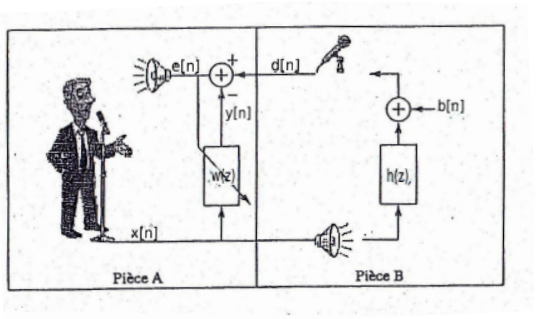
BACHELARD Maéva
GALLIEN Anthony

SIA 2023-2024

TP2 de Méthodes de Signal Avancées
Annulation d'Écho Acoustique

Notre objectif lors de ce TP est d'annuler des échos acoustiques ainsi que le bruit grâce au filtre de Wiener. Nous allons nous positionner dans le cas de l'image suivante avec tout d'abord un bruit blanc, une situation plutôt facile à modéliser. Puis par la suite nous utiliserons une voix humaine dans une pièce réverbérante puis deux voix qui dialoguent en se superposant dont une dans une pièce réverbérante. Ces situations sont plus complexes mais proches de problèmes réels intéressants à résoudre.



I. Fijalkow et C. Simon Chane

1. Préparation

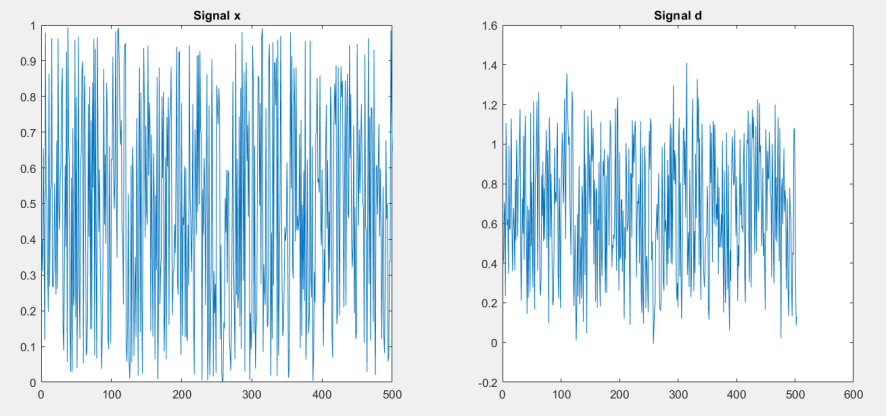
Equations Algorithme LMS :

- initialisation de $w^{(0)}$
- à chaque instant n :

$$e(n) = y(n) - d(n)$$
$$w^{(n+1)} = w^{(n)} + \mu * e(n) * x(n)$$
$$y^{(n+1)} = w^{(n+1)t} * x(n+1)$$

2. Génération de signaux test

On débute le TP en générant un bruit blanc (signal x sur le graphique ci-dessous) auquel on applique le filtre h=[1 0.3 -0.1 0.2] (signal d sur le graphique ci-dessous).



3. Mise mise en œuvre de l'algorithme LMS

Pour réaliser la fonction algoms, nous commençons par initialiser nos variables w, e et y à 0. w doit être de la longueur de notre de filtre (son ordre), e et y sont de la longueur de x.
Ensuite, nous appliquons les équations de l'algorithme LMS sur chaque P (ordre du spectre) derniers échantillons. Ainsi nous déterminons étape par étape y et e en modifiant w à chaque fois.

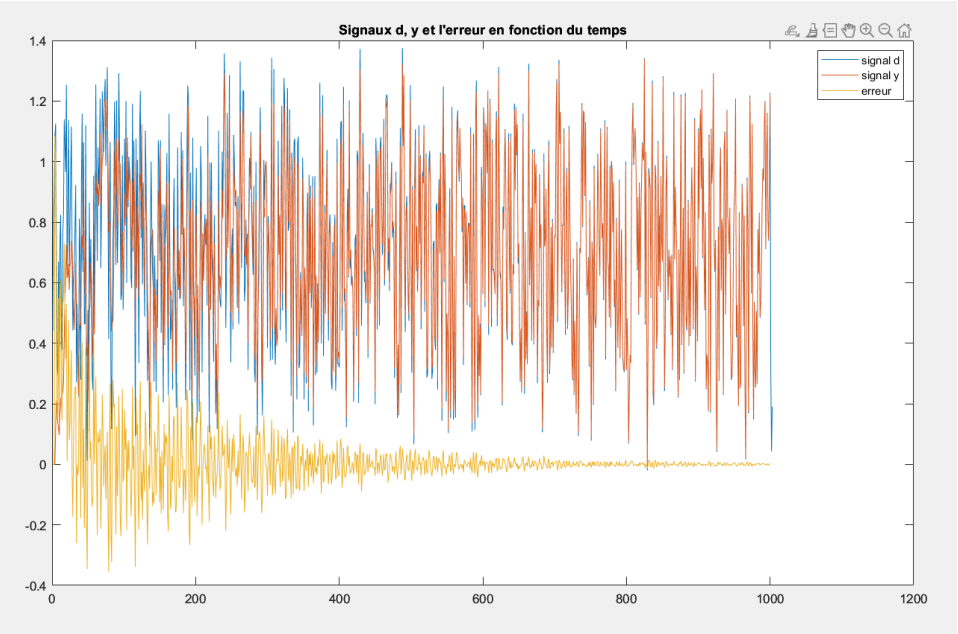
4. Validation de l'algorithme LMS

Afin de vérifier la qualité de notre algorithme LMS, nous pouvons regarder le vecteur w. w^{opt} est la valeur optimale de w pour laquelle w est égale à la réponse impulsionnelle du filtre. Ici, w converge vers notre filtre h après un certain nombre d'itérations. Cette convergence témoigne du bon fonctionnement de notre algorithme.

w
4x1 double

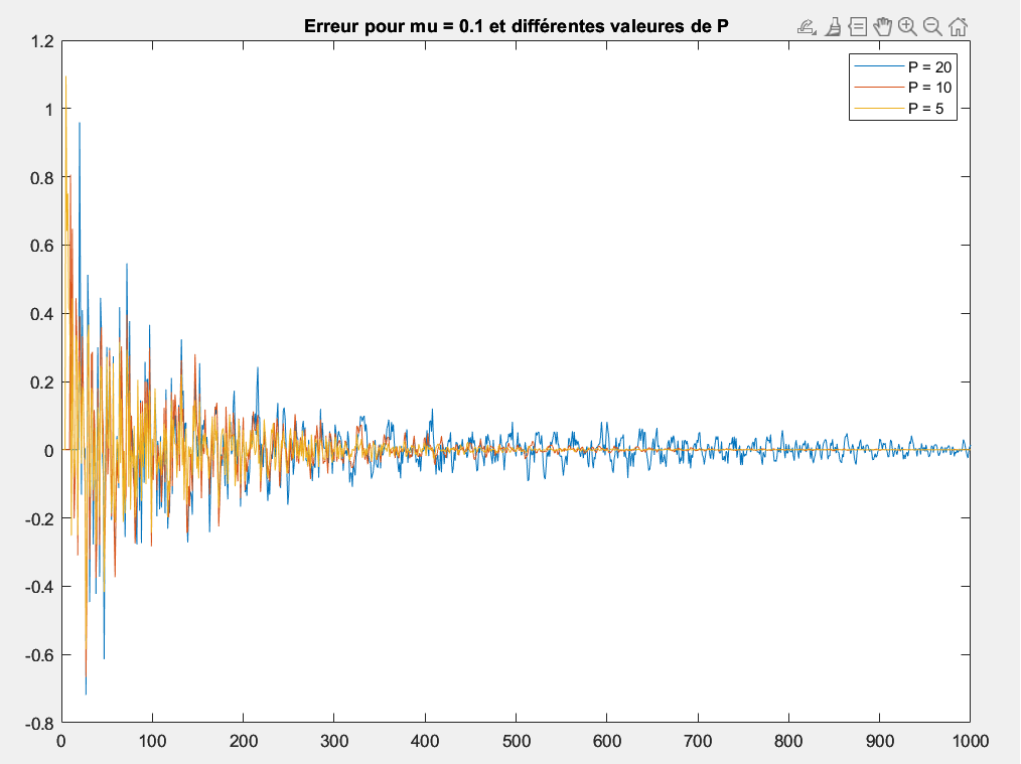
	1
1	0.9905
2	0.3000
3	-0.0933
4	0.2028

De plus, nous pouvons directement regarder l'erreur. Sur le graphique ci-dessous, l'erreur diminue considérablement avec les itérations jusqu'à être quasi nulle. Ceci se traduit par la convergence du signal y vers le signal d jusqu'à ce qu'ils deviennent quasi identiques. En effet, il est remarquable que les signaux tendent à se superposer rapidement, notre algorithme nous permet de rapidement et efficacement estimer.

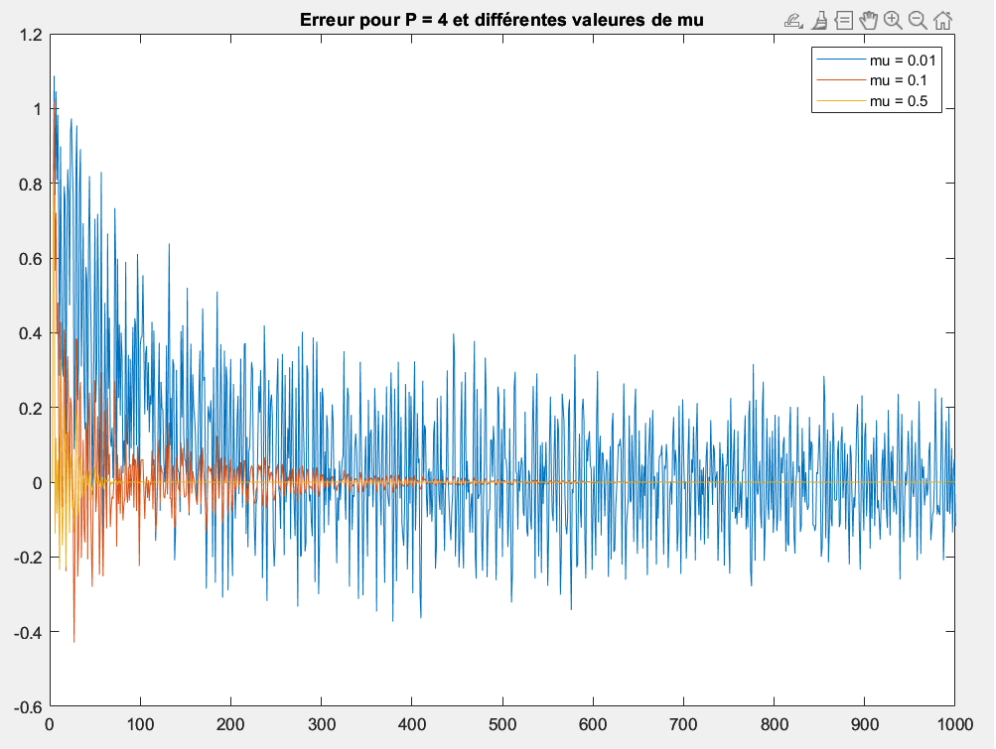


5. Test de l'algorithme LMS

Notre algorithme semble bien fonctionner pour des valeurs initiales des paramètres choisies aléatoirement cependant il est important de savoir leur impact sur le modèle et l'estimation.
Tout d'abord, nous voulons regarder l'effet de P (ordre du spectre) sur l'algorithme. Pour ce faire, nous fixons μ à $0,1$ et nous appliquons notre algorithme avec trois valeurs de P différentes : 5, 10, 20.
On observe sur le graphique ci-dessous que pour les trois valeurs de P, l'erreur tend vers 0. Cependant cette convergence est bien plus rapide pour P=5 ou P=10 que pour P=20.
Si notre signal à prédire était plus complexe qu'un simple bruit blanc, on peut envisager que pour P=20, l'erreur diverge. De plus, si P est trop petit par rapport à l'ordre du filtre, l'erreur ne pourra pas s'annuler. Il est donc crucial de bien choisir la valeur de P pour converger rapidement tout en évitant les divergences.



Maintenant, nous voulons constater l'impact de la variation de μ sur l'algorithme. Pour ce faire, nous fixons P à 4 et nous appliquons notre algorithme avec trois valeurs de μ différentes : 0.5, 0.1, 0.01
Nous constatons maintenant que que lorsque μ est trop petit (ici 0.01), l'algorithme met très longtemps avant de converger.
De plus, on peut imaginer que si μ est très grand, l'algorithme diverge.
Il est donc essentiel de bien choisir μ pour avoir un bon compromis convergence de l'algorithme et rapidité de cette convergence.



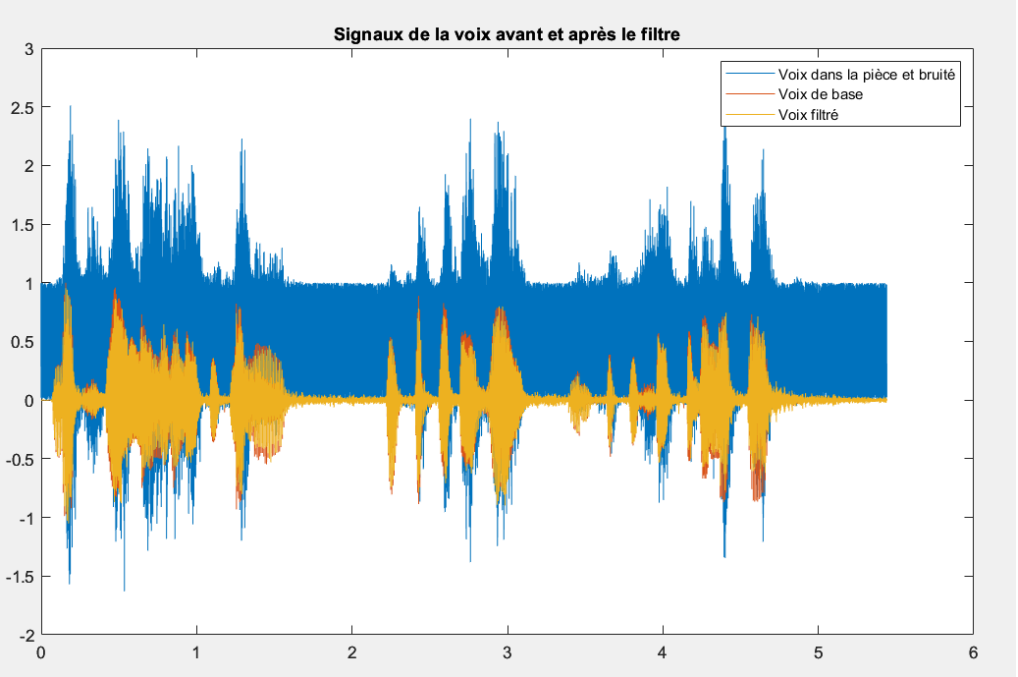
II. APPLICATION

1. Signal audio avec une voix

Notre algorithme étant efficace et ses paramètres étudiés, nous pouvons passer à des signaux plus compliqués. Commençons avec une voix simple dans une pièce réverbérante avec pour objectif de supprimer les échos.

Nous commençons par télécharger la voie (Voix1.wav) ainsi que la réponse impulsionnelle de la chambre puis nous filtrons le signal. Nous écoutons la voix avant et après le filtrage et il est clair qu'un effet d'écho se fait entendre après le filtrage alors que la voix écoutée avant est claire. Finalement nous ajoutons du bruit pour obtenir notre voix finale sur laquelle nous allons travailler.

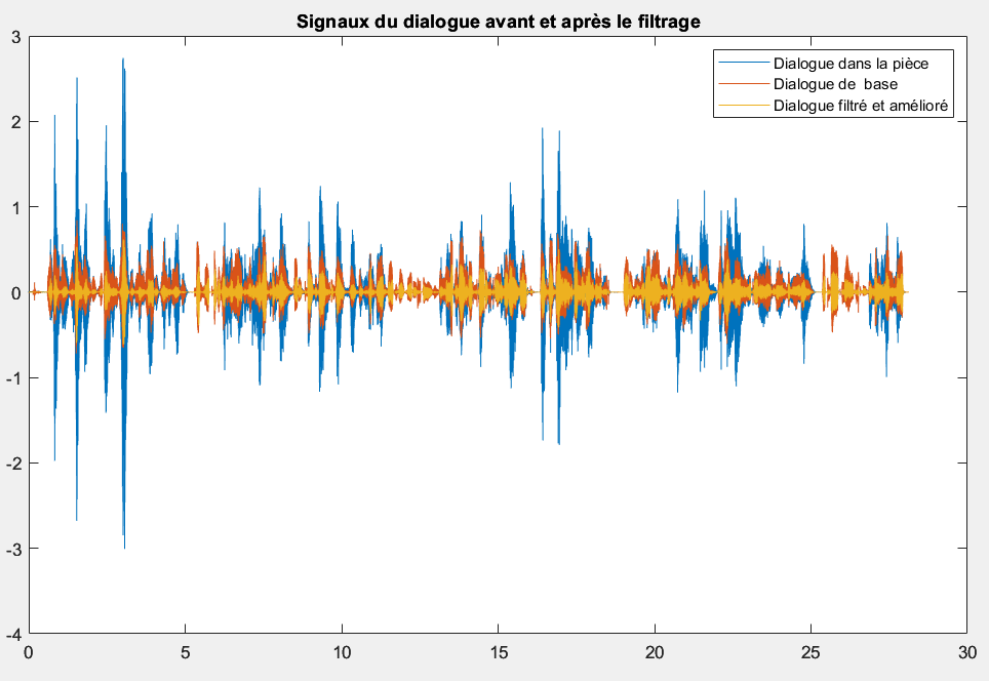
Comme précédemment nous utilisons notre fonction algoms pour obtenir un signal sans échos et sans bruits. Les paramètres sont très importants car on remarque que cette fois avec des paramètres aléatoires l'écoute n'est tout simplement pas possible et le signal estimé est loin du signal original. Nos différents tests nous amènent aux paramètres P=150 et mu =0.01. A l'écoute, le signal traité est dépourvu d'écho mais présente un bruit de fond "sourd". L'algorithme LMS est donc en adéquation avec le résultat attendu puisqu'il supprime l'écho et le gros du bruit initial. Bien qu'on ne retrouve pas exactement l'audio initial, nous pouvons affirmer que l'algorithme LSM est parfaitement adapté à la situation.



2. Signal audio avec deux voix

Comme précédemment nous commençons par télécharger les voix, les mettre aux mêmes dimensions et finalement appliquer sur l'une des deux le filtre créant les échos (le même qu'à la question précédente. Ainsi nous nous retrouvons dans un cas ou deux personnes dialoguent dont une dans une pièce faisant des gros échos et ou l'écoute est désagréable. Nous appliquons notre algorithme LSM dans l'objectif de supprimer les échos.

A l'écoute après filtrage, le signal est nettement amélioré, mais on entend néanmoins légèrement l'individu A en fond du discours de l'individu B. En revanche, dans une situation concrète et réelle, cet effet est supportable à l'audition et acceptable.


Signaux du dialogue avant et après le filtrage
Dialogue dans la pièce
Dialogue de base
Dialogue filtré et amélioré
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
0
5
10
15
20
25
30