**Traitement de signaux ECG**

AMET Thomas (N’ayant suivi aucune UE FPGA VHDL)

DEBACKER Lucas (OPE, mais pas l’UE IELEC)

**Objectif du projet :**

L’objectif de ce projet est de concevoir une chaîne de prétraitement pour des signaux ECG bruités, dans le but de faciliter leur interprétation médicale. Le traitement est implémenté numériquement, avec une architecture matérielle simulable sous Vivado, et utilise des filtres numériques FIR et IIR.

Filtre 1 : Suppression de la ligne de base ; Type FIR ; 129 Coefficients

Filtre 2 : élimination du bruit à 50 Hz (Méthode Pei-Tseng) ; Type IIR ; 5 (3 + 2) Coefficients

Filtre 3 : Lissage du bruit à haute fréquence (Filtre Parks-McClellan) ; Type IIR ; 11 Coefficients

Etapes du traitement :

1. Suppression de la ligne de base
   * Filtre FIR passe-haut d’ordre 128
   * Implémentation VHDL : architecture identique au filtrage, coefficients codés sur 11 bits
2. Suppression du bruit secteur (50 Hz)
   * IIR Filtre coupe-bande Pei-Tseng : plus élaboré, à base de rétroaction (feedforward et feedback)
3. Filtrage des hautes fréquences (lissage)
   * Filtre FIR passe-bas
   * Suppression des artefacts haute fréquence post-détection des QRS

Architecture matérielle :

**FSM (Finite State Machine)** :

* Machine de Mealy avec transitions synchronisées à l’arrivée d’un nouvel échantillon.
* États : Wait Sample → Store → Loop FIR\_1 → Loop IIR\_b → Loop IIR\_a → Loop FIR\_2 → Output.
* Gestion des signaux de contrôle comme LoadShift, InitSum, LoadOutput, etc.

**Unité opérative** :

* Basée sur des **registres à décalage** pour mémoriser les échantillons et coefficients.
* Multiplexeurs, sommateurs et multiplications parallèles.
* Adressage contrôlé par un **générateur d’adresse**.

**Intérêt d’utiliser une machine de Mealy ?**

* Synchronisation avec l’entrée du signal ECG en **temps réel**.
* Réduction des ressources matérielles : les états activent séquentiellement les blocs de traitement.
* Permet de **chaîner les traitements** tout en conservant un flux continu d’échantillons.
* Assure le **contrôle du pipeline** de traitement (chaque filtre est activé à un moment précis).

**Amélioration possible :**

On remarque que le premier filtre possède une symétrie, il serait intéressant de calculer la différence de coût, entre le calcul de tous ses coefficients d’une part, et d’autre part le calcul de la moitié des coefficients puis leur inversion.

A des fins d’économie de place et donc d’énergie, nous avons une structure n’utilisant qu’un seul MAC. Les fréquences de traitements étant bien supérieurs à celles nécessaires pour le signal ECG.