

TP1 Méthodes de Signal Avancées : Annulation d'Écho Acoustique

I - IMPLÉMENTATION DE L'ALGORITHME LMS

1 - Préparation

- Équation d'erreur :

$e[n] = d[n] - y[n]$ L'on doit diminuer avec le temps pour avoir une bonne convergence de l'algorithme.

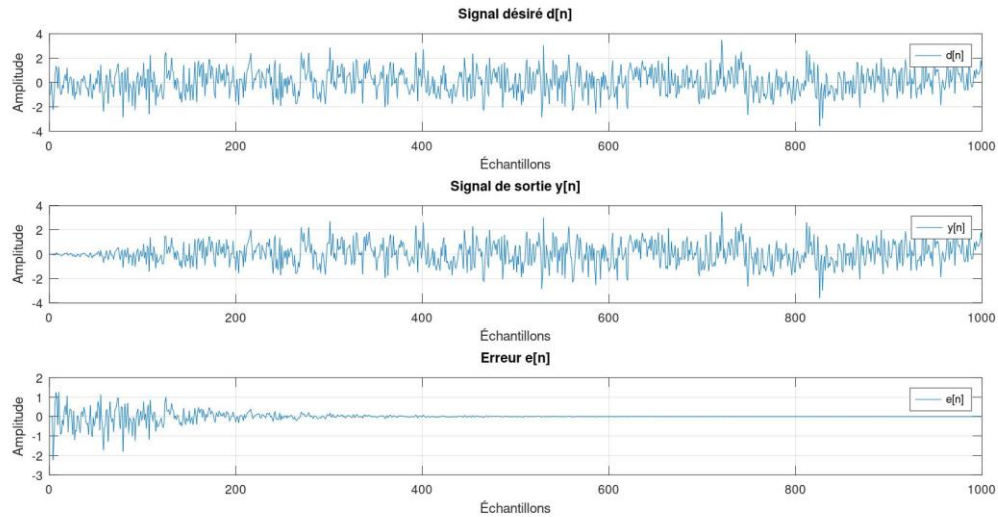
- Sortie du filtre :

$y[n] = \sum_{i=0}^{P-1} \omega_i[n] \cdot x[n - i]$ Idéalement, ce signal devrait s'approcher du signal désiré $d[n]$ au fur et à mesure que l'algorithme LMS converge.

- Équation de mise à jour :

$$\omega_i[n + 1] = \omega_i[n] + \mu \cdot e[n] \cdot x[n - i]$$

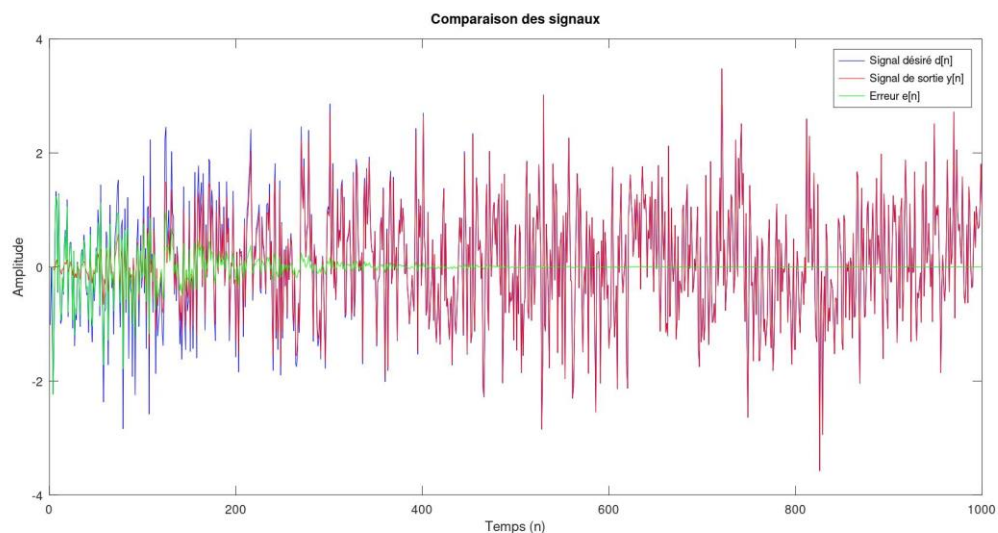
4 - Validation de l'algorithme LMS



- Que doit être w_{opt} ?

Nous souhaitons trouver le filtre optimal w_{opt} qui correspond à la meilleure approximation des coefficients du filtre réel h . Ce dernier a été utilisé pour générer signal désiré d à partir du signal d'entrée x . D'après l'énoncé $h = [1, 0.3, -0.1, 0.2]^T$ ainsi on veut l'algorithme LMS doit converger vers ces valeurs pour le coefficient du filtre adaptatif.

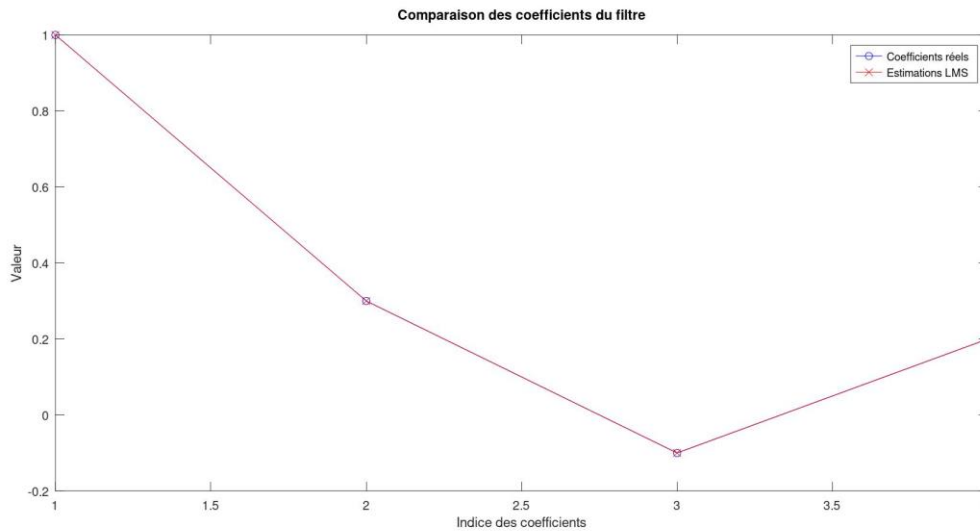
- Tracer la réponse désirée d_n , le signal de sortie y_n et l'erreur e_n dans la même figure en fonction du temps, n .



Nous avons tracé la réponse désirée $d[n]$, le signal de sortie $y[n]$, et l'erreur $e[n]$ sur la même figure en fonction du temps n .

- **Signal désiré $d[n]$:** Constitue le signal que nous voulons atteindre.
- **Signal de sortie $y[n]$:** Indique comment le filtre adaptatif se rapproche du signal désiré.

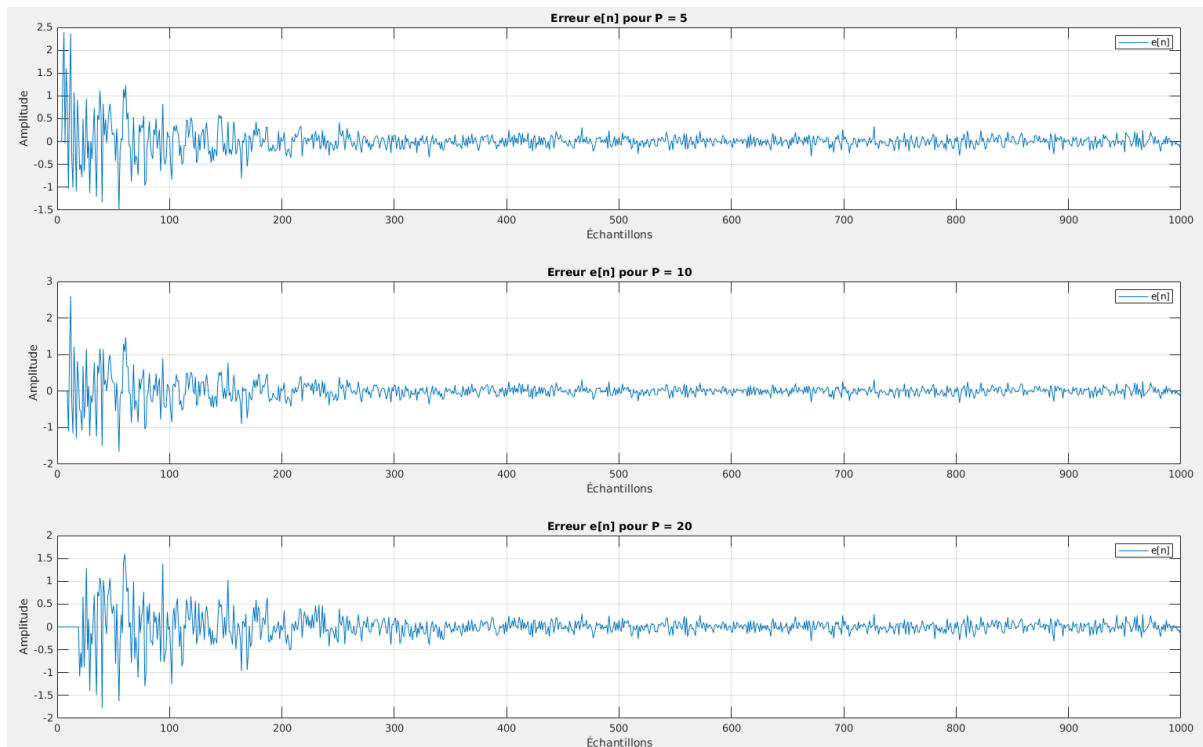
- **Erreur $e[n]$** : différence entre $d[n]$ et $y[n]$, on voit clairement que $e[n]$ et $y[n]$ se complète pour former $d[n]$.
- Tracer les vrais coefficients et les estimations obtenues par le LMS en fonction du temps, n .



Dans le graphique ci-dessus nous avons tracé les coefficients réels et les coefficients estimés par le LMS. On veut visualiser la convergence des coefficients du filtre estimés par l'algorithme LMS vers les valeurs réelles du filtre h . L'algorithme LMS est bien configuré car les estimations du filtre convergent vers les valeurs réelles. Le choix des paramètres est donc validé. En effet, si μ est trop grand l'algorithme peut devenir instable et on risque d'avoir des oscillations importantes des coefficients. A l'inverse si μ est trop petit la convergence sera lente ce qui entraîne que les valeurs des coefficients non réels si on ne prend pas un nombre très grand d'itérations.

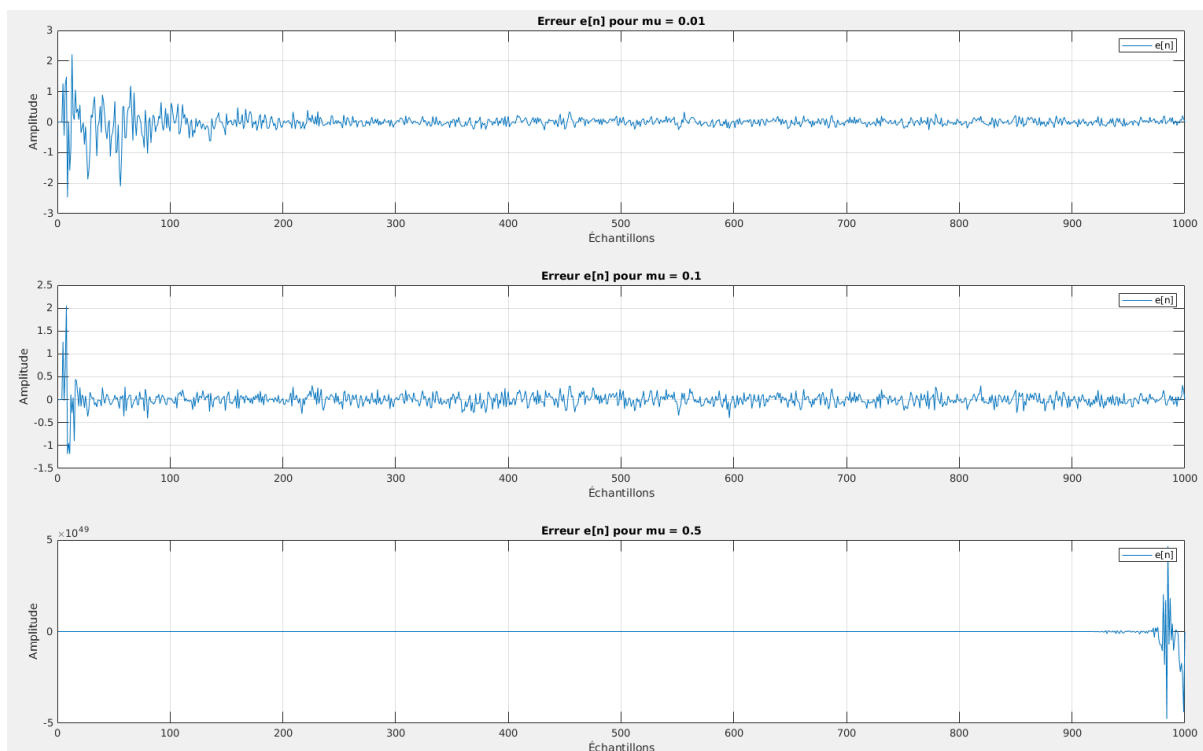
5) Test de l'algorithme LMS

— Étudier l'effet de la longueur P du filtre sur les performances obtenues, $P = 5, 10, 20$.



Ces graphiques montrent l'impact de la longueur du filtre P sur les performances de l'algorithme LMS. On observe qu'une diminution de P améliore légèrement la convergence et réduit l'erreur.

— Pour P fixé étudier l'effet du choix de μ sur la vitesse de convergence, $\mu = 0.01, 0.1, 0.5$.



On voit l'effet du pas de convergence μ sur la vitesse de convergence de l'algorithme. Si

μ augmente la convergence est plus rapide mais si μ devient trop grand une sorte d'overfitting apparait, alors qu'avec un pas plus petit la convergence est plus stable.

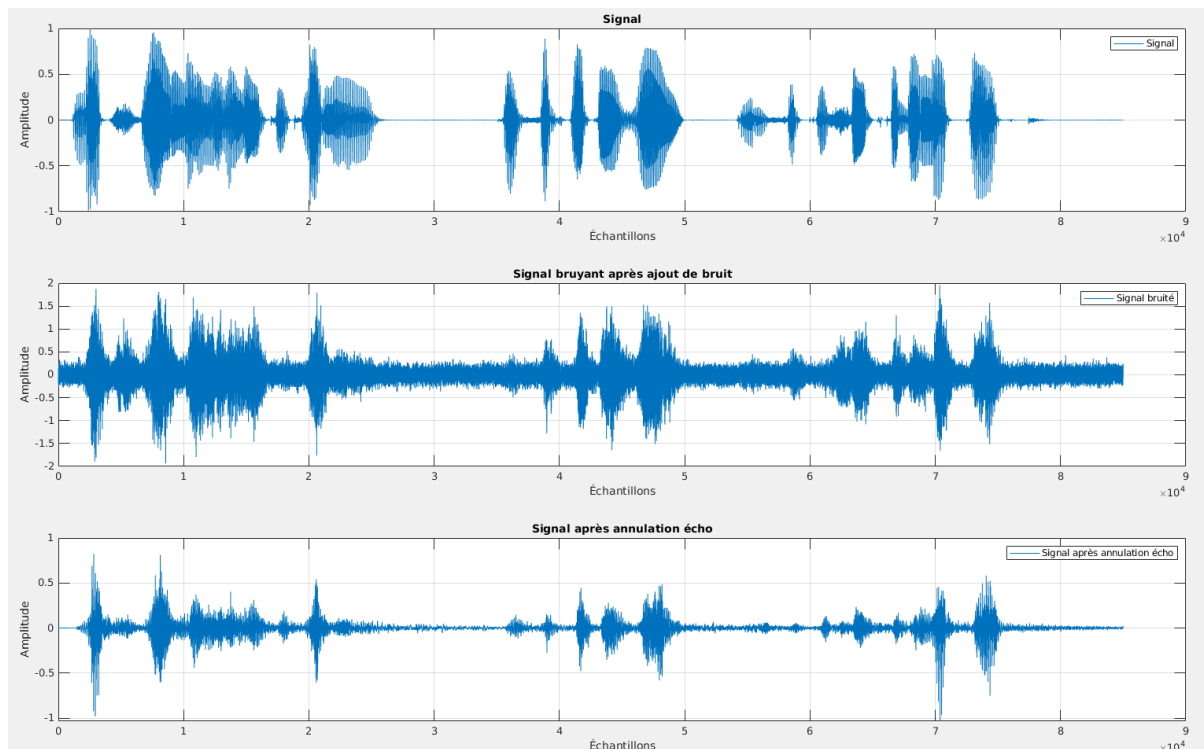
II – APPLICATION

1 - Signal audio avec une voix

- Écouter le signal filtré.

On filtre le signal issu de l'audio "Voix1.wav" puis on écoute le signal filtré. Après le filtrage ce qu'on entend c'est le signal de base avec de l'échos.

- Écouter le signal filtré plus bruit



On voit clairement qu'on réussit à récupérer le signal d'origine avant qu'il ait de l'écho et qu'on enlève correctement le bruit grâce au bon choix de paramétrage de l'algorithme fait à la question 5). Le signal est malgré tout atténuer évidemment.

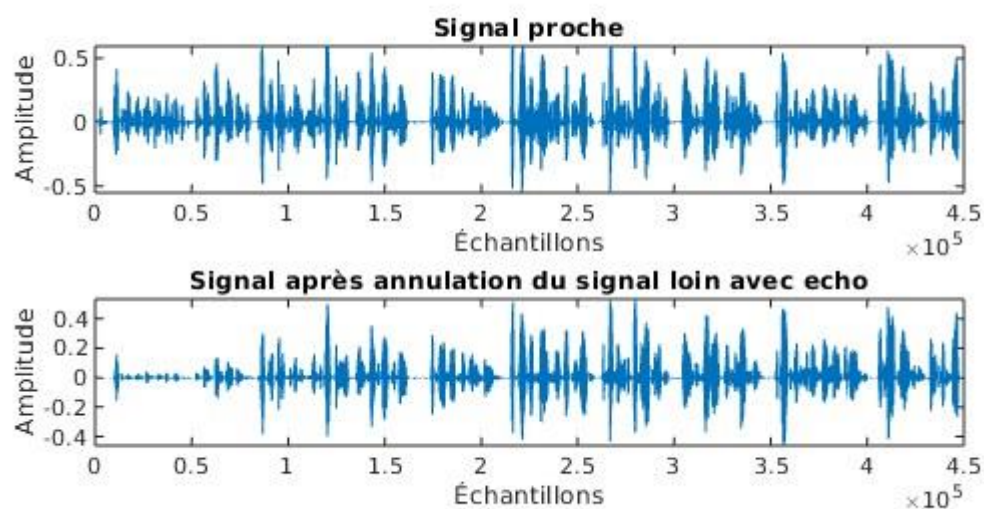
2 - Signal audio avec deux voix

Nous avons commencé par charger deux fichiers audios, l'un étant la voix d'une femme considérée comme proche et l'autre celle d'un homme considérée comme éloignée. La voix éloignée a été modifiée en lui appliquant un filtre de réponse impulsionnelle simulant l'écho dans une pièce comme nous l'avons fait précédemment.

Puis nous avons sommé la voix proche et la voix éloignée avec un écho pour créer un dialogue entre les deux.

Enfin nous devons annuler grâce au LMS la voix éloignée de l'homme pour ne plus entendre que la voix proche de la femme.

En comparant la voix proche de la femme initiale avec le traitement LMS du dialogue entre la voix proche et la voix éloignée avec échos on obtient:



On remarque l'amplitude est légèrement atténuée on reconnaît facilement les mêmes patterns. Après écoute sur le code matlab la voix éloignée de l'homme a été totalement supprimée. Après plusieurs tests, de paramètre c'est le couple $P = 300$ et $\mu = 0.001$ qui fonctionne le mieux.

Cependant, en regardant de nouveau le signal après traitement LMS on remarque que le début est très atténué voir supprimé ce qui s'entend clairement en écoutant l'audio. Cela peut être due au fait que l'algorithme LMS commence avec des coefficients de filtre initialisés à zéro ou à des valeurs arbitraires. Au tout début, le filtre adaptatif n'a pas encore appris les caractéristiques du signal à annuler. Pendant cette phase initiale, le filtre est encore en train de s'adapter et les premières itérations de l'algorithme peuvent ne pas annuler efficacement l'écho. Cela peut causer une atténuation importante du

signal, car le filtre n'est pas encore optimisé pour distinguer correctement l'écho du signal utile.