

# **Mini-Projet TMA**

## Analyse et Nettoyage d'un Signal ECG

**Réalisé par :**

fatimetou souvi  
Matricule : 24244

oum kelthoum el hasen  
Matricule : 24115

Encadrant : Dr. EL BENANY Med Mahmoud  
Année universitaire : 2025–2026  
Institut Supérieur du Numérique (SupNum)

# 1 Introduction

Dans le cadre du module TMA (Traitement des Signaux et Applications), nous avons étudié un signal ECG provenant d'une montre connectée de nouvelle génération.

Un ECG (ÉlectroCardioGramme) représente l'activité électrique du cœur. Il permet d'identifier les battements cardiaques et de détecter d'éventuelles anomalies.

Cependant, le signal analysé contient :

- Un bruit musculaire haute fréquence (EMG)
- Une dérive lente causée par la respiration

L'objectif de ce projet est de nettoyer ce signal afin d'isoler le complexe QRS et de calculer correctement la fréquence cardiaque.

## 2 Analyse Temporelle

La première étape consiste à observer le signal brut dans le domaine temporel.

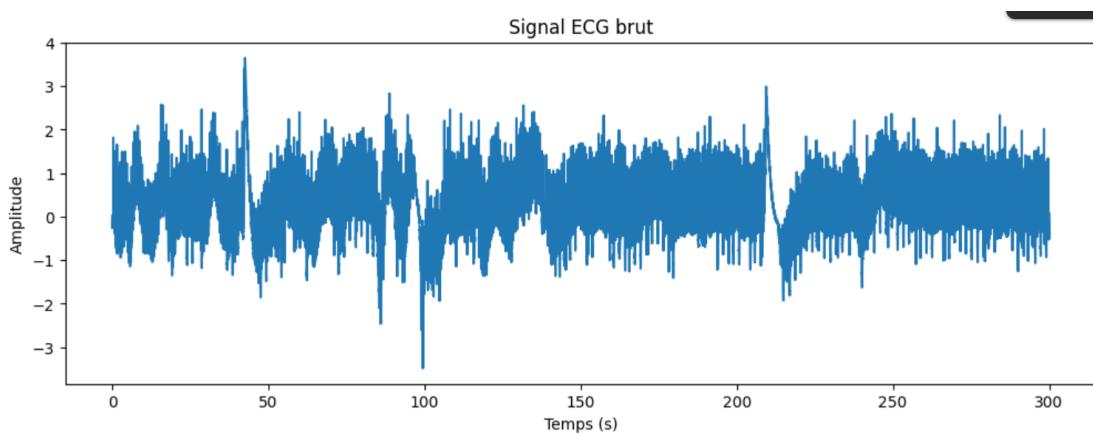


FIGURE 1 – Signal ECG brut

On observe :

- Une forte présence de bruit haute fréquence
- Une ligne de base instable
- Des pics correspondant aux complexes QRS

Le signal n'est pas exploitable directement.

## 3 Analyse Fréquentielle (FFT)

Nous avons appliqué la Transformée de Fourier (FFT) afin d'identifier la répartition des fréquences.

Observations :

- Pic important proche de 0 Hz : dérive lente (respiration)
- Énergie principale entre 0.5 Hz et 20 Hz : activité cardiaque
- Composantes supérieures à 20 Hz : bruit musculaire

Cette analyse justifie le choix des filtres utilisés.

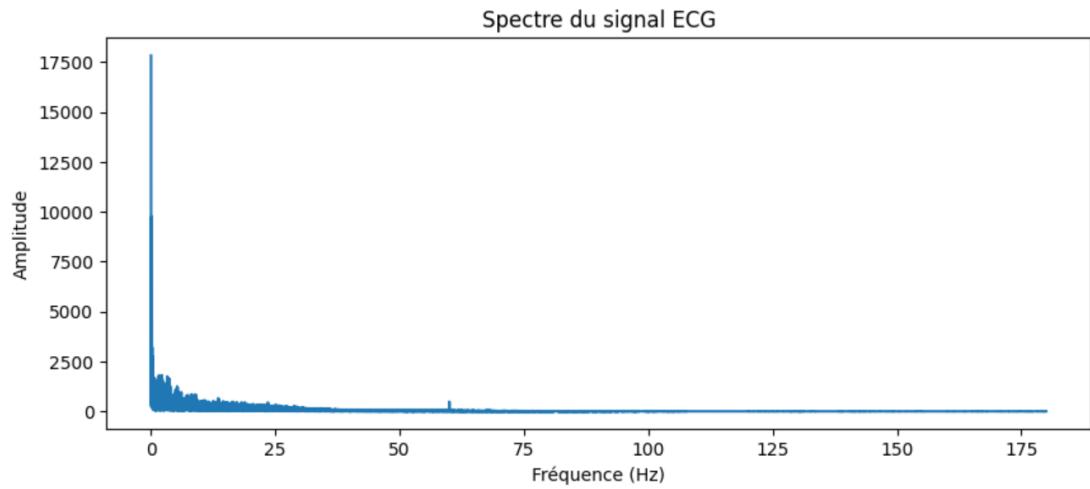


FIGURE 2 – Spectre fréquentiel du signal ECG

## 4 Filtrage du Signal

### 4.1 Filtre Passe-Haut

Un filtre passe-haut à 0.5 Hz a été appliqué pour supprimer la dérive lente due à la respiration.

### 4.2 Filtre Passe-Bas

Un filtre passe-bas à 25 Hz a été utilisé pour éliminer le bruit musculaire haute fréquence.

## 5 Comparaison Avant / Après Filtrage

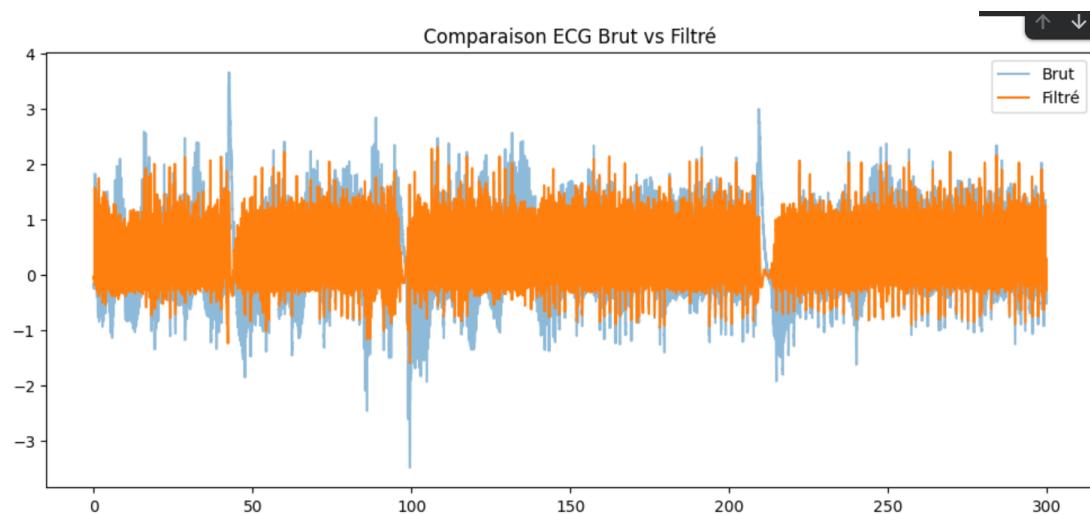


FIGURE 3 – Comparaison ECG brut vs ECG filtré

Après filtrage :

- La ligne de base est stabilisée
- Le bruit haute fréquence est réduit
- Les complexes QRS deviennent plus visibles

## 6 Détection des Complexes QRS

La détection des pics a été réalisée à l'aide de la fonction `find_peaks()`.

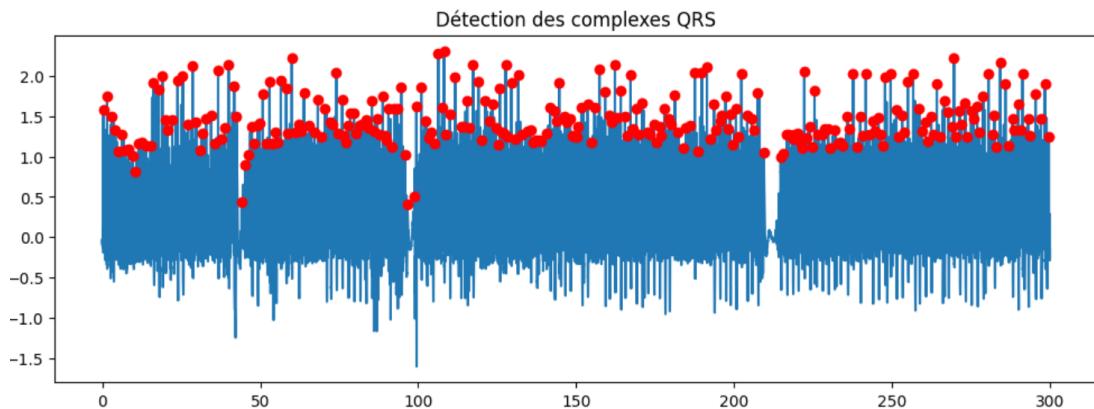


FIGURE 4 – Détection des complexes QRS

Les points rouges indiquent les battements cardiaques détectés.

## 7 Calcul de la Fréquence Cardiaque

La fréquence cardiaque moyenne est calculée à partir des intervalles RR :

$$\text{Fréquence cardiaque} = \frac{60}{\text{Intervalle RR moyen}}$$

Le résultat obtenu est :

$$\approx 60.9 \text{ bpm}$$

Ce résultat correspond à un rythme cardiaque normal au repos.

## 8 Conclusion

Ce projet nous a permis :

- D'analyser un signal ECG dans le domaine temporel et fréquentiel
- De concevoir des filtres numériques adaptés
- D'isoler le complexe QRS
- De calculer la fréquence cardiaque moyenne

Le signal filtré est désormais exploitable pour une analyse médicale fiable.

## 9 Mission : Capture et Analyse Spectrale

### 9.1 Objectif du Défi

L'objectif de ce défi est d'enregistrer un signal vocal d'environ cinq secondes, d'analyser son contenu fréquentiel à l'aide de la Transformée de Fourier Rapide (FFT), puis d'identifier la fréquence fondamentale (pitch). Une comparaison entre deux enregistrements (AR et KR) est réalisée afin d'étudier les différences spectrales entre deux voix.

### 9.2 Principe Théorique

La voix humaine est un signal périodique produit par la vibration des cordes vocales. Elle est caractérisée par :

- Une fréquence fondamentale (pitch)
- Des harmoniques (multiples de la fréquence fondamentale)
- Une distribution d'énergie variable selon le timbre

La Transformée de Fourier permet de passer du domaine temporel au domaine fréquentiel afin d'identifier ces composantes.

### 9.3 Méthodologie

Deux enregistrements distincts ont été réalisés :

- AR
- KR

Chaque signal a été traité de la manière suivante :

1. Acquisition du signal vocal
2. Application de la FFT
3. Extraction de la fréquence fondamentale
4. Superposition des spectres

Les fréquences fondamentales obtenues sont :

- AR : 66.47 Hz
- KR : 100.6 Hz

### 9.4 Comparaison Spectrale

L'analyse du graphique met en évidence :

- Un pic dominant à 66 Hz pour AR.
- Un pic dominant à 100 Hz pour KR.
- La présence d'harmoniques aux multiples des fréquences fondamentales.
- Une énergie plus importante dans les hautes fréquences pour KR.

La fréquence fondamentale étant plus basse pour AR, sa voix est donc plus grave que celle de KR.

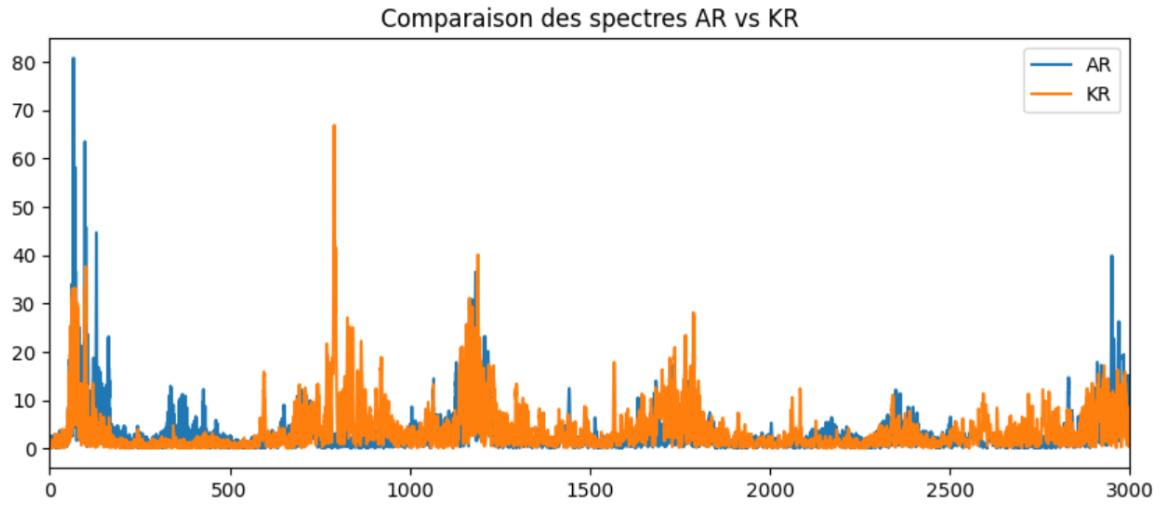


FIGURE 5 – Comparaison des spectres fréquentiels des voix AR et KR

## 9.5 Discussion

Si les deux voix étaient mélangées dans un seul signal, leurs composantes fréquentielles se superposeraient. Certaines fréquences étant communes, la séparation deviendrait complexe.

Des techniques avancées telles que l’Analyse en Composantes Indépendantes (ICA) seraient nécessaires pour séparer les deux sources.

## 9.6 Conclusion

Ce défi nous a permis de :

- Enregistrer et analyser un signal vocal réel
- Identifier la fréquence fondamentale de deux voix
- Comparer leurs caractéristiques spectrales
- Comprendre la difficulté de séparation de sources mélangées

La fréquence fondamentale est directement liée à la hauteur de la voix, tandis que la distribution des harmoniques influence le timbre.