

Objectifs :

- Réaliser avec LabVIEW des outils d'analyse spectrale paramétrables,
- Utiliser des fonctions de générations et d'analyses spectrales du signal,
- Comprendre et analyser les résultats en cohérence avec le cours,
- Appliquer les principes abordés précédemment dans le cas des signaux biomédicaux.

I. Algorithme de Fourier discrète :

A. Rappel théorique :

La transformée de Fourier discrète (TFD) permet à l'aide d'un ordinateur numérique d'avoir un aperçu de $S(jf)$, elle s'écrit : $S^*(jf) = \sum_{n=0}^{M-1} s(nT_e) \cdot e^{-j2\pi f n T_e}$. On souhaite calculer la TFD d'une séquence temporelle de M points. Il est alors nécessaire de prendre des valeurs discrètes de f avec un pas Δf . Donc la fréquence devient $f = k\Delta f$ avec k entier. $S^*(jk\Delta f) = \sum_{n=0}^{M-1} (s(nT_e) e^{-j2\pi k \Delta f n T_e})$. Pour que l'échantillonnage soit correct on prendra d'abord $\Delta f = \frac{f_e}{M}$.

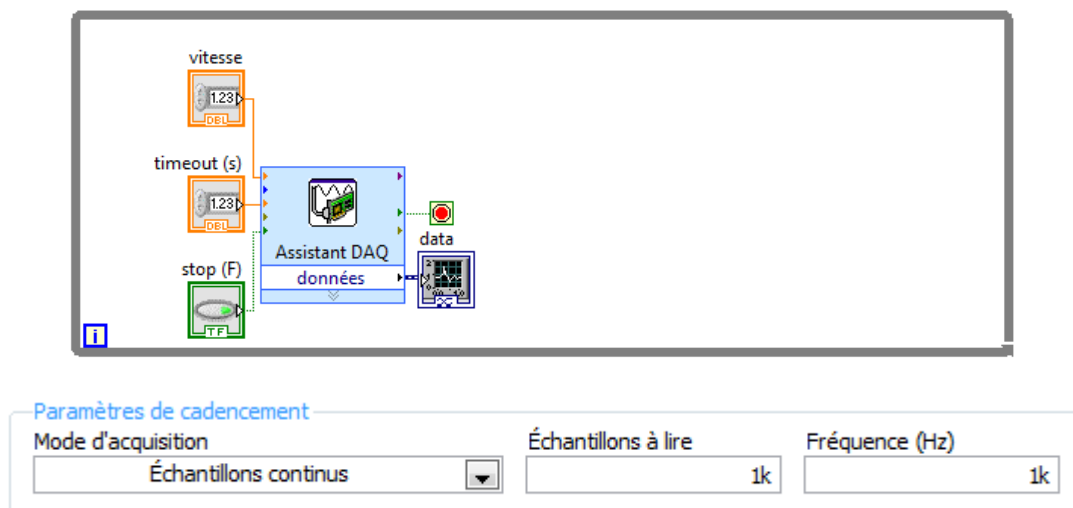
On utilisera le résultat suivant : $S(jk\Delta f) = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} s(nT_e) e^{-j2\pi \frac{nk}{M}}$

B. Réalisation du vi :

1. Analyse d'un signal sinusoïdal :

a) Acquisition d'un motif sinusoïdal:

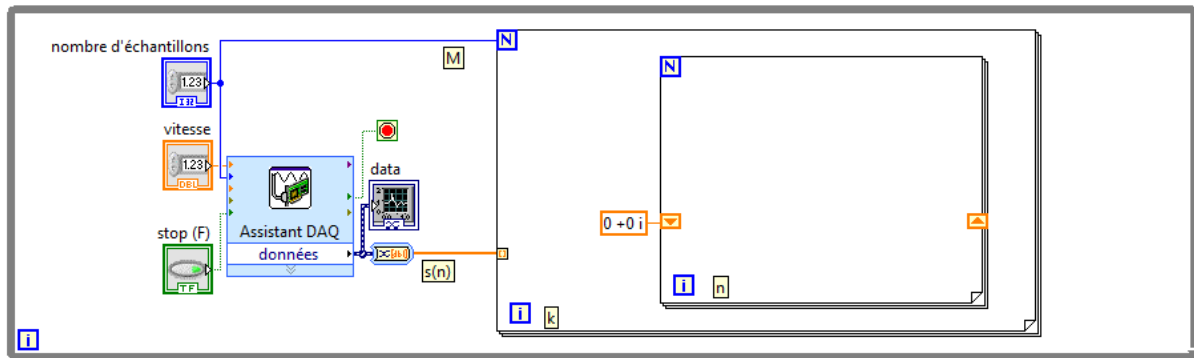
On utilise la fonction Assistant DAQ (paramètres de cadencement continu : profondeur mémoire 1kech et fréquence d'échantillonnage 1kech/s) pour faire l'acquisition d'un signal sinusoïdal disponible à partir du générateur 33120A.



Réaliser l'application qui permet de choisir sur la face avant la fréquence d'échantillonnage et profondeur mémoire et tester afin de vérifier le bon fonctionnement de l'application.

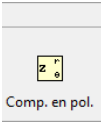
b) Algorithme de TFD :

Pour la réalisation de l'algorithme de TFD, on utilise deux boucle for imbriquées.

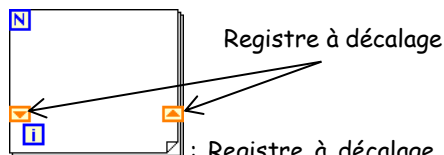


- Les variables d'itérations i sont nécessaires pour faire varier les indices n et k . Enfin la TFD étant

$$S(jk\Delta f) = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} s(nT_e) e^{-j2\pi \frac{nk}{M}}$$

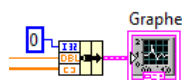
notation polaire (module : $s(n)$ et argument $-\frac{2\pi nk}{M}$).  : Nombre complexe à partir de deux valeurs en notation polaire.

- Pour la faire la somme sur M points, il faut ajouter un registre à décalage sur la deuxième boucle for.



: Registre à décalage dans la boucle for. Exécute son sous-diagramme N fois, N étant la valeur câblée au terminal (N) de décompte de la boucle. Le terminal d'itération (i) fournit le nombre d'itérations actuel de la boucle, qui varie de 0 à $N-1$.

- La représentation graphique à graphe XY permet la visualisation sur l'intervalle $[0; f_e]$ avec un pas $\Delta f = \frac{f_e}{M}$. Pour la représentation graphique, on choisit un graphe simple dont on précise l'origine, le pas (T_e) et le tableau de points du motif sinusoïdal.



: Graphe simple avec cluster pour la lecture de l'axe des abscisses à l'unité.

Réaliser et tester le vi en utilisant le motif sinusoïdal du a).

Vérifier sur le graphique le pas Δf de fréquence, la valeur des amplitudes. Faire les copies d'écran nécessaires.

Montrer l'influence de la profondeur mémoire et de la fréquence d'échantillonnage sur la qualité de la représentation.

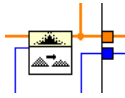
Modifier le vi pour avoir une résolution de $\Delta f = \frac{f_e}{2M}$.

c) Fenêtrage temporel :

Pour améliorer la qualité de la représentation spectrale, on utilise une fenêtre de pondération temporelle qui multiplie un signal $s(nT_e)$ par des coefficients $h(nT_e)$: $s_F(nT_e) = s(nT_e)h(nT_e)$.



: Applique une fenêtre mise à l'échelle à la séquence en entrée X (signal sinusoïdal).



: Fenêtrage appliquée sur le signal échantillonné.

Modifier l'application précédente en insérant la fonction fenêtrage et tester les différentes pondérations.
Conclure sur les avantages et inconvénients des différentes fenêtres.

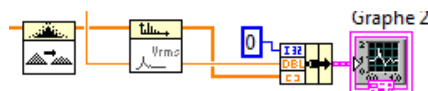
d) Utilisation de fonction d'analyse spectrale de Labview:

Dans la même application ajouter la fonction d'analyse spectrale et un graphe.



: Calcule le spectre d'amplitude d'un signal temporel à valeurs réelles et renvoie le spectre d'amplitude et phase.

Tester l'application et comparer avec votre algorithme de TFD.

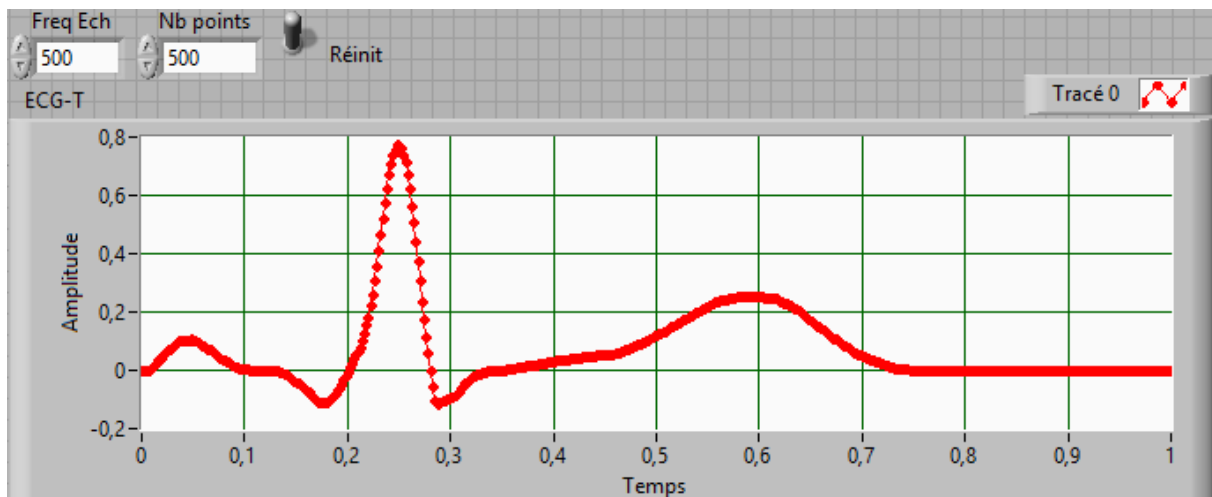


2. Analyse d'un signal ECG bruité:

On souhaite faire l'analyse spectrale d'un signal ECG soumis à un bruit uniforme et à des perturbations sinusoïdales de fréquence 50 Hz. Pour créer un signal ECG, on utilise le générateur 33120A (33220A) piloté par l'application Labview : . ECG_simul-simpleGPIB.vi.

a) Spectre du signal ECG simple :

On génère le signal avec une fréquence de 1Hz (60 Bpm).

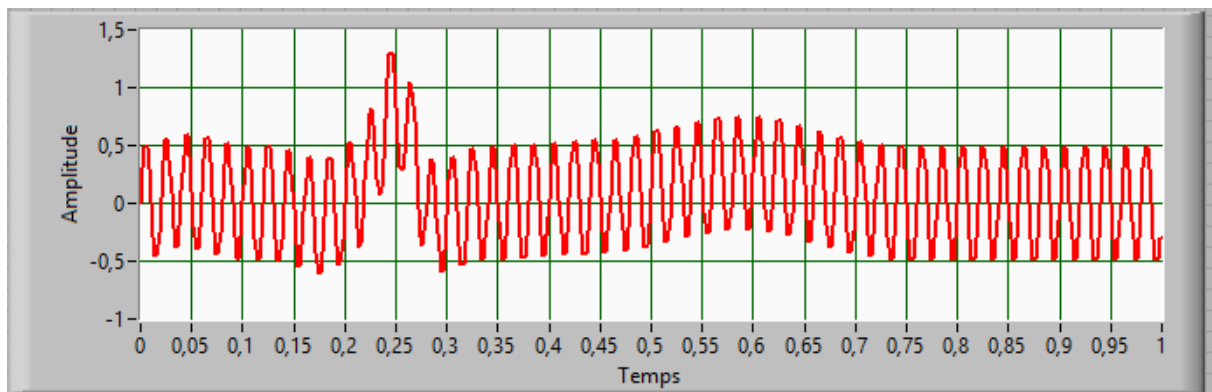


Relever l'allure temporelle et fréquentielle du signal ECG en adaptant la profondeur mémoire et la fréquence d'échantillonnage pour avoir une représentation « précise » du spectre du signal. Faire une copie d'écran et noter vos réglages.

b) Spectre du signal ECG + 50Hz :

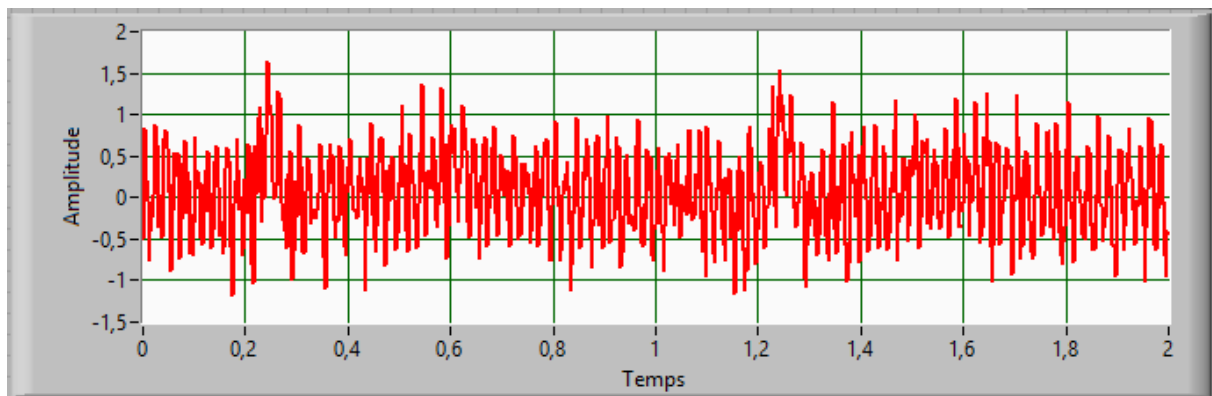
On ajoute à l'aire de l'application ECG_simul-simpleGPIB.vi un motif sinusoïdal avec $f=50\text{Hz}$ avec une amplitude de 50% du signal ECG.

Relever l'allure temporelle et fréquentielle du nouveau signal ECG. Faire une copie d'écran et noter vos réglages.



c) Spectre du signal ECG + 50 + bruit blanc :

On ajoute enfin au signal précédent un motif aléatoire (bruit blanc) avec une amplitude de 30% du signal ECG.



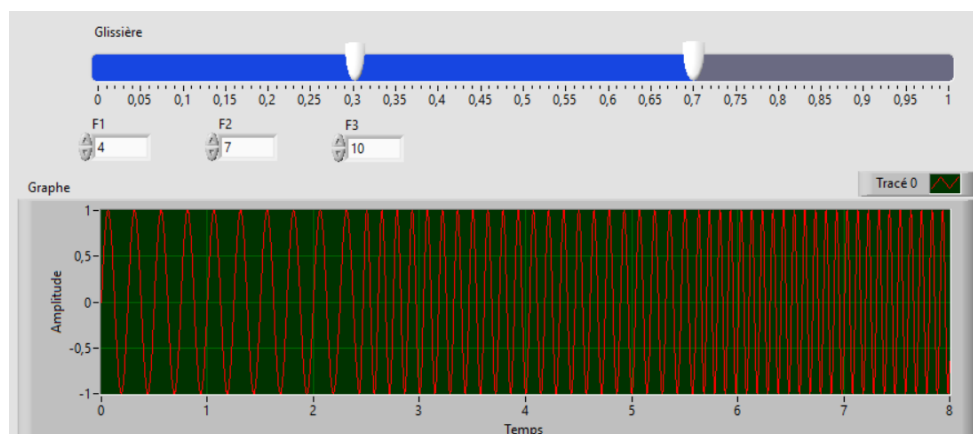
Relever l'allure temporelle et fréquentielle du nouveau signal ECG. Faire une copie d'écran et noter vos réglages. Comparer aux spectres précédents.

II. Transformée de Fourier à fenêtre glissante :

A. Analyse d'un signal non stationnaire :

1. Signal non stationnaire :

Pour construire un signal composite déterministe non-stationnaire sous la forme d'une succession temporelle de plusieurs signaux sinusoïdaux de fréquences différentes on utilise l'application Labiew SpectrogrammeG.vi. On génère le signal avec une fréquence fenêtre avec des fréquences sinusoïdales de 4, 7 et 10 Hz.



Utiliser l'application pour afficher les spectres par TFD du signal composite en modifiant l'ordre temporel des signaux qui le composent (miroir). Conclure.

2. Transformée de Fourier à fenêtre glissante (spectrogramme)

L'allure du spectre temps fréquence est obtenu par application de l'algorithme de la transformée de Fourier à fenêtre glissante (TFFG ou STFT - PrincTFD6.vi). Un graphe 3D ou un graphe d'intensité 2D permet d'obtenir la représentation graphique (commande, moderne, graphique, maillage).

Afficher la représentation temps-fréquence du signal composite dans un graph 3D pour différentes taille et formes de fenêtres (hanning, rectangulaire, hamming...). Conclure.

