

# Temps-fréquence instantané

## TP Matlab

Thomas Oberlin

ENSEEIH 3EN TSI

Octobre 2018

### 1 Introduction

Ce TP a pour but de tester l'une des méthodes présentées dans ce cours : décomposition en modes empiriques, réallocation, segmentation par ridges temps-fréquence, etc. Vous choisirez l'une de ces techniques et l'appliquerez aux signaux gravitationnels détectés récemment et disponibles en ligne. Ces signaux sont présentés dans la section suivante, ainsi que quelques consignes pour chaque technique.

L'évaluation de ce cours se fera sur les résultats de ce TP, et grâce à une présentation orale. Les consignes précises sont résumées ci-dessous :

- ◇ Travail en binôme, pendant 4 séances
- ◇ Choix d'une méthode, implémentation et tests sur plusieurs signaux : un signal synthétique que vous générerez, un signal gravitationnel, et (facultatif) un autre type de signal (audio, vibratoire, médical). On essaiera de réaliser suffisamment de tests dans différentes conditions pour illustrer les avantages et les limites de la méthode choisie.
- ◇ Rendu : un code Matlab commenté, avec une démo qui fonctionne, à m'envoyer par email au plus tard le 19/10 au soir (thomas.oberlin@enseeiht.fr).
- ◇ Présentation orale le 22/10 10h15 en A201 : 5 minutes de présentation et 5 minutes de questions. Sans rentrer trop dans les détails, on expliquera le travail réalisé, on montrera des résultats et on tirera un petit bilan.

### 2 Signaux d'ondes gravitationnelles

Les projets LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) et Virgo ont été lancés il y a une trentaine d'années pour détecter des ondes gravitationnelles. Le principe consiste à mesurer, au moyen d'un interféromètre de Michelson, la distorsion de l'espace-temps causée par le passage d'une onde gravitationnelle. De telles ondes sont générées par des événements cosmiques très énergétiques, en l'occurrence, pour les instruments actuels, la fusion de deux trous noirs. LIGO a détecté pour la première fois une onde gravitationnelle le 14 septembre 2015, ce qui a valu à ses fondateurs le prix Nobel de physique en 2017. Pour plus d'informations sur les détecteurs on pourra consulter la page Wikipédia en Français de Virgo [https://fr.wikipedia.org/wiki/Virgo\\_\(interféromètre\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Virgo_(interféromètre)).

Les données correspondant aux différentes détections sont disponibles à <https://losc.ligo.org/events/>. Pour un rapide aperçu des pré-traitements et traitements possibles, on pourra consulter le tutoriel [https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/GW150914\\_tutorial.html](https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/GW150914_tutorial.html). On pourra ensuite utiliser les données obtenues après pré-processing, par exemple <https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/P150914/fig1-observed-H.txt>. Si le temps le permet, on pourra ensuite considérer des données brutes, qu'il faudra traiter entièrement.

## 3 Méthodes à implémenter (au choix)

### 3.1 Ensemble Empirical Mode Decomposition

Un code calculant l'EMD est disponible librement par le lien [http://perso.ens-lyon.fr/patrick.flandrin/pack\\_emd.zip](http://perso.ens-lyon.fr/patrick.flandrin/pack_emd.zip). Mais à cause du mode-mixing l'EMD simple ne donnera pas de résultats satisfaisants. Il faudra utiliser et coder l'EMD d'ensemble ou une de ses variantes, décrite par exemple dans [1]. Le principe consiste à réaliser plusieurs EMDs du signal auquel on aura ajouté un bruit blanc, puis à moyenner ces réalisations. On étudiera en particulier l'influence de la puissance du bruit et du nombre de réalisations. Si le temps le permet, essayer de représenter le spectre de Hilbert des différents modes obtenus.

### 3.2 Méthodes temps-fréquence ou temps-échelle

On choisira une des techniques suivantes :

1. Réallocation ou synchrosqueezing en ondelettes : le travail consistera à implémenter le calcul des opérateurs de réallocation, et tester la réallocation et/ou le SynchroSqueezing. On pourra pour cela partir du code disponible à <http://oberlin.perso.enseeiht.fr/files/cwt.zip>.
2. Segmentation par ridges : on implémentera un détecteur de ridges (au moyen par exemple de la fonction Matlab *contourc*), et on testera une ou plusieurs reconstructions locales autour de ces ridges. On utilisera un code existant pour le calcul de la TFCT et de son inverse, disponible à <http://oberlin.perso.enseeiht.fr/files/stfft.zip>.
3. Segmentation par zeros : on utilisera la triangulation de Delaunay. On s'aidera du code développé par P. Flandrin pour construire les domaines dans le plan TF, à télécharger depuis [http://rsta.royalsocietypublishing.org/highwire/filestream/37893/field\\_highwire\\_adjunct\\_files/3/rsta20150205supp4.zip](http://rsta.royalsocietypublishing.org/highwire/filestream/37893/field_highwire_adjunct_files/3/rsta20150205supp4.zip). Noter que ce code a besoin de la time-frequency Toolbox <http://tftb.nongnu.org/>.

Pour les deux dernières techniques, ne pas hésiter à se référer à l'article [2] disponible à <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/374/2065/20150205.full>.

## Références

- [1] Colominas, M. A., Schlotthauer, G., and Torres, M. E. (2014). “Improved complete ensemble EMD : A suitable tool for biomedical signal processing”. *Biomedical Signal Processing and Control*, 14, 19-29.
- [2] Meignen, S., Oberlin, T., Depalle, P., Flandrin, P., and McLaughlin, S. “Adaptive multi-mode signal reconstruction from time–frequency representations”. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 374(2065), 2016.