MESURE DE LA FREQUENCE CARDIAQUE A L'AIDE D'UNE MONTRE CONNECTEES

WANDAOGO ABIBATOU

Numéro SCEI : 36902

Introduction

Problématique retenue:

L'acquisition du rythme cardiaque lors d'une activité sportive enregistre par les montres connectées lors d'une activité sportif en vue de contrôler son effort et d'optimiser ses performances.

Plan de l'étude

A- Etude de la mise de la forme du signal

a-Présentation du capteur photopléthysmographie

b-Etude du principe et mise en forme

B-Programme python permettant l'atténuation de certains perturbations

a-Atténuation des pertubations à l'aide d'un filtre passe bas

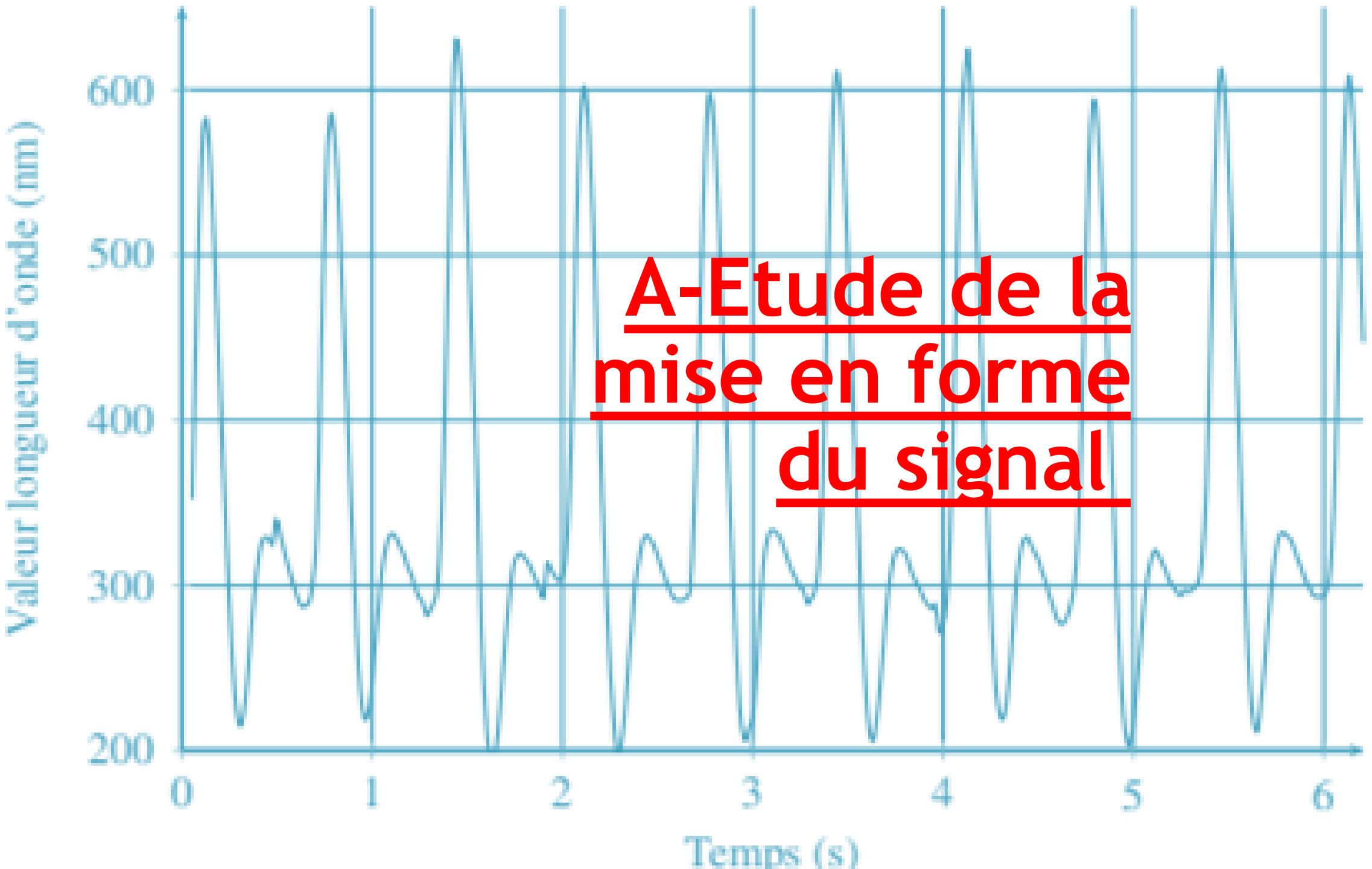
b-Détermination de la fréquence cardiaque en utilisant la récupération des pics puis la Transformée de Fourier discrète

C-Utilisation de la fenêtre de Hann pour réduire certains perturbations

a-Mise en place du problème

b-Correction par la fenêtre de han

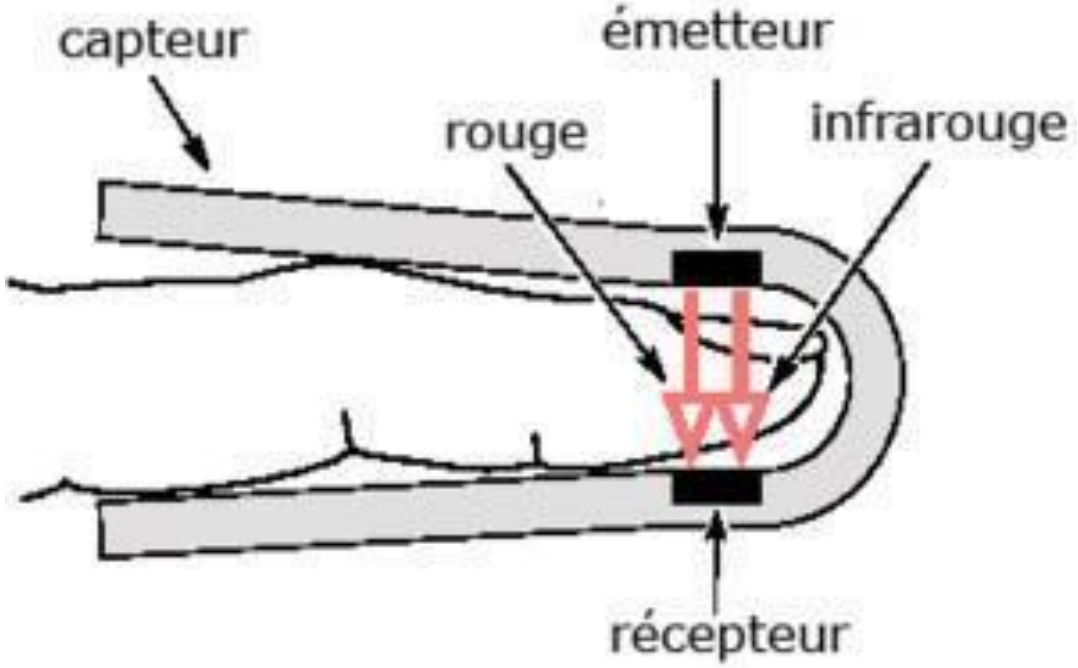
CONCLUSION



A-Etude de la mise en forme du signal

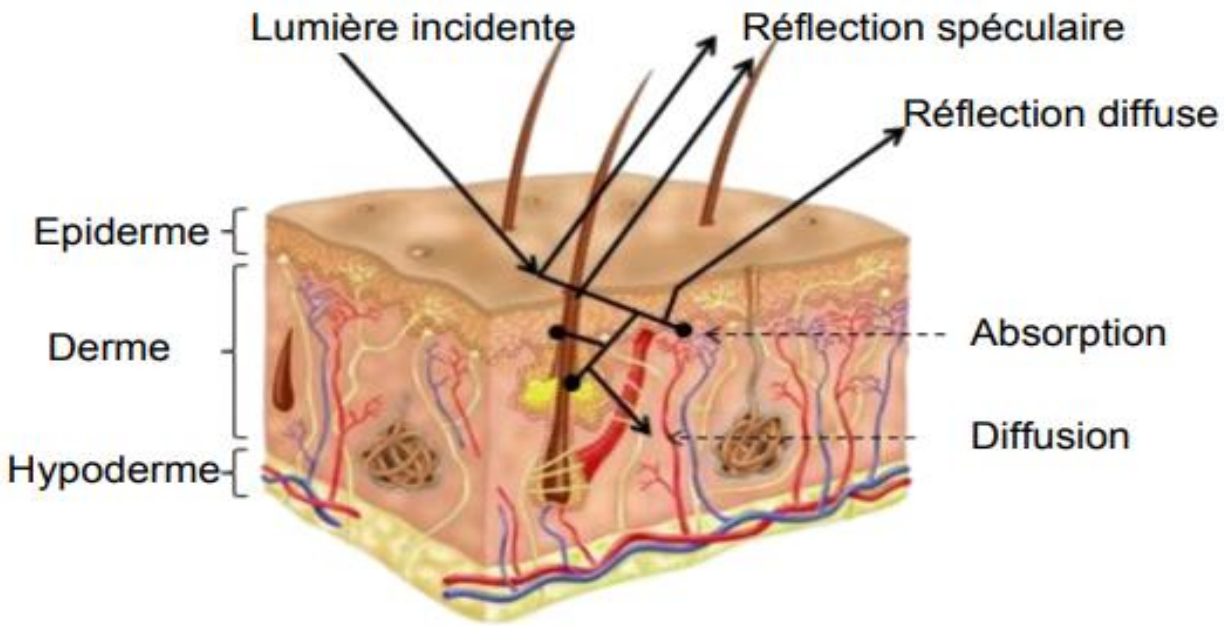
a-Présentation du capteur photoplestimographie

La photopléthysmographie (PPG) est une technique astucieuse qui utilise la lumière pour explorer ce réseau, sans aucune piqûre ni prélèvement sanguin

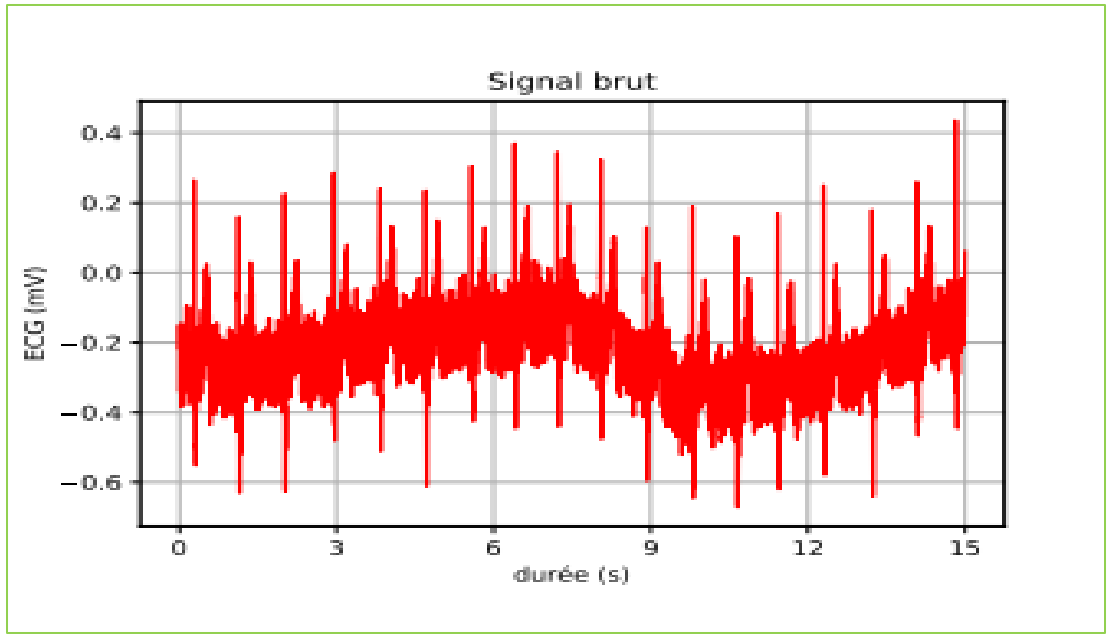


b-Etude du principe et mise en forme

La PPG utilise la lumière pour suivre les variations du flux sanguin, révélant ainsi le rythme cardiaque



On obtient grâce à ce principe le signal suivant ,Le tracer de la valeur longueur d'onde en fonction du temps :



B-Programme python permettant l'atténuation de certains perturbations

a-Atténuation des pertubations a l'aide dun filtre passe ba

Un filtre (analogique) est un dispositif modélisé par une équation différentielle reliant un signal d'entrée e(t) et un signal de sortie s(t).

$$\frac{ds(t)}{dt} + 2\pi f_c\, s(t) = 2\pi f_c\, e(t)$$

En discrétisant l'équation intégrale (2) avec la méthode des trapèzes, on obtient

$$s_{k+1} = s_k + 2\pi f_c \cdot [(t + T_e) - t] \cdot \frac{(e_{k+1} - s_{k+1}) + (e_k - s_k)}{2} = s_k + \pi f_c T_e \cdot (e_{k+1} + e_k - s_k - s_{k+1})$$

En posant

$$G = \pi f_c T_e = \pi \frac{f_c}{f_e},$$

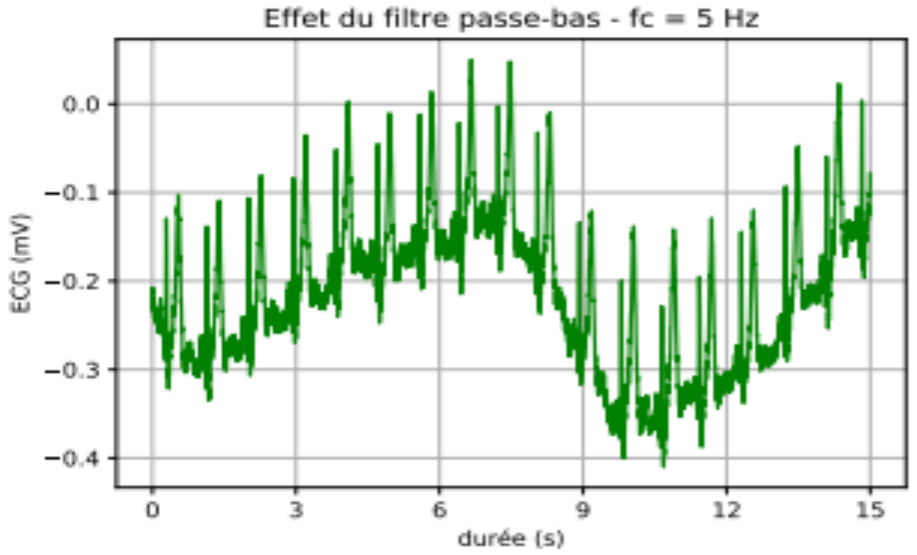
on en déduit que $(1 + G)s_{k+1} = G(e_{k+1} + e_k) + (1 - G)s_k$, c'est-à-dire

$$s_{k+1} = \frac{G}{1+G}(e_{k+1} + e_k) + \frac{1-G}{1+G} s_k.$$

Soit le programme de filtrage suivant:

```
def filtrage(entree, G):
    N = len(entree)
    sortie = np.zeros(N)
    sortie[0] = entree[0]
    for k in range(1, N):
        sortie[k] = ((1-G)*sortie[k-1] + G*(entree[k]+entree[k-1]))/(1+G)
    return sortie
```

En appliquant à ce signal d'entrée le filtre passe-bas pour deux fréquences de coupure distinctes, on récupère les signaux suivants.

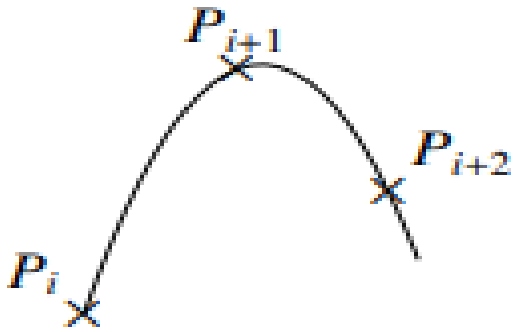


b-Détermination de la fréquence cardiaque en utilisant la récupération des pics puis la Transformée de Fourier discrète

ii-Méthodes des pics

Pour repérer un pic , nous allons prendre trois points de mesures consécutifs Pi ,Pi+1 et Pi+2 déduire la fréquence cardiaque

```
def detectionPics(extSignal, seuil):
    P0, P1, P2 = extSignal[:3]
    i = 1
    while i<len(extSignal)-2 and (P0<seuil or P2<seuil or P1<P0 or P1<P2):
        P0, P1 = P1, P2
        P2 = extSignal[i+2]
        i += 1
    return i
```



ii-Transformée de Fourier discrète

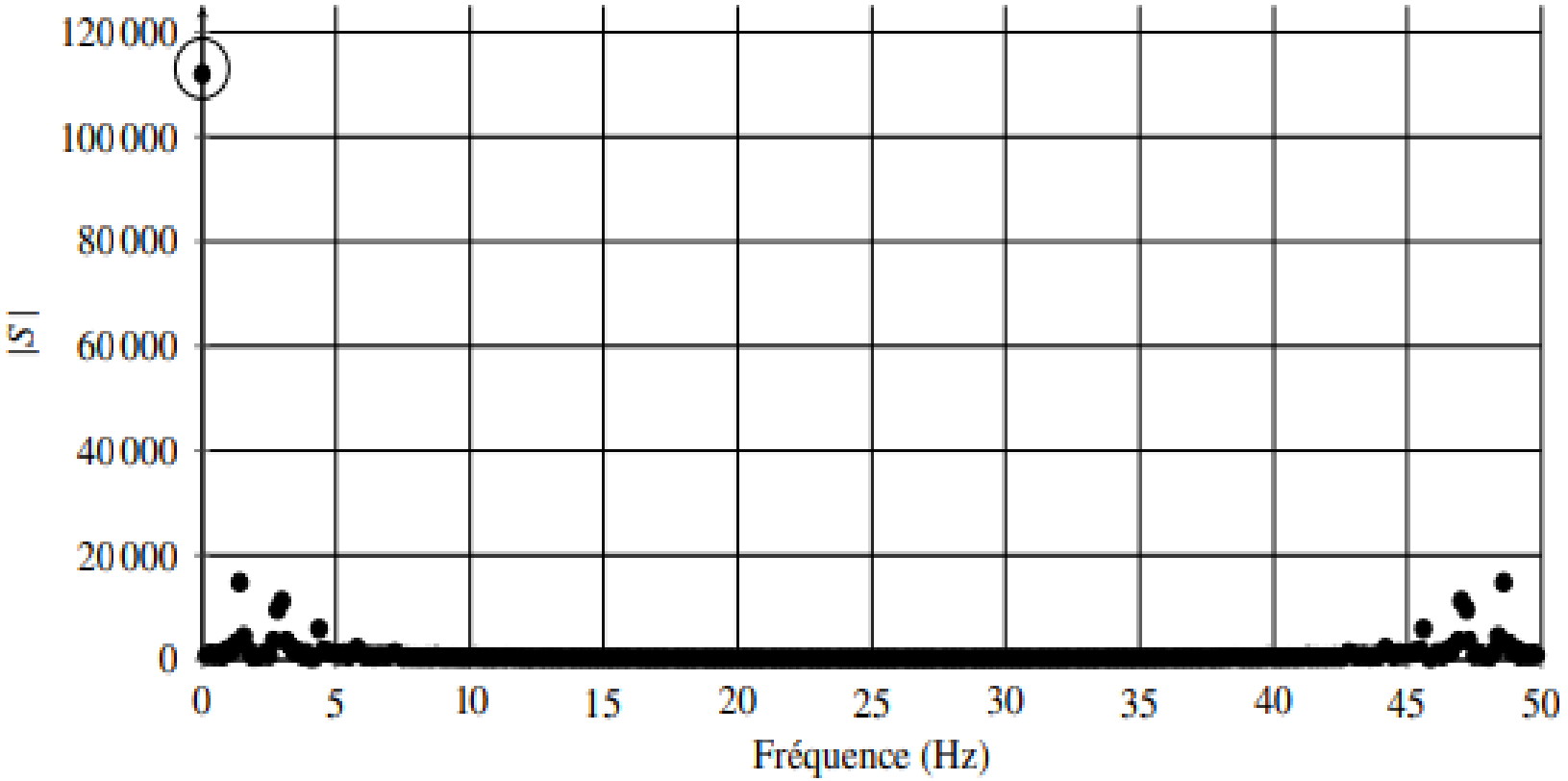
soit un signal s de N échantillons à la fréquence f , noté S(c) est donné par :

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s_n e^{-2i\pi k \frac{n}{N}} \quad \text{pour} \quad 0 \leq k < N.$$

on obtient alors le programme suivant:

```
def TFD(signal, Te):
    N = len(signal)
    r= np.arange(0, 1, 1/N)
    frequences = r/Te
    e = np.exp(-2j*np.pi*r)
    S = [ np.abs(np.sum(signal*e**k)) for k in range(N) ]
    return list(frequences), S
```

nous obtenons le diagramme des fréquences de la figure 2 réalisé avec un temps d'échantillonnage de 0,02 s.



C-Utilisation de la fenêtre de Hann pour reduire l'inflence des valeurs en s'approchant de la fenetre afin d'obtenir une valeur exacte

a-Mise en place du problème

Dans la méthode précédente, on calcule la fréquence cardiaque par application de la TFD à toutes les valeurs contenues dans une fenêtre temporelle de largeur Δt sans traitement sur ces valeurs.

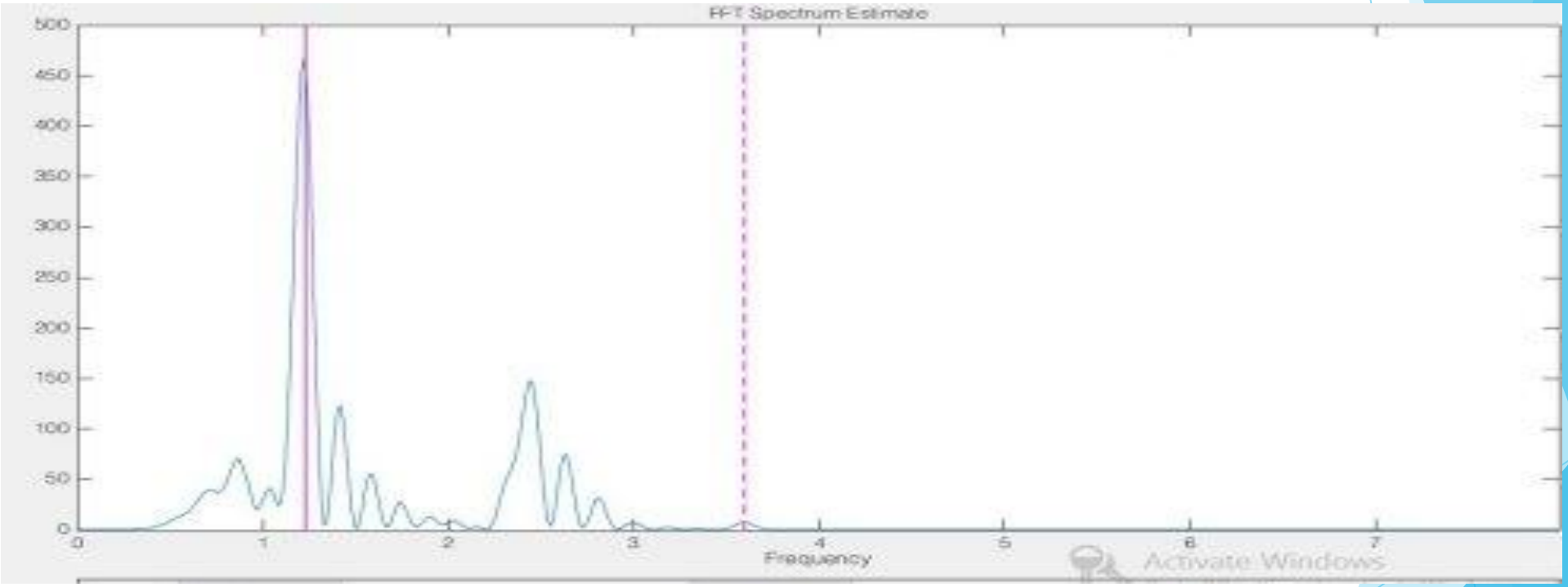
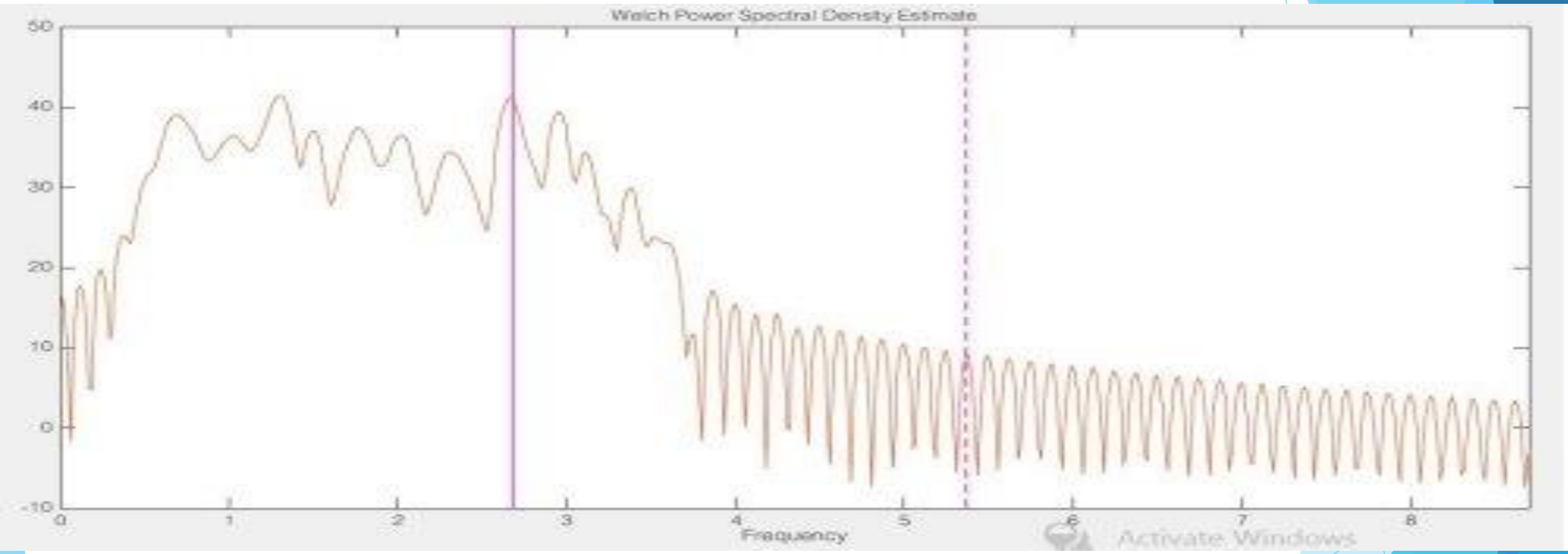
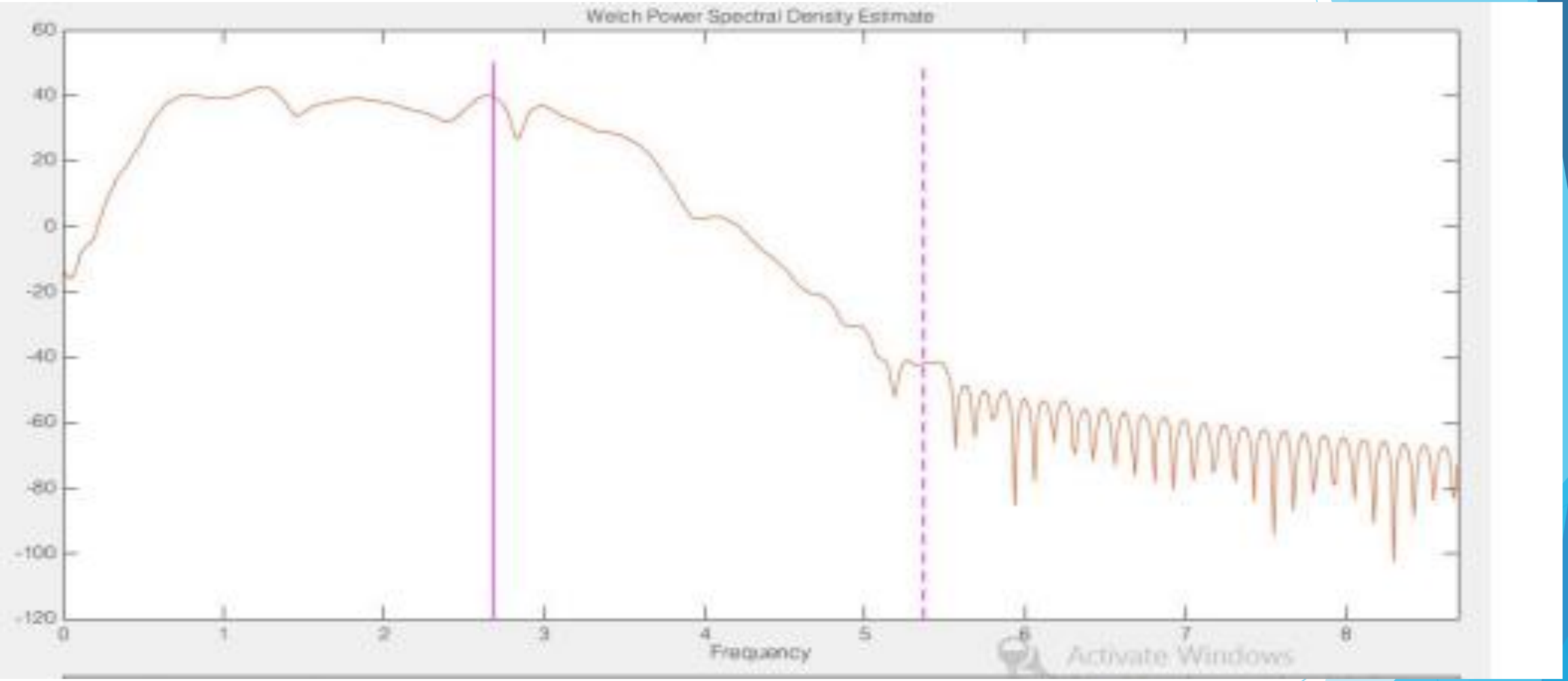


figure1: Spectre du signal PPG d'un sujet au repos, fenêtre rectangulaire, — : fréquence cardiaque, … : troisième harmonique.

A titre de comparaison la densitè spectrale de puissance pour un sujet en mouvement:



fenêtre rectangulaire

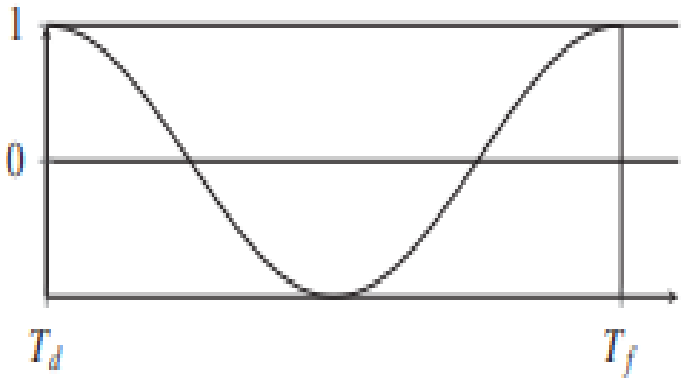


fenêtre de Han

b-Correction par la fenêtre de han

On applique alors un coefficient multiplicateur la fenêtre de Han , pour réduire l'influence des valeurs:

```
def Han (Signal,fe):
    t = arange ( len ( extSignal ) )/Te
    hann = 1/2 -1/2* cos (2* p i * t / t [ -1])
    return list ( extSignal * hann )
```



CONCLUSION

La mise en forme de la fréquence cardiaque par les montres connectées est un outil révolutionnaire qui offre aux sportifs de tous niveaux une multitude d'avantages pour optimiser leurs performances et améliorer leur condition physique.

Cette technologie est susceptible de jouer un rôle encore plus important dans le futur du sport et de la santé, en aidant des millions de personnes à atteindre leurs objectifs de bien-être.

Annexe1:

```
def filtrage(entree, G):
    s = entree[0]
    sortie = [s]
    for k in range(1, len(entree)):
        s = ((1-G)*s+G*(entree[k]+entree[k-1]))/(1+G)
        sortie.append(s)
    return np.array(sortie)
```

Annexe2:

```
def detectionPics(extSignal, seuil):
    P0, P1, P2 = extSignal[:3]
    i = 1
    while i<len(extSignal)-2 and (P0<seuil or P2<seuil or P1<P0 or P1<P2):
        P0, P1 = P1, P2
        P2 = extSignal[i+2]
        i += 1
    return i
```

Annexe3:

```
def TFD(signal, Te):
  N = len(signal)
  n_sur_N = np.arange(0, 1, 1/N)
  frequences = n_sur_N/Te
  e = np.exp(-2j*np.pi*n_sur_N)
  S = [ np.abs(np.sum(signal*e**k)) for k in range(N) ]
  return list(frequences), S
```

Annexe4:

```
def Han (Signal,fe):
    t = arange ( len ( extSignal ) )/Te
    hann = 1/2 -1/2* cos (2* p i * t / t [ -1])
    return list ( extSignal * hann )
```