NOISE FILTERING

# Aim

Cette partie a été effectué en dernier, avec Choix d’un filtrage plutôt que …

But : ne garder que les fréquences entre 100 et 1200 Hz (article pour battement cœur + …)

# Butterworth Filter

## Généralités

Butterworth filter is a linear filter with constant gain in its bandwidth. This filter is widely used in engineering as it enables to pass some range of frequencies without distortion and suppress all other frequencies.

The filter order determines the shape and width of the roll-off, also called the “transition band”. In the passband, the gain is close to one. As the frequencies come closer to the cutting frequencies, the gain of the filter rolls off, rejecting lower and higher frequencies components. The way that the curve is shaped depends on the filter order. The higher it is, the shorter the transition will be, as illustrated in figure .. with $n$ the filter order. The order was chosen at 6 to have sufficient selectivity while having a reasonable computation time.

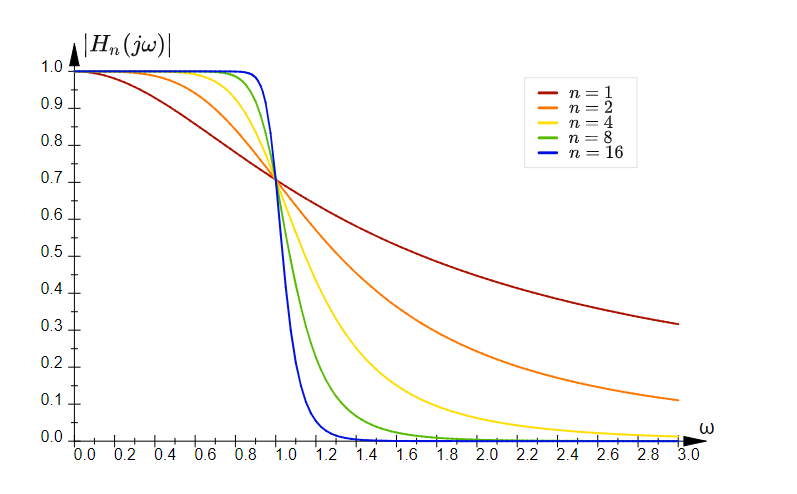
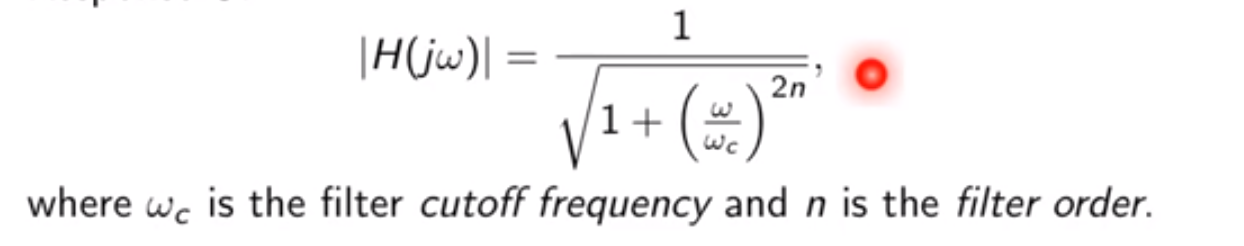


Figure 1: Amplitude responses of Butterworth filters with different orders

Source : [tttapa.github.io](https://tttapa.github.io/Pages/Mathematics/Systems-and-Control-Theory/Analog-Filters/Butterworth-Filters.html)

It is an Infinite Impulse Response (IIR) filter, causal, with the following amplitude response (equation 1).



## Analyse du filtre obtenu

Pour designer le filtre, les paramètres suivants été utilisés: the sampling frequency is $fs=4000$Hz, et les cutoffs frequencies are $f\_c^1=100$ et $f\_c^2=1200$Hz. The magnitude response of the filter se trouve en figure …. Le filtre possède un gain de 1 ( à –3dB prés) entre $0.05pi$ et $0.6pi$ rad/sample, ce qui correspond bien aux cutoffs frequencies de 100Hz et 1200Hz une fois la conversion suivante effectuée :

$f\_c^{Hz}=\frac{f\_c^{rad/samp}}{2pi}\*f\_s$

La figure 2 représente la réponse en phase du filtre. Celle-ci n’est pas linéaire, ce qui implique que les composantes fréquentielles de l’entrée ne seront pas toutes retardées de la même manière. Dans notre cas, cela n’a pas d’importance car tous les signaux subiront le même delay, ce qui n’influencera pas les résultats lors de leur comparaison.

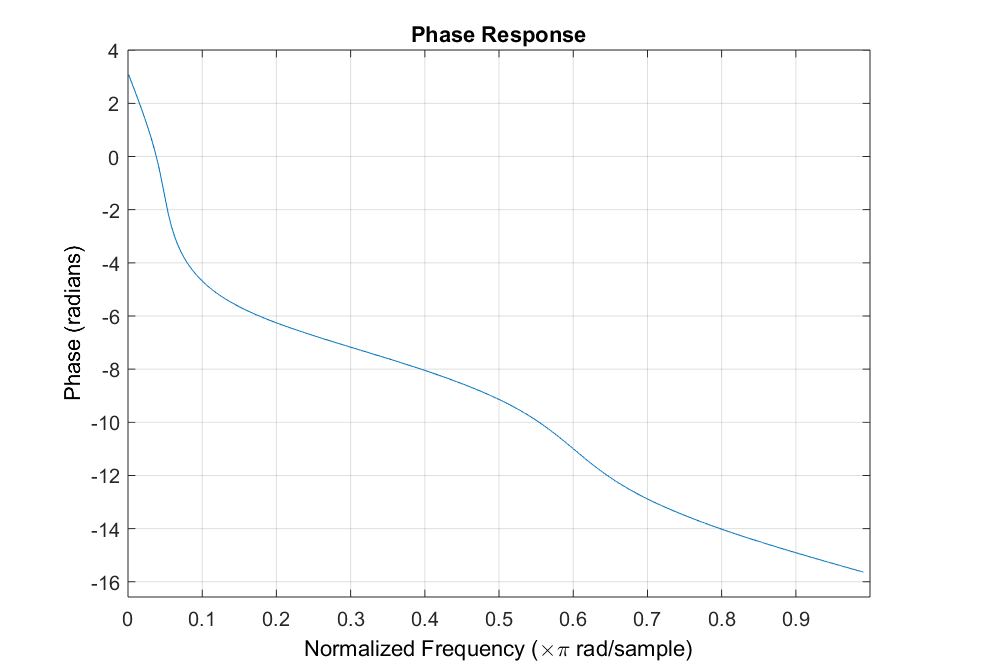
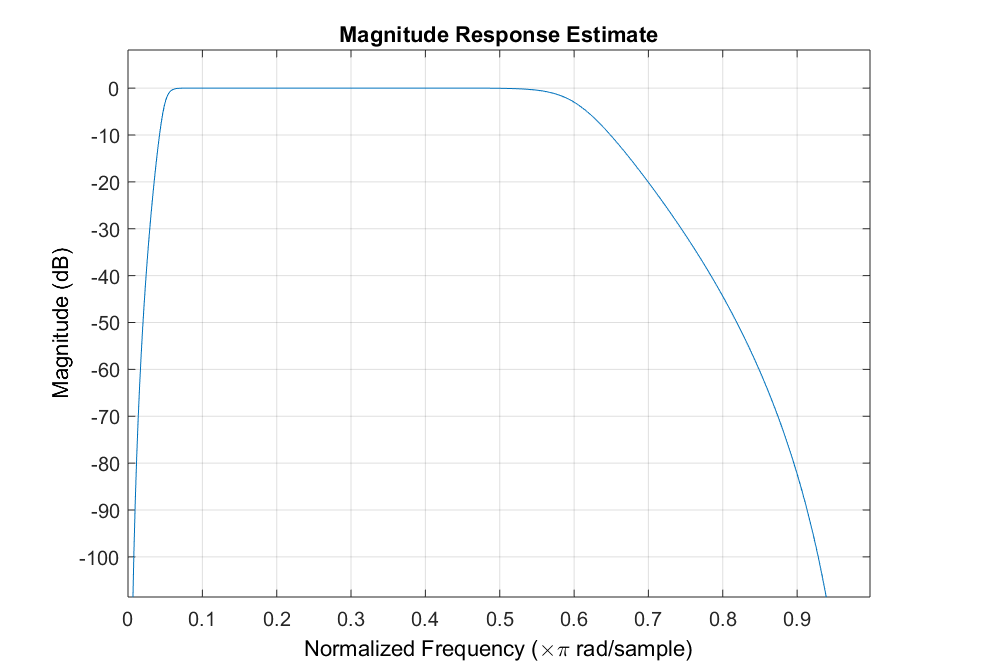
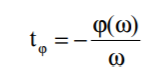
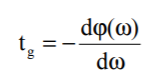


Figure 2: Magnitude and phase response of the Butterworth Filter

L’expression du retard de phase se trouve en équation 1, et celle du retard de groupe en équation 2. La phase étant non-linéaire, le retard de groupe n’est pas constant. Ce retard correspond au temps mis par l’énergie du signal pour traverser le filtre. Pour la même raison que précedemment, ce retard n’a pas d’importance dans ce projet.

equation 1

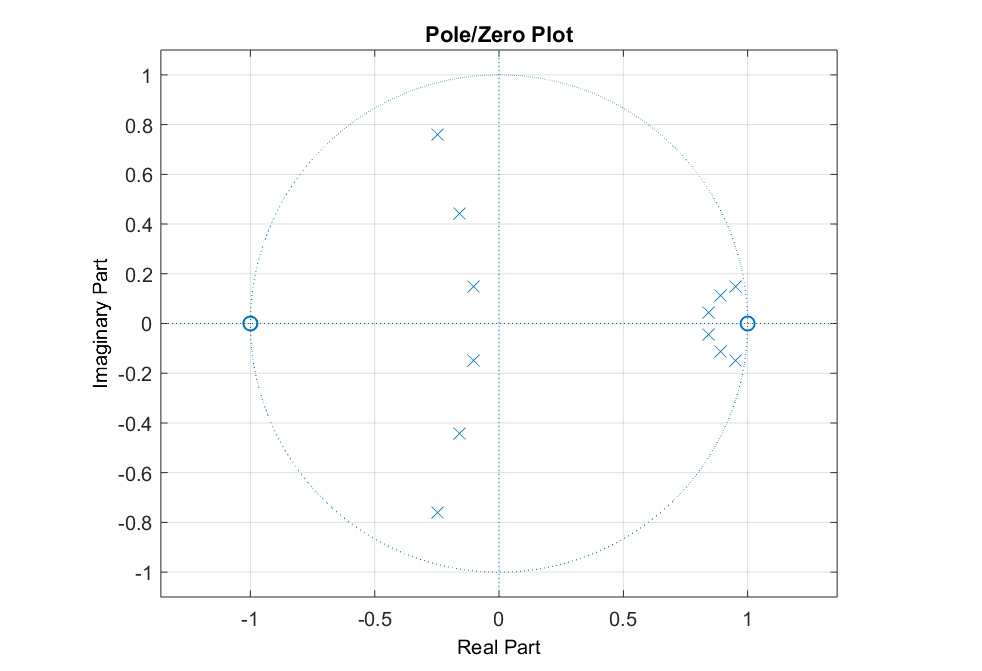
equation 2

Les poles et les zéros du filtre se trouvent en figure … . Le filtre est stable car tous ces pôles sont à l’intérieur du cercle unité.

Zéros : 2 rejections totales en fs et fs/2

Poles : A Butterworth filter is composed of 2n poles. Here, there are 12 poles. QUOI DIRE DE PLUS ??

Mettre légende cross poles et rond zeros



# Results

Signal avant et apres

Qu’est ce que ca a permis d’enlever

# Discussion

Bien de filtrer ? On aurait aussi pu séparer l’espace bruit et l’espace signal, notamment avec les wavelets ou avec d’autres features (mettre les 2 du papier peruviens)

Pour enlever les bruits avec artefact, qui sont indépendants mais si on les enleve peuvent affecter le breath sound 🡪 utiliser des techniques statistiques qui se basent sur des sources indépendantes comme SCBSS (single-channel blind signal separation ).

Certains bruits n’ont pas été pris en compte, comme le bruit fait par les aides respiratoires (qui peuvent pourtant différer selon les samples et apporter une grande déviance dans les bruits). C’est la prochaine étape.

Une fois le signal re échantillonné, the second task was to denoise the recordings.

The noise can be first due to doctors’ conversation, heartbeat or stethoscope imprecision. Le filtrage de ces bruits has been mainly developed by Fatema (an ancient PhD student of Monash University). According to the paper[[1]](#endnote-1) and to some listening tests and discussions in the team, a frequency band of interest between [100Hz, 1000Hz] was chosen. A Butterworth pass-band filter was then designed with the cut-off frequencies above. Ce filtre a la particularité d’avoir un gain proche de 1 in the passband, which means having a [frequency response](https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_response" \o "Frequency response) as flat as possible, ce qui est très intéressant quand on ne veut pas détériorée le signal. L’ordre du filtre a été choisi à 6 après quelques tests pour avoir une sélectivité suffisante. Concernant les fonctions Matlab, butter pour créer le filtre, puis filtfilt pour filtrer le signal ont été appliquées.

D’autres bruits dû aux différentes machines aidant les enfants prématurés à respirer altèrent les signaux. Ces bruits sont particuliers à mon signals bank, c’est donc moi qui ait implémenté ce qui suit. A FAIRE

Parler aussi des discussions des medecins

Comparison of the Lung Sound Frequency Spectra of Infants and Adults

Jamshed F., et. al.

1986 Pediatr Pulmonol 1986; 2:292-295

1. Laura E. Ellington, Dimitra Emmanouilidou, Mounya Elhilali, Robert H. Gilman, James M. Tielsch, Miguel A. Chavez, Julio Marin-Concha, Dante Figueroa, James West, William Checkley, "Developing a Reference of Normal Lung Sounds in Healthy Peruvian Children", Springer Science+Business Media New York 2014 [↑](#endnote-ref-1)