



**HAL**  
open science

# Décomposition automatique d'un enregistrement de 12 heures sur une marche "Roanne - Thiers" de 57 km en différentes portions

Frédéric Bonnardot

► **To cite this version:**

Frédéric Bonnardot. Décomposition automatique d'un enregistrement de 12 heures sur une marche "Roanne - Thiers" de 57 km en différentes portions. CNRIUT 2023 Saint Pierre - La Réunion, IUT de Saint Pierre, Jun 2023, Saint Pierre (La Réunion), La Réunion. hal-04326671

**HAL Id: hal-04326671**

**<https://hal.science/hal-04326671v1>**

Submitted on 6 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Décomposition automatique d'un enregistrement de 12 heures sur une marche "Roanne - Thiers" de 57 km en différentes portions

---

Frédéric Bonnardot<sup>1</sup> Sylvie Bigouraux Nabih Nejjar<sup>1</sup>

frederic.bonnardot@univ-st-etienne.fr

<sup>1</sup> Univ Lyon, UJM Saint Etienne, LASPI, EA 3059  
F-42334, IUT de Roanne, France

**THÈMES** – *Santé - Informatique*

**RÉSUMÉ** – *L'objectif de cet article est de décomposer un signal de marche de 12 h en différentes portions (ayant une forme similaire) et de reconnaître les différentes formes de foulées dans le signal. Une première partie présente le signal de marche : son acquisition et un prétraitement visant à compenser les fluctuations de vitesse. Une seconde partie explique comment former des groupes de foulées consécutives identiques. Une troisième partie montre comment identifier parmi tous ces groupes différentes foulées ayant une forme similaire et les étiqueter. Enfin, une interprétation des résultats montre qu'il existe un lien entre deux formes identifiées et le profil altimétrique.*

**MOTS-CLÉS** – *Analyse de la marche, Cyclostationnarité, Partitionnement*

## 1 Introduction

Les signaux de marche sont cycliques. Il est possible d'exploiter cette propriété en utilisant les outils cyclostationnaires pour détecter des informations telle que la fatigue [1]. Généralement l'analyse est faite sur des signaux courts (quelques minutes). Notre article s'intéresse aux signaux de marche de très longue durée enregistrés en continu (11h48 dans notre cas). Ce type de signal est cyclique, mais, les conditions de marche (pente, vitesse, ...) ne peuvent plus être considérées comme constantes. Ainsi, il est proposé de considérer que chacune de ces conditions engendre un processus cyclostationnaire particulier pour chaque foulée, le signal associé à une foulée est alors une réalisation d'un de ces processus. Cette soumission propose une solution pour trouver le motif associé à chacun des processus et de le localiser dans le signal.

## 2 Le signal de marche

Le signal a été enregistré à l'aide d'une application développée pour les téléphones de type Android présentée dans [2]. Cette application enregistre toutes les 4 ms les vibrations perçues par le capteur accélérométrique du téléphone.

La figure 1 montre le signal découpé en tranches superposées. On peut voir sur cette figure l'apparition d'un motif associé à la pose du pied au sol (5 motifs par tranche). Les motifs ne sont pas alignés d'une tranche à l'autre à cause de la fluctuation de la vitesse de marche.

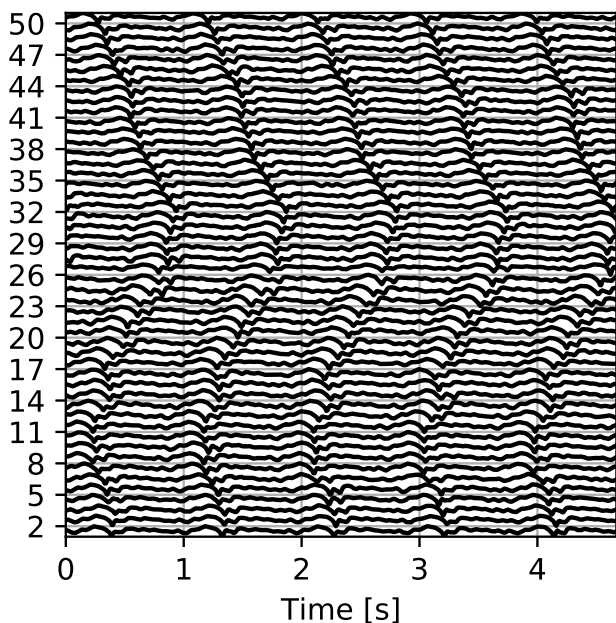


FIGURE 1 – Superposition de tranches du signal.

Afin de tirer partie du caractère répétitif de ce signal,

nous l'avons ré-échantillonné en détectant la position des motifs associés à chaque pas et en venant dilater ce signal (interpolation) afin d'aligner ces motifs (plus de détails dans [3]). La figure 2 montre le résultat (les lignes sont espacées de 160 foulées pour montrer la qualité du ré-échantillonnage). L'axe des abscisses n'est plus un temps mais un "cycle" ( $2\pi$  par foulée).

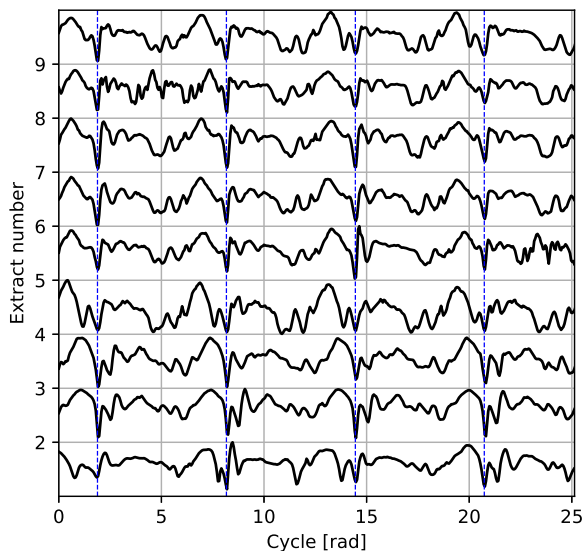


FIGURE 2 – Après ré-échantillonnage (chaque ligne est espacée de 160 foulées).

## 3 Regroupement de foulées

Au vu de la durée de la marche, de l'évolution du profil, des différences sont susceptible d'apparaître sur la forme du signal  $y_k(\theta_n)$  associé à une  $k^{ieme}$  foulée.

Sur la figure précédente, nous pouvons voir des motifs qui se ressemblent. Il apparait alors intéressant d'identifier des groupes de motifs similaires durant cette marche. Pour cela,

- la ressemblance entre la  $k^{ieme}$  foulée et sa voisine est évaluée par la quantité  $d_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (y_k(\theta_n) - y_{k+1}(\theta_n))^2$  qui caractérise l'écart entre les deux foulées,
- des groupes sont formés en cherchant les foulées successives qui sont proches les unes des autres ( $d_k < \text{seuil}$ ),
- les groupes ne contenant pas un nombre significatif de foulées sont éliminés.

On obtient alors une série de groupes contenant chacun un ensemble de foulées successives proches.

Afin de caractériser chaque groupe, nous calculons le motif moyen obtenu en superposant chaque foulée du

groupe à la manière de la figure 2 et en réalisant une moyenne verticale appelée moyenne synchrone [4].

#### 4 Recherche des groupes similaires

Afin de pouvoir identifier les groupes similaires, nous allons rechercher à trouver les groupes dont les motifs moyens sont similaires. Il s'agit d'un problème de partitionnement de donnée (clustering).

Cette identification des groupes similaire a été réalisée par des outils en classiques suivant deux étapes.

La première étape est une Analyse En Composante Principale qui permet de résumer chaque motif moyen en quelques valeurs synthétiques. La transformation utilisée est identique pour tous les motifs.

Si l'on réduit ainsi chaque motif moyen en trois caractéristiques, il est possible de représenter chaque motif par un point comme illustré sur la figure 3.

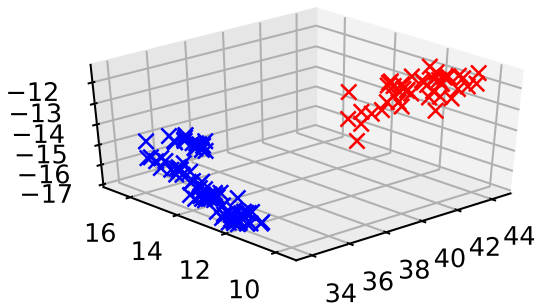


FIGURE 3 – Résultat de la PCA et DBSCAN.

On peut alors clairement distinguer deux groupes correspondant à deux "portions" ou type de motifs différents. Cette séparation visuelle peut être faite automatiquement par l'algorithme de partitionnement DBSCAN qui a identifié un groupe bleu et un groupe rouge.

A ce stade le signal a été découpé en groupes de plusieurs foulées similaires, chacun de ces groupes a été étiqueté comme appartenant à l'un des deux types de forme de foulée identifié.

#### 5 Interprétation

Le profil altimétrique est montré sur la figure 4. Tous les 250 cycles, le nombre de cycles proche du motif rouge et du motif bleu sont calculés et représentés sur la figure avec un rectangle rouge et bleu. L'épaisseur de ces rectangles représente le nombre de cycles.

Une étude du profil altimétrique montre que la plupart du temps, lorsque l'on fait une ascension, le 2ème motif prédomine. Une descente est plutôt associée au premier motif. Il y a une exception lors du premier des deux kilomètres où le premier motif est plutôt utilisé. Il s'agit du départ parmi

les 1557 participants où il était difficile de marcher rapidement.

Ces observations montrent qu'il est possible de séparer le signal en 2 processus liés la plupart du temps à la pente.

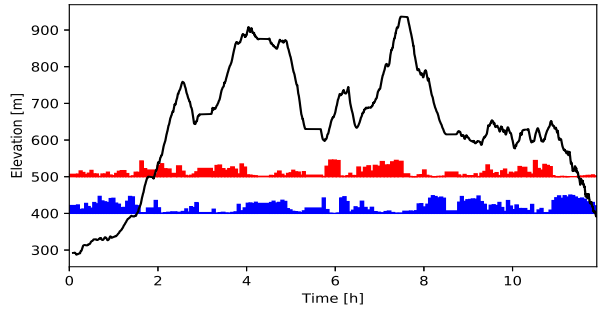


FIGURE 4 – Profil altimétrique et répartition des motifs.

#### 6 Conclusions

Cet article c'est intéressé au découpage d'un signal cyclique d'une longue marche en plusieurs portions associées à une forme (motif) similaire. En analysant ces portions, il a été possible de distinguer deux types de formes caractéristiques dans ce signal et d'étiqueter les portions associées.

Il s'agit d'une première étude. L'intérêt d'un tel système est de trier des données acquises par le capteur accélérométrique d'un téléphone afin de localiser les différentes zones d'intérêt dans le signal et de les regrouper par similitude.

#### 7 Remerciements

L'auteur remercie Sylvie Bigouraux qui a marché sur la "Roanne Thiers" avec lui et lui a fourni les signaux.

#### Références

- [1] K. Sabri, M. El Badaoui, F. Guillet, A. Belli, G. Millet, J.B. Morin, "Cyclostationary modelling of ground reaction force signals," *Signal Processing*, vol. 90, pp. 1146–1152, April 2010.
- [2] Frédéric Bonnardot, Benoit Jullien, Sandrine Bayet, Nicolas Doctobre, *Analyse vibratoire avec un téléphone portable pour découvrir la recherche en classe de CM1 - CM2*, CNRIUT'2022 Roanne, Jun 9-10, 2022
- [3] Frédéric Bonnardot, *Technique de synchronisation de signaux de marche*, CNRIUT'2019 Toulon, Jun 6-7, 2019
- [4] Frédéric Bonnardot, Mohamed El Badaoui, François Guillet, *Analyse vibratoire : approche cyclostationnaire et déterministe*, CNRIUT'2002 Le Creusot, 2002