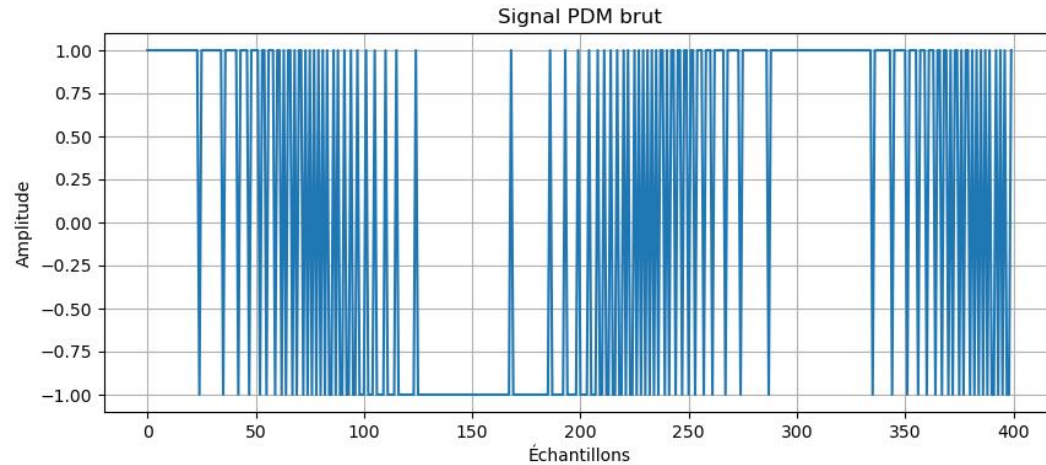
Pour établir un protocole de traitement du signal conformément aux consignes pour la démodulation du signal PDM vers un signal PCM à 48 kHz, les étapes suivantes sont nécessaires :

- a. Charger le signal `pdm_in.mat` et effectuer une analyse temporelle et fréquentielle pour conceptualisé le gabarie du filtre.
- b. Appliquer un filtrage passe-bas pour isoler les basses fréquences correspondant à la bande audio utile.
- c. Procéder à une décimation en plusieurs étapes pour réduire la fréquence d'échantillonnage du signal jusqu'à 48 kHz, en conservant les informations pertinentes.
- d. . Quantifier le signal en format PCM sur 20 bits pour obtenir une représentation numérique adéquate de haute résolution.

Démodulateur et Modulateur PDM

3 Protocole d'étude

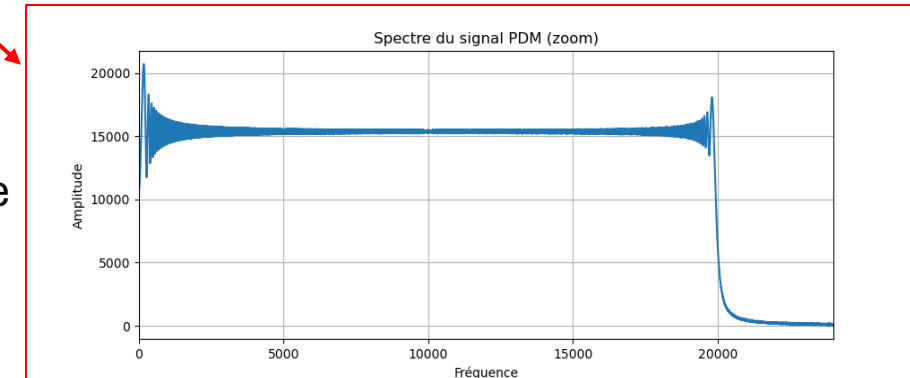
a. Analyse de signal PDM



Remarque :

En analysant le spectre fréquentiel du signal d'entrée PDM, on observe la présence d'un bruit supplémentaire au signal que l'on souhaite récupérer, concentré autour de 20 kHz. L'amplitude du spectre de ce bruit augmente de manière linéaire, ce qui facilite la conception du filtre, permettant ainsi de supprimer le bruit lié à la quantification du PDM. ✓

On observe également un pic autour de 3 MHz, qui résulte des transitions récurrentes de +1 à -1 dans le signal d'entrée, créant des discontinuités dans les valeurs.

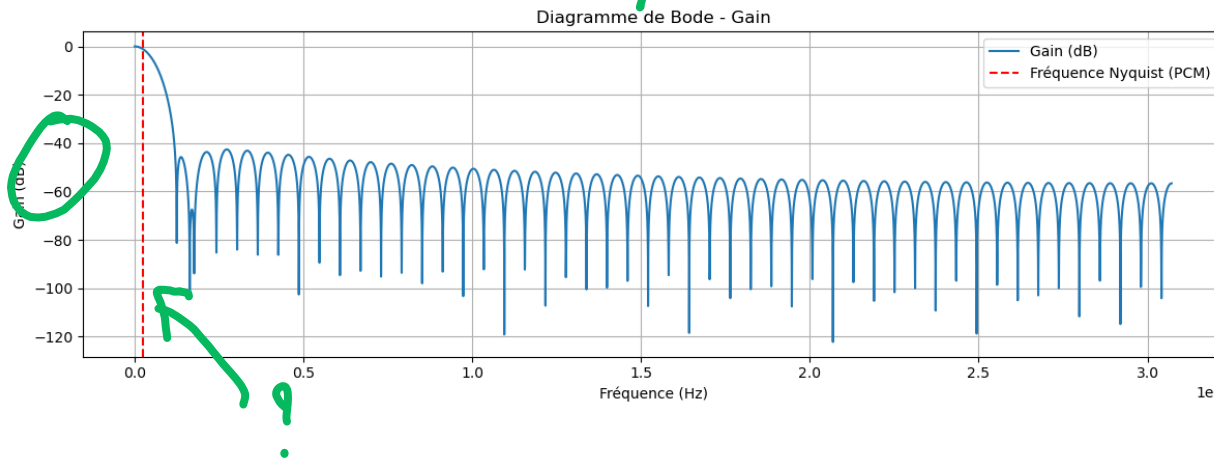


Démodulateur et Modulateur PDM

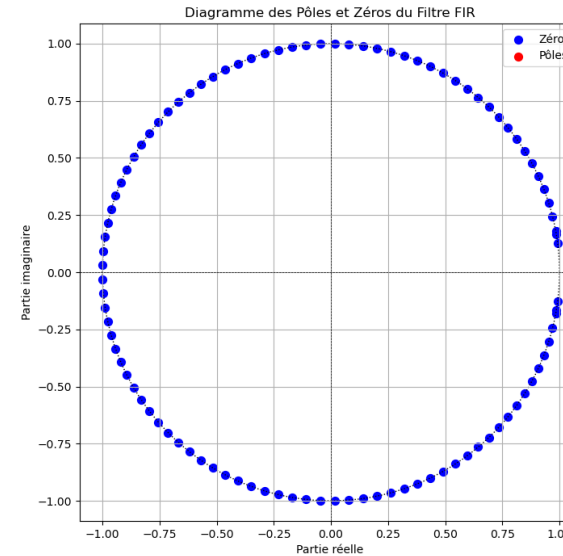
3 Protocole d'étude

b. Filtre FIR

lequel?



?



Π_{4d}

Remarque :

Le filtre que nous souhaitons concevoir doit avoir un gain nul pour les basses fréquences, une fréquence de coupure à 24 kHz, un retard minimal et une atténuation forte pour les hautes fréquences.

CR \neq description!

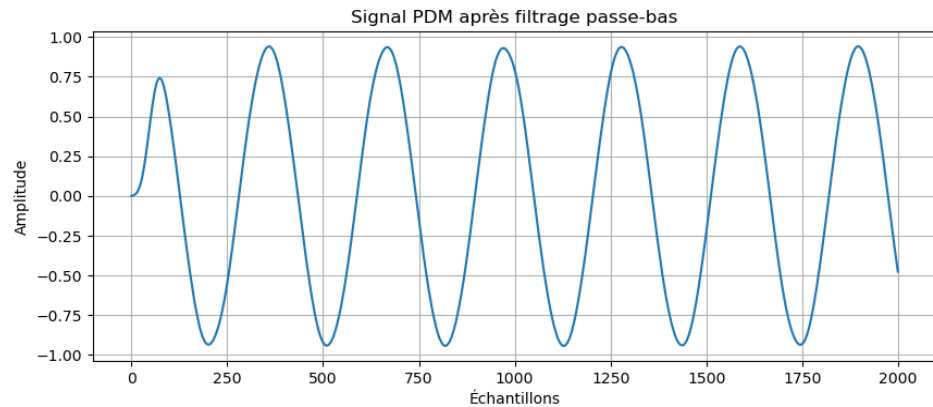
Π_{4d}

?

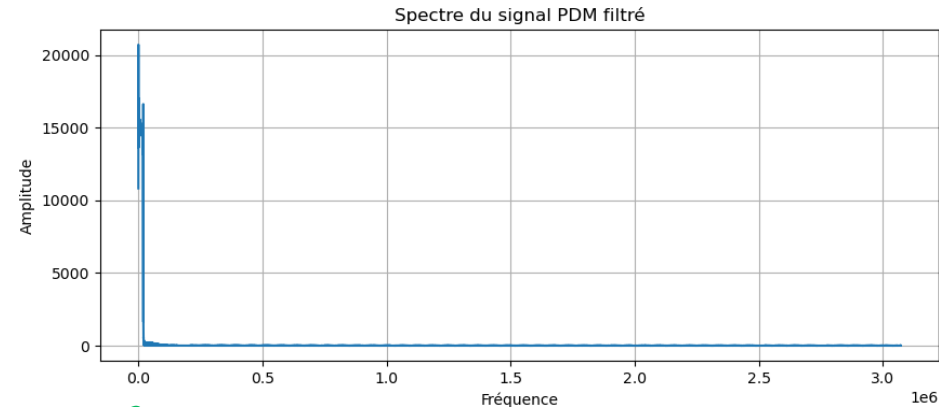
Démodulateur et Modulateur PDM

3 Protocole d'étude

c. Le signal après le filtrage



IV, b



combien?

Remarque :

On observe que le signal, après filtrage, met un certain temps à se stabiliser jusqu'à devenir une sinusoïde. On note également qu'il n'atteint pas tout à fait les valeurs maximales du signal PDM, mais s'en approche de très près.

En ce qui concerne l'analyse fréquentielle, on constate qu'il n'y a pas de perte d'information dans la bande de fréquences que nous souhaitons préserver.

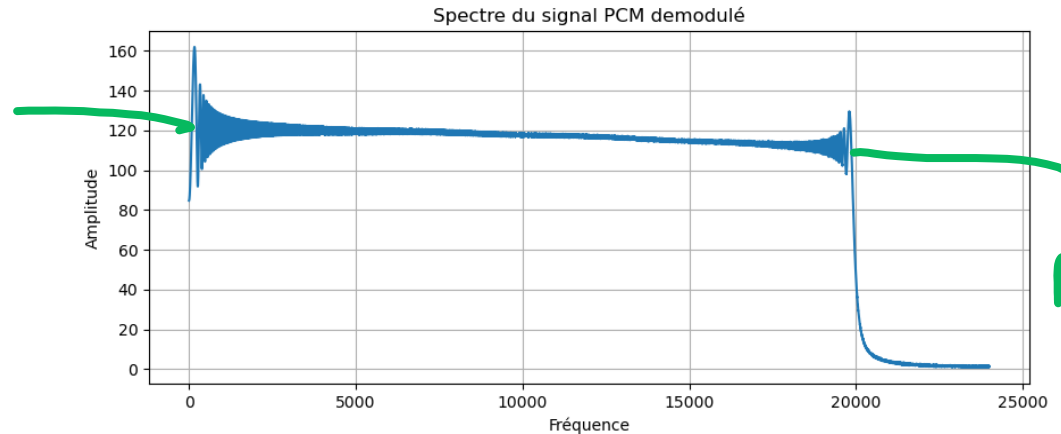
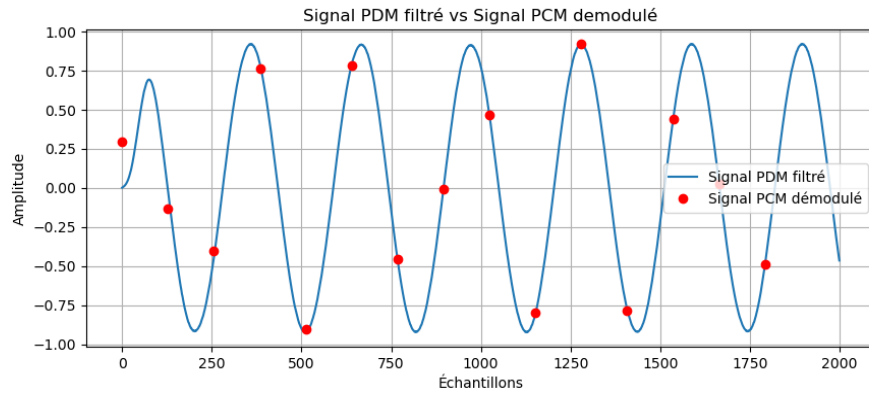
Le cahier des charges est-il respecté?

impossible de le montrer à cette échelle!

Démodulateur et Modulateur PDM

3 Protocole d'étude

d. Downsampling

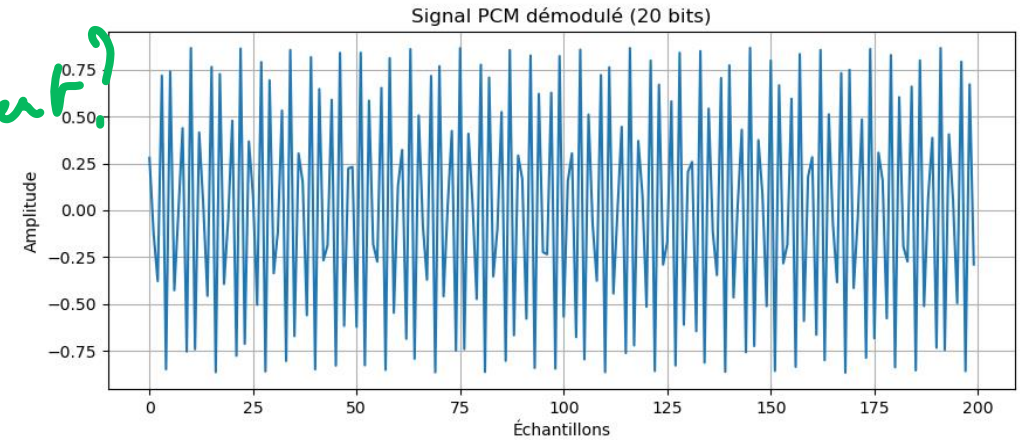
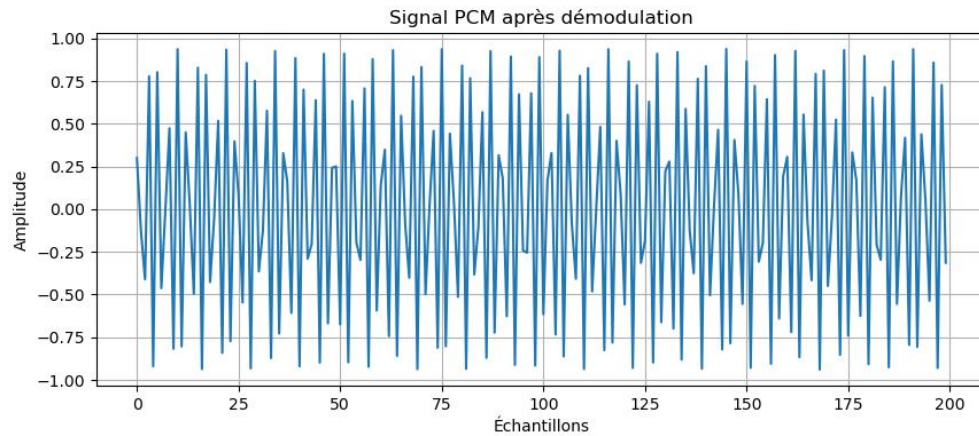


Remarque :

Nous avons réalisé le sous-échantillonnage du signal en sortie du filtre avec un facteur de décimation de $1/128$. Conformément au théorème de Shannon-Nyquist, pour éviter le repliement de spectre (aliasing). Dans notre cas, le signal s'étend de 0 à 20 kHz, et après décimation, nous avons une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz. Cette fréquence est suffisante puisqu'elle dépasse le double de la fréquence maximale du signal, respectant ainsi les critères de Shannon. Lors de l'analyse du spectre fréquentiel, nous avons observé une légère déformation au-delà de 15 kHz. Cela peut être dû aux limitations du filtre passe-bas utilisé avant la décimation, qui n'a pas complètement atténué les fréquences proches de la fréquence de Nyquist, ou à des imperfections dans le processus de filtrage et de sous-échantillonnage.

Démodulateur et Modulateur PDM

4 Quantification sur 20 bits



La quantification à 20 bits n'affecte pas significativement les résultats, car cette résolution est suffisamment élevée pour les types de signaux traités, garantissant ainsi une qualité optimale sans distorsion perceptible.

Démodulateur et Modulateur PDM

5 Conclusion

En appliquant ces méthodes, nous avons respecté les consignes du projet. Le sous-échantillonnage avec une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz et une résolution de 20 bits nous a permis de démoduler le signal PDM en un signal PCM de haute qualité. Bien que nous ayons constaté une légère déformation du spectre au-delà de 15 kHz, le signal obtenu reste conforme aux exigences et offre une reproduction fidèle du contenu audio.

Π_4d

verbux

BOF