



# Traitement du signal - TP2

MAIN 4 - 2019-2020

H. Boutin

**NB: plusieurs signaux sont destinés à être écoutés durant ce TP. Pour éviter tout risque de dommage auditif, avant chaque écoute, veuillez à réduire le son du haut-parleur de votre ordinateur!**

La transformée de Fourier est un outil extrêmement employé en traitement du signal. Lorsque l'on parle du spectre d'un signal, on entend souvent par là le "spectre de puissance" et l'on s'intéresse en premier lieu à son module. Ce TP vise à mieux comprendre la signification de la phase dans le spectre.

## Partie 1: Modifier la phase dans la Transformée de Fourier

1. Importer dans matlab les sons "JH.wav" et "LVB.wav" à l'aide de la fonction "audioread". Pour cela, placer ces fichiers dans le répertoire courant. Afficher ces signaux en fonction d'un vecteur temps à définir.
2. Calculer la transformée de Fourier  $X(\nu)$  des 2 signaux, à l'aide de la fonction "fft", avec un nombre de points fréquentiels  $N$  égal à leur longueur totale. Créer un vecteur de  $N$  points fréquentiels régulièrement répartis entre 0 et  $F_e$  ( $F_e$  non-compris). Puis afficher les modules et phases des deux spectres (fonctions "abs" et "angle"). Comment serait-on tenté de qualifier les signaux de phase?
3. Nous proposons désormais de modifier la phase des spectres sans modifier leurs modules. Construire pour cela deux vecteurs aléatoires de loi uniforme sur  $[0, 2\pi]$  (fonction "rand"). Afin que les spectres correspondent à des signaux réels, veuillez à respecter la symétrie hermitienne du spectre:  $\forall \nu \in [0, 1], X(1 - \nu) = \bar{X}(\nu)$   
Construire deux spectres ayant les modules initiaux et les signaux de phase ainsi créés.
4. Calculer les signaux correspondant à ces deux spectres (fonction "ifft"). Si la symétrie hermitienne a été respectée, ces signaux doivent être réels (cf cours). Les comparer avec les signaux d'origine. Quel est l'effet de la modification de phase sur l'audio (on écouterait pour cela les sons d'origine et les sons créés à l'aide de la fonction "sound")? Que signifient les initiales dans le nom des fichiers audio?
5. Dans les filtres audio (par exemple equaliser des chaîne Hi-Fi), pour éviter de distordre la phase d'un signal, on applique un même retard à toutes les composantes fréquentielles. En déduire la propriété que doit vérifier la phase de tels filtres?

## Partie 2: Modifier le module dans la Transformée de Fourier

1. Afin de percevoir l'information uniquement contenue dans la phase, on propose de conserver la phase des deux spectres (spectres des signaux "JH.wav" et "LVB.wav" calculés précédemment) et de leur imposer un module constant.  
Pour cela construire deux vecteurs égaux à 1, de même taille que les spectres (à l'aide de la fonction "ones"). Construire deux spectres ayant les phases initiales et les modules ainsi créés.
2. Calculer les signaux (réels...) correspondant à ces deux spectres (fonction "ifft"), et comparer avec les signaux d'origine. Ecouter les sons à l'aide de la fonction "sound". Conclure.

## Partie 3: Mélanger les informations contenues dans deux signaux audio

1. Les spectres des signaux initiaux ont la même taille. Créer deux nouveaux spectres en conservant les vecteurs de modules et échangeant les vecteurs de phases.
2. Calculer les signaux (réels...) correspondant à ces deux spectres (fonction "ifft"), et comparer avec les signaux d'origine. Ecouter les sons à l'aide de la fonction "sound". Conclure.

Cette technique est utilisée dans le traitement du signal audio notamment dans les vocodeurs de phase: le signal musical est découpé en trames courtes (quelques dizaines à centaines de ms). Leur transformées de Fourier sont calculées à l'aide de l'algorithme "fft". Pour chaque trame, la phase du spectre est modifiée, par exemple échangée avec la phase d'un autre spectre. Cet effet audio permet de mélanger l'information contenue dans deux signaux distincts.