

TS224 : Projet de Filtres Numériques, Estimation et Application

Lamyae HASSINI - Joumana BENGUENNA

Janvier 2023



Projet supervisé par Mr **Lucas STEFFANUTTO**

Contents

1	Introduction	3
2	Bruiter un signal de parole selon un rapport signal à bruit donné	4
2.1	Étude du bruit blanc gaussien centré	4
2.2	Bruitage du signal	6
3	Procédure dite d'addition-recouvrement et traitement d'une trame d'un signal de parole bruité par un bruit blanc gaussien	6
3.1	Traitement des trames	7
3.2	Reconstruction du signal	7
4	Combiner toutes les parties	7
4.1	Bruitage et débruitage des signaux aux trois RSB différents	7
4.2	Écoute du signal	8
5	Organisation du travail	8
6	Conclusion	8

1 Introduction

La transmission d'un signal de parole connaît une ascension au XIXe siècle avec la création de la communication téléphonique. La discipline technologique associée qui est le traitement de la parole vise à enregistrer, transmettre, identifier et synthétiser la parole forme une partie intégrante du domaine du traitement du signal. Cependant, la qualité de la transmission est indispensable pour rendre le signal audible et compréhensible à l'interlocuteur. Cette qualité est réduite à cause du phénomène de bruitage qui s'ajoute au signal vocal lors de la transmission à travers un canal de communication. Ces bruits peuvent être causés par divers facteurs tels que les interférences électromagnétiques, la faible qualité des lignes de transmission ou l'environnement dans lequel la propagation du signal a lieu.

Une solution existante pour réduire ce phénomène est la soustraction spectrale. Cette méthode consiste à estimer le bruit perturbant le signal et de le soustraire. Nous allons dans un premier temps manipuler le signal non bruité afin de le perturber nous-même. Ensuite nous verrons comment supprimer ce bruit ajouté à l'aide de la méthode de addition-recouvrement. L'autre manière d'estimer le niveau de bruit pour le réduire sera étudiée dans la partie concernant la soustraction spectrale . Enfin, nous expérimenterons les méthodes sur un signal et analyserons les résultats.

2 Bruiter un signal de parole selon un rapport signal à bruit donné

Dans ce projet, nous partons d'un signal non bruité donné. On génère un bruit possédant des caractéristiques très précises pour modéliser les conditions réelles lors de la transmission d'un signal. Dans cette partie nous bruitons le signal avec un bruit blanc gaussien centré et stationnaire au sens large.

2.1 Étude du bruit blanc gaussien centré

Nous générons un bruit blanc de moyenne nulle et de variance σ^2 .

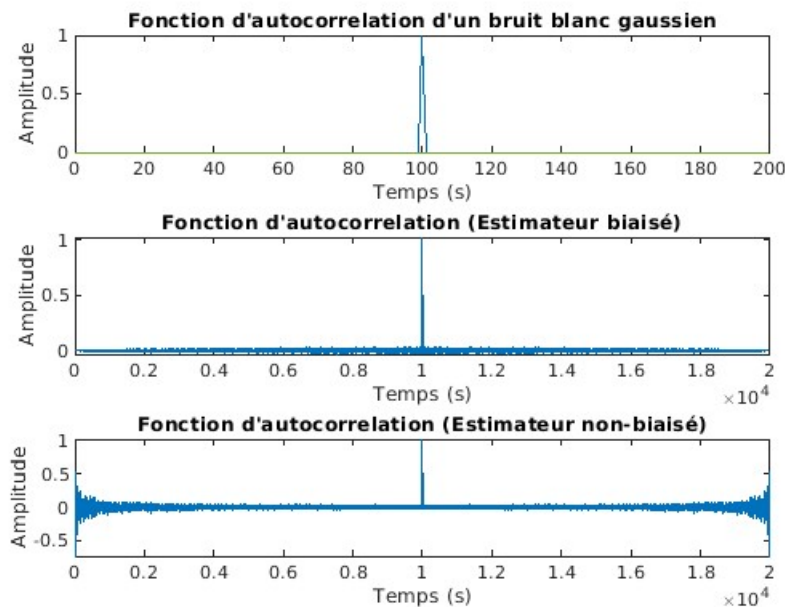


Figure 1: Fonctions d'autocorrélation du BBGC

La Figure 1 montre les différentes fonctions d'autocorrélation du bruit que nous avons généré.

En effet, la fonction d'autocorrélation d'un bruit blanc gaussien est définie comme la corrélation entre des échantillons de bruit pris à des instants différents. Elle est égale à zéro pour tous les décalages temporels différents de zéro, ce qui signifie que les échantillons de bruit sont complètement non corrélés les uns aux autres. Cela est dû au fait que le bruit blanc gaussien est un processus aléatoire avec des propriétés statistiques définies, comme une moyenne nulle et une variance constante, qui garantissent que les échantillons de bruit sont indépendants les uns des autres.

D'une autre part, un estimateur biaisé est un estimateur qui a une différence systématique entre la valeur estimée et la valeur réelle, tandis qu'un estimateur non biaisé est un estimateur qui ne présente pas cette différence systématique. Pour un bruit

blanc gaussien, la fonction d'autocorrélation est égale à zéro pour tous les décalages temporels différents de zéro. Cela signifie qu'il n'y a pas de corrélation entre les échantillons de bruit pris à des instants différents. En raison de cette propriété, il est facile de créer un estimateur de fonction d'autocorrélation non biaisé pour un bruit blanc gaussien en utilisant un grand nombre d'échantillons de bruit représentatifs de la population totale. L'estimateur peut simplement calculer la corrélation entre chaque échantillon de bruit et tous les autres échantillons de bruit et ensuite moyenner ces valeurs pour obtenir une estimation de la fonction d'autocorrélation.

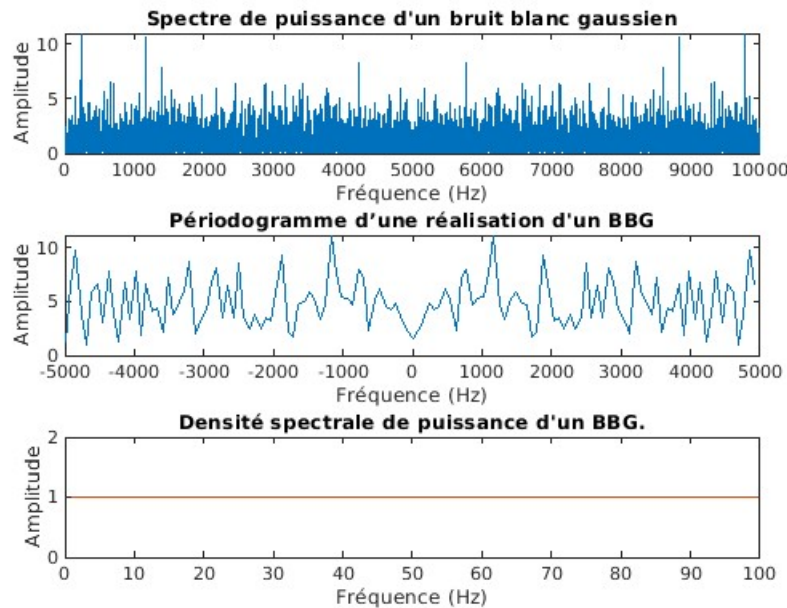


Figure 2: Spectre de puissance, Périodogramme et DSP

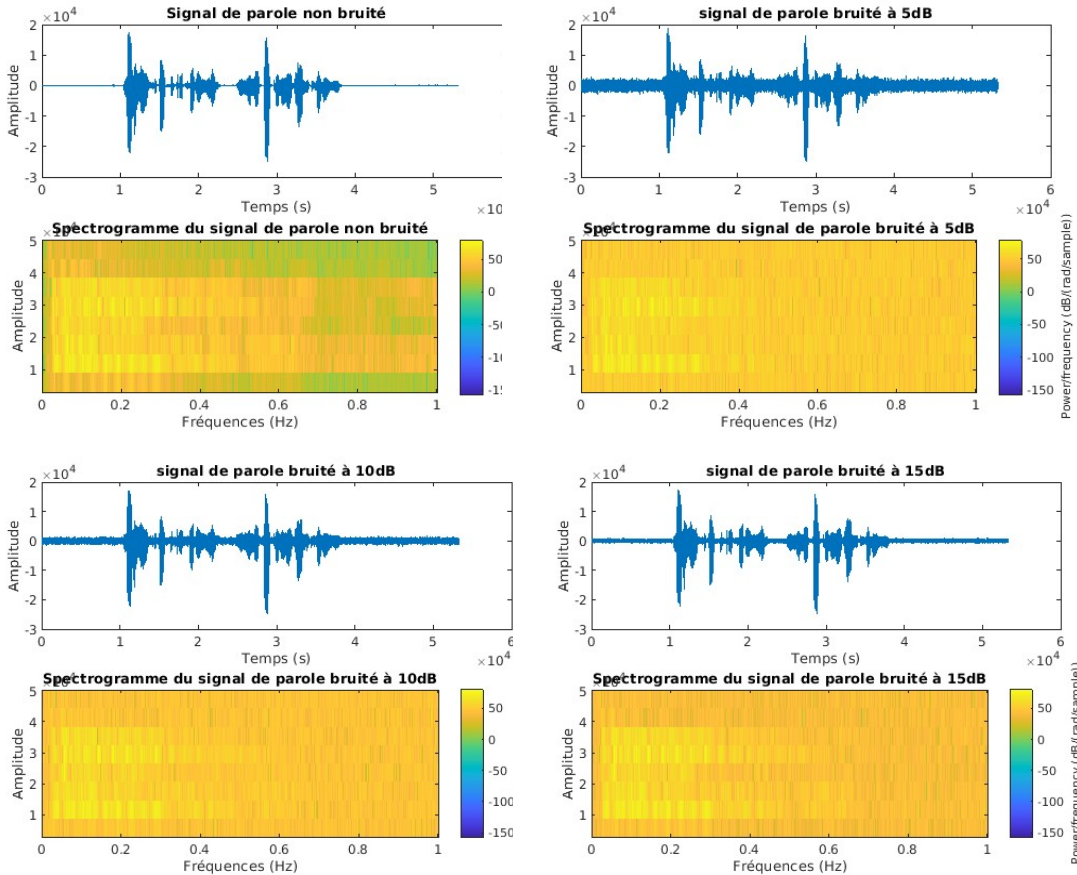
Le spectre de puissance d'un bruit blanc gaussien est une courbe plate et symétrique qui indique que toutes les fréquences présentes dans le bruit ont la même intensité: il n'y a pas de fréquence privilégiée. Le signal est aussi caractérisé par une densité spectrale de puissance constante qui est égale à la variance du bruit divisée par la largeur de bande de fréquence considérée. Cela signifie que toutes les fréquences présentes dans le bruit blanc gaussien ont la même intensité, c'est pour cela qu'il s'appelle "bruit blanc".

En ce qui concerne le périodogramme, outil couramment utilisé pour estimer la densité spectrale de puissance (DSP) d'un signal temporel, il permet de visualiser la répartition de l'énergie d'un signal en fonction de la fréquence.

Le périodogramme d'un bruit blanc gaussien présente des fluctuations car il est basé sur une estimation de la densité spectrale de puissance à partir d'un échantillon fini de données. Comme l'échantillon est fini, il ne contient pas toutes les informations sur la population totale, et il peut y avoir des variations dans les valeurs mesurées. Ces fluctuations sont causées par le bruit de mesure. Ces variations sont plus importantes pour un petit échantillon de données et diminuent avec la taille de l'échantillon. C'est pourquoi il est recommandé de prendre un grand nombre d'échantillons pour réduire ces fluctuations dans l'estimation du périodogramme.

2.2 Bruitage du signal

Dans cette partie nous bruitons le signal avec le bruit étudié ci-dessus à des rapports $\frac{\text{signal}}{\text{bruit}}$ (RSB) différents. On fera varier le RSB de $5dB$, $10dB$ et $15dB$.



Les figures ci-dessus montrent le signal dans le domaine temporel ainsi que son spectrogramme bruités aux différents RSB . Nous pouvons voir que le spectrogramme du signal non bruité possède des teintes vertes en haut et en bas du spectre ce qui signifie que les fréquences sont faibles au début et à la fin du signal (là où il est nul comme l'illustre le signal dans le domaine temporel). Les signaux bruités possèdent moins de fréquences vertes comme celui bruité à $15dB$ qui a des teintes orangées. En effet, l'ajout de bruit augmente les fréquences et en rajoutent. Le signal bruité à $10dB$ est plus proche du jaune même s'il possède de légers traits verts. Le signal bruité à $5dB$ ne possède pas de verts et est plus jaune que les autres car le signal est en effet plus bruité comme on le voit sur les côtés de sa représentation temporelle.

3 Procédure dite d'addition-recouvrement et traitement d'une trame d'un signal de parole bruité par un bruit blanc gaussien

Une des méthodes utilisée pour supprimer le bruit d'un signal est la procédure d'addition-recouvrement. La première étape consiste à diviser le signal en trames avec un recouvrement de 50%. Cela signifie qu'une trame est composée de la moitié de la trame qui la précède. Le rôle du recouvrement est de réduire le rehaussement du bruit. Si l'on ne fait pas de recouvrement ou si le recouvrement est faible, cela va diviser le

signal par un faible coefficient, ce qui va multiplier l'erreur due au bruit. Pour éviter cela, il est important de multiplier les trames par une fenêtre de Hamming qui est une fonction utilisée pour réduire les effets de bord en pondérant les segments de signal.

Nous avons implémenté deux fonctions MATLAB nommées *sans_recouvrement* et *avec_recouvrement* qui retournent une matrice qui, dans le premier cas, possède les trames du signal sans recouvrement et dans le deuxième cas avec un recouvrement de 50%. Ensuite, c'est la fonction

3.1 Traitement des trames

Après la procédure d'addition-recouvrement, il faut réhausser le signal. Cela est fait par la fonction MATLAB *traitement_final* qui extrait un échantillon de 10000 éléments du signal bruité, puis calcule la puissance du bruit à partir de cet échantillon en question pour enfin estimer la DSP (densité spectrale de puissance).

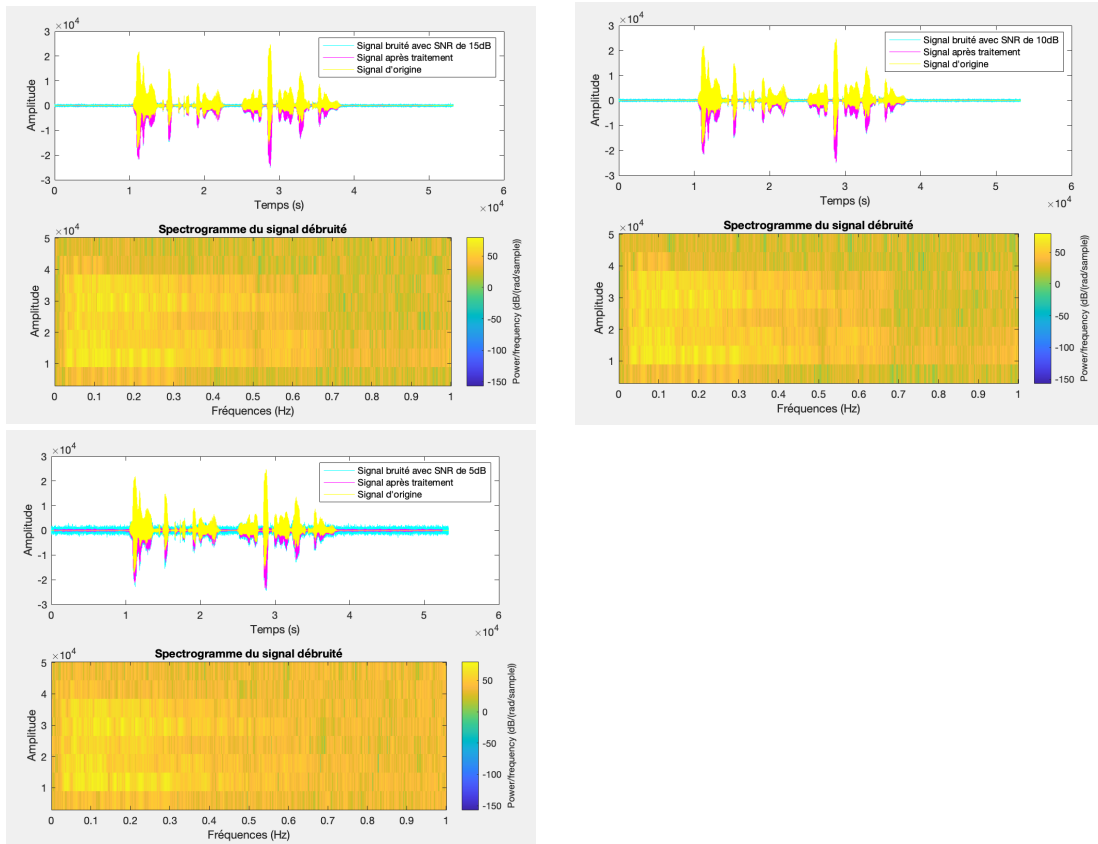
3.2 Reconstruction du signal

La reconstruction du signal permet de générer le signal de départ auquel nous avons ajouté un bruit. Cela est implémenté dans la fonction *AjouterRecouvrement* et elle est finalisée dans le *main* de notre code.

4 Combiner toutes les parties

4.1 Bruitage et débruitage des signaux aux trois RSB différents

Nous utilisons maintenant le signal de 8 KHz pour expérimenter les méthodes expliquées préalablement.



Les figures ci-dessus montre pour chaque RSB le traitement du signal du parole depuis le signal original jusqu'au signal débruité en passant par le signal avec ajout de bruit. Nous pouvons voir que plus le RSB est haut (donc le bruit ajouté est plus faible), plus le débruitage est réussi.

En effet, on retrouve les fréquences vertes dans le spectrogramme du signal débruité comme au 2.2 lorsque l'on a affiché le spectrogramme du signal original. En revanche, le débruitage est moins réussi pour le bruit élevé ($RSB = 5dB$) comme on peut le voir avec la présence de variations magenta (représentation temporelle du signal débruité) sur les cotés du signal là où il est sencé être nul.

4.2 Écoute du signal

En écoutant le signal réhaussé et débruité, il y a un bruit de fond aigu mais pas aussi prépondérant que le bruit lorsqu'on venait de l'ajouter au signal. Une des causes de ce phénomène est l'efficacité de notre traiteur de signal qui, comme nous l'avons vu en 4.1, ne supprime pas le bruit à 100%. Ce qui explique le reste d'harmoniques en hautes fréquences (son aigu) qui viennent perturber le signal de parole. De plus, ce bruit n'est pas continu, il est comme irrégulier. Cela peut être dû à toutes les manipulations des différentes trames qui ont été opéré et de leur transformations au cours du traitement.

5 Organisation du travail

Ce projet à été globalement fait et réfléchi à deux. À part les parties addition-recouvrement et traitement trame par trame qui ont été attribués à l'une et l'autre. La fin du projet et les analyses ont aussi été réalisés à deux.

6 Conclusion

Dans ce projet, nous avons pu réellement expérimenter le rôle d'un traiteur de signal qui souhaite améliorer la qualité d'un son audio.

Pour cela il a fallu passer par plusieurs étapes en commençant par bruiteur nous-même le signal sur lequel nous allions travailler afin d'en connaître les caractéristiques spectrales et fréquentielles. Après un traitement trame par trame du signal et une reconstruction de celui-ci, nous avons pu observé que la qualité du débruitage dépendait du bruit ajouté mais aussi de notre implémentation du code qui ne nous donnait pas un signal totalement identique à l'original mais avec une diminution considérable du bruit.