

# Functionnal data analysis applied to neurology

Clément Bonvoisin, Pierre Ludmann

CMLA (ENS Cachan), Cognac-G (Paris V)

09/04/2014

# Plan

- 1 Familiarisation avec le problème
- 2 Approche par fenêtres
- 3 Algorithme CUSUM

- 1 Familiarisation avec le problème
  - Protocole expérimental
  - Visualisation des données
- 2 Approche par fenêtres
- 3 Algorithme CUSUM

## Trajet du patient :

- environ 6 secondes à l'arrêt
- marche sur 10 mètres
- demi-tour
- marche sur 10 mètres

## Capture des signaux par deux centrales inertielles :

- fixées à la ceinture et au pied droit
- accélérations et vitesses angulaires
- enregistrées à 20 Hz
- replacées dans le référentiel  
(antéro-postérieure, medio-latérale, verticale)

Fichiers sous extension .txt ou .csv

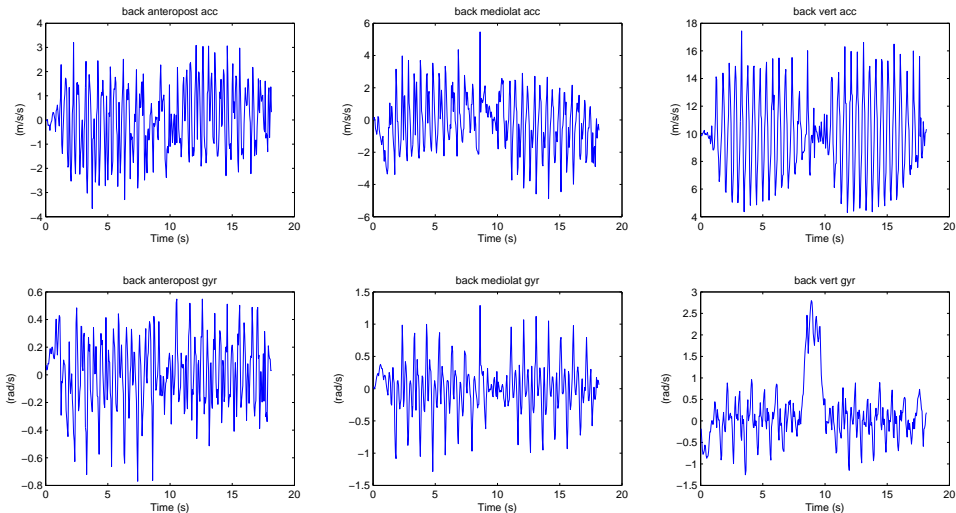
- Besoin de procédures pour importer au format .mat

Fonction d'affichage

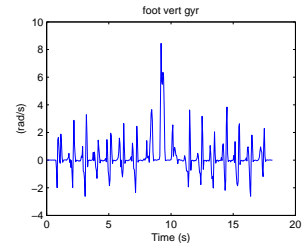
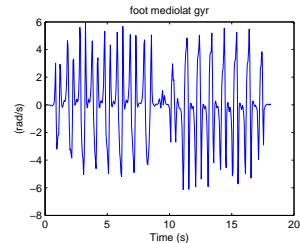
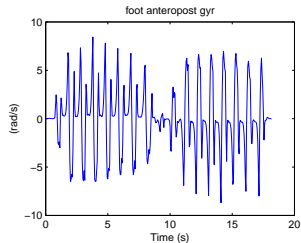
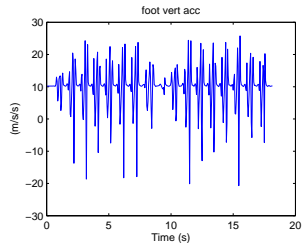
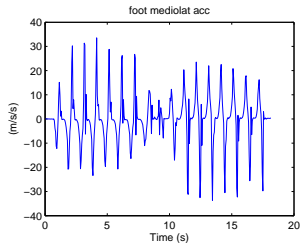
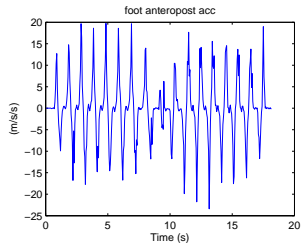
- Les différentes phases sont visibles sans besoin de modification

⇒ La segmentation automatique doit être rapide et précise, au moins autant que l'œil

# Exemple d'aquisition d'un capteur fixé à la ceinture



# Exemple d'aquisition d'un capteur fixé au pied



- 1 Familiarisation avec le problème
- 2 Approche par fenêtres
  - Avec Fourier
  - Avec des statistiques
- 3 Algorithme CUSUM



**Biblio** *Classification of periodic activities using the Wasserstein distance*, L. Oudre, J. Jakubowicz, P. Bianchi, C. Simon

**Spectre** des fréquences de 0.5 à 5 Hz d'une fenêtre du signal

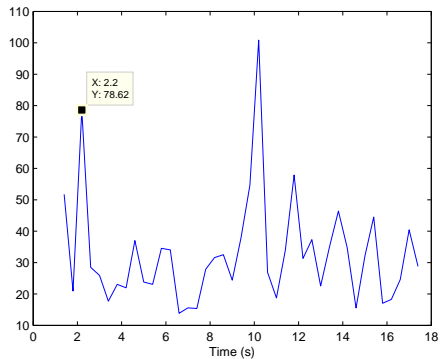
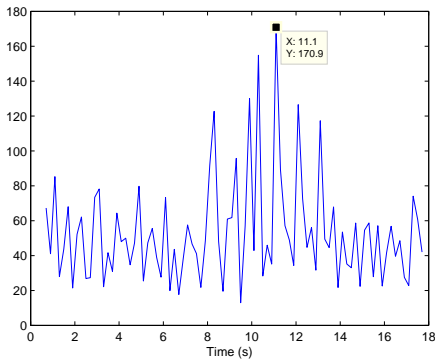
**Distance** de Wasserstein moins sensible aux décalages, utilisé dans le traitement de l'image et du son

$$d_W(g, h) = \int_0^\pi \left| \int_0^x g(t) - h(t) dt \right| dx$$

**Distance** point à point

$$d(x, y) = d_W\left(\frac{x}{\|x\|_1}, \frac{y}{\|y\|_1}\right) + \mu \cdot \left| \|x\|_1 - \|y\|_1 \right|$$

# Application sur les vitesses angulaires à la ceinture : fenêtres de 16 et 32 échantillons, recouvrement de 75%

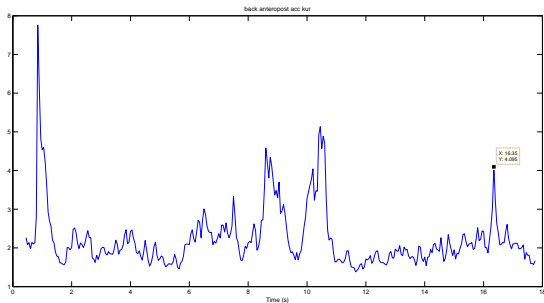
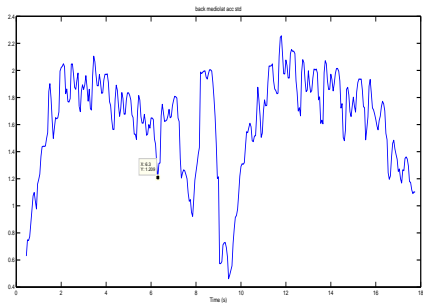
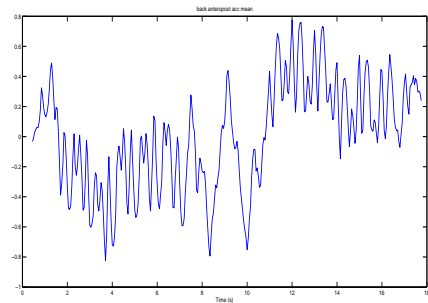


Beaucoup d'extracteurs proposés dans la littérature :

- moyennes de  $a_{ML} + a_V$ ,  $a_{AP}$  et  $a_V$  ;
- écarts-type de  $a_{AP} + a_V$  et  $a_{ML}$  ;
- médiane de  $a_V$  ;
- 95-quantile de  $a_{ML}$  ; etc

Bons résultats avec le kurtosis

Taille des fenêtres problématiques : compromis précision/lissage,  
difficile à moins de 100 Hz



- 1 Familiarisation avec le problème
- 2 Approche par fenêtres
- 3 Algorithme CUSUM
  - Fonctionnement
  - Premiers résultats

**Biblio** *Detection of Abrupt Changes : Theory and Application*,  
M. Basseville, I. V. Nikiforov (1993)

**Proposé** par E. S. Page en 1954

**Basé** sur des maxima de vraisemblance estimée

$$\tilde{\Lambda}_1^N(k) = \inf_{\tilde{\theta}_0} \sup_{\theta_0} \sup_{\theta_1} \ln \left[ \frac{\prod_{i=1}^{k-1} p_{\theta_0}(y_i) \cdot \prod_{i=k}^N p_{\theta_0}(y_i)}{\prod_{i=1}^N p_{\tilde{\theta}_0}(y_i)} \right]$$

$$\hat{t}_0 = \arg \max_{1 \leq k \leq N} \tilde{\Lambda}_1^N(k)$$

**Hypothèse** de signaux indépendants sous loi normale

**Utilisé** sur la norme des accélérations et la rotation par dichotomie

