

Cours de traitement des signaux biomédicaux

2^{ème} séance Matlab

Commandes utiles

subplot	pour empiler des graphes.
freqz	réponse en fréquence d'un filtre.
cheb1ord	détermination de l'ordre pour un filtre de Chebyshev
cheby1	création d'un filtre de Chebyshev
pwelch	estimation non-paramétrique densité spectrale de puissance.
resample	ré-échantillonnage d'un signal.
xcov	estimation de l'inter-covariance de deux signaux.

Routines pré-écrites

test_white	test de blancheur
your_rand	génération « manuelle » de bruit

Quelques remarques

- La routine `freqz` sans argument de sortie vous permet de visualiser directement les réponses en phase et en amplitude (notez que l'axe horizontal n'est pas libellé en fréquence normalisée f , mais en fraction de la pulsation $2\pi f$, et vas de 0 à 1).
- Certains des signaux fournis sont à moyenne non nulle. Lorsqu'on estime leur densité spectrale avec `pwelch`, il faut soustraire cette valeur moyenne de manière à ne pas avoir de pic très grand à la fréquence $f=0$.
- Si on applique `pwelch` sans variable de sortie, Matlab trace directement un graphe en dB. Si on veut un graphe en linéaire, il faut utiliser les commandes, avec `fe` la fréquence d'échantillonnage :

```
>> [Px,f] = pwelch(x,...) ;  
>> plot(f,Px)
```


Et si l'on veut ne représenter la densité spectrale que jusqu'à une fréquence `fmax` :

```
>> Ind = find(f<=fmax) ;  
>> plot(f(Ind),Px(Ind));
```
- Si on applique `pwelch` sur un vecteur (signal) `x` de longueur `N`, le meilleur choix est :

```
>> [Px,f] = pwelch(x-mean(x),N/p,[ ],[ ],fe);
```


si `N` est bien divisible par `p`. typiquement, `p=2` ou `p=4`.
- Pour avoir la puissance dans la bande de fréquences 0.04-0.15 Hz la commande est (pourquoi ?):

```
>> Puis = (fe/length(Px))*sum(Px(find((f>=0.04)&(f<0.15))))
```

Expérience 1 : il y a bien une interférence

Le signal dans **ecg.mat** contient plusieurs secondes d'un ECG échantillonné à 500 Hz. Visualisez sa densité spectrale de puissance avec `pwelch` (sans argument de sortie) pour vérifier la présence d'une interférence à 50 Hz.

Expérience 2 : signaux cardiovasculaires

Note : ces signaux se trouvent dans les fichiers **heart_1.dat** et **heart_2.dat**, décrits dans **readme_heart.txt**. Nous parlerons plus amplement de ces signaux en cours.

2.1 Pour les signaux cardiovasculaires contenus dans **heart_1** et **heart_2** procéder à l'estimation de la densité spectrale de puissance (estimateur modifié, enlevez la

moyenne des signaux, longueur de sous-intervalles 500) et affichez simultanément les 3 densités spectrales (limitez la fréquence maximale à 0.4 Hz). Quelle information pouvez-vous en retirer sur les signaux (examinez en particulier la relation entre pic spectral de la respiration et densité spectrale de la variation du rythme dans la même zone de fréquence) ? quels sont les effets de l'alcool ?

2.2 Estimez la puissance du signal d'intervalles RR dans la bande LF (0.04-0.15 Hz) pour les deux conditions. Conclusion ?

2.3 Ré-échantillonnez le signal d'intervalles RR de **Heart_1** à 2 Hz avec **resample**. Vérifiez en traçant les réponses en amplitude sur le même graphe que les commandes :

```
>> [N,wn]=cheb1ord(0.04,0.05,0.5,20);  
>> [b1,a1] = cheby1(N,0.5,wn);  
>> [N,wn]=cheb1ord([0.05 0.14],[0.03 0.16],0.5,20);  
>> [b2,a2] = cheby1(N,0.5,wn);  
>> [N,wn]=cheb1ord([0.16 0.39],[0.14 0.41],0.5,20);  
>> [b3,a3] = cheby1(N,0.5,wn);
```

Créent trois filtres permettant d'isoler les composantes du signal dans les bandes physiologiques. Tracez dans des graphes superposés le signal original et les sorties des 3 filtres afin d'identifier là où sont présentes ces composantes dans le signal (en particulier l'activité du baro-réflexe). La commande :

```
>> set(gca,'Ylim',[a b])
```

permet de fixer la gamme d'amplitudes du tracé entre **a** et **b** pour mettre tous les tracés sur la même échelle.

2.3 Appliquez les mêmes filtres à la pression artérielle (ré-échantillonnée à 2 Hz), et estimez l'inter-covariance entre les deux composantes LF. **Attention: la convention Matlab pour les décalages est exactement l'opposée de celle du cours.** Qu'est-ce qui cause quoi? estimez l'inter-covariance entre la composante HF des intervalles RR et la respiration (ré-échantillonnée à 2 Hz). Que pouvez-vous conclure? Vérifiez ceci en représentant les deux signaux (normalisés par leur valeur maximale) sur le même graphe.

Expérience 3 : êtes-vous un bon générateur de bruit ?

En utilisant **your_rand** essayez de générer par vous-même un bruit blanc de type Bernouilli (valeurs +1 ou -1) d'une longueur d'au moins 50. Appliquez le test de blancheur au résultat. Êtes-vous un bon générateur de bruit blanc ? visualisez l'estimée de la densité spectrale de puissance du signal et expliquez son aspect.