



Travaux Pratiques

« Traitement Numérique du Signal avec Python »

Niveau : 2^e année Ingénieur Data Science

TP4 - Analyse de filtres numériques

Manipulation

Analyse de filtres numériques sous python

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.signal import freqz, dlti
from scipy.signal import butter, lfilter
from scipy import signal
import scipy.io.wavfile as wav
```

1. Représentation d'un filtre numérique sous python

Un filtre numérique en général est représenté par sa fonction de transfert en z . Sous Python, une fonction de transfert en z est caractérisée par deux vecteurs contenant les coefficients des puissances décroissantes de z^{-1} , du numérateur et du dénominateur de la fonction de transfert considérée.

Ex : La fonction de transfert en z suivante :

$$H(z) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}z^{-1} = \frac{0.5 + 0.5z^{-1}}{1 + 0z^{-1}}$$

sera représentée sous Python par :

```
num = [1, 2]
den = [1, 0]
```

2. Réponses temporelles et fréquentielles

L'analyse d'un filtre peut être effectuée à partir de ses réponses temporelles et fréquentielles. Les divers modes de représentation sont complémentaires et traduisent de manière différente les caractéristiques d'un filtre.

2.1 Réponse impulsionnelle

La réponse impulsionnelle est directement tracée à l'aide de la commande « signal.dimpulse » :

```
h=signal.dlti([1,2], [1, 0], dt=0.1)
t, h = signal.dimpulse(h, n=25)
```

1.2.3 Réponse fréquentielle

La réponse fréquentielle d'un filtre numérique notée $H(f)$ est obtenue à partir de $H(z)$ en posant $z = e^{j2\pi f T_e}$.

Cette réponse fréquentielle est à valeurs complexes. Elle peut donc s'écrire :

$$H(f) = |H(f)| e^{j \text{Arg}(H(f))}.$$

La réponse d'un filtre numérique est périodique de « période » $f_e = 1/T_e$. On tracera cette réponse pour l'intervalle de fréquence : 0 et $f_e/2$.

Sous Python, le module $H(f)$ et l'argument (la phase) $\varphi(f) = \text{Arg}(H(f))$ peuvent être facilement obtenus à l'aide de la fonction « signal.freqz » selon la commande suivante :

```
f, h = signal.freqz(b,a,worN,fs)
```

où worN est le nombre de points de calcul de la réponse fréquentielle entre $[0 ; f_e/2]$ (worN=512 par exemple), avec $b=num$ et $a=den$

Application 1 :

Soit le Filtre RIF défini par : $H(z) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} z^{-1}$

- Trace des réponses impulsionnelles et fréquentielles, avec n=25, worN=512, fs=1000.
- Vérifier que la réponse impulsionnelle est finie.

Application 2 :

Soit le Filtre RII défini par : $H(z) = \frac{0.5}{1 - 0.5z^{-1}}$

- a- Trace des réponses impulsionnelles et fréquentielles, avec n=25, worN=512, fs=1000.
- b- Vérifier que la réponse impulsionnelle est infinie.