

Laboratoire 1 : Génération de signaux et analyse spectrale avec Matlab

OBJECTIFS

Pratique de Matlab et rappel de notions apprises en MIC3220, en particulier la génération de signaux communs et l'analyse spectrale de signaux numériques.

PROCÉDURE:

1. Génération d'un signal de bruit blanc possédant une distribution gaussienne

- Générer le signal de bruit blanc Gaussien suivant en utilisant le code Matlab:

```
x = 10*randn([1,4096]); % génère 4096 échantillons
```

Afficher les 75 premier échantillons du signal à temps discret généré en utilisant la fonction Matlab `stem` (Indication : `figure; subplot(2,1,1); stem(x(1:75))`); obtient-on toujours le même résultat en exécutant le programme plusieurs fois? Pourquoi?
- Utiliser la fonction `fft` de Matlab pour calculer les coefficients de la transformée de Fourier discrète du signal ; afficher l'amplitude du spectre fréquentiel obtenu en assumant que la fréquence d'échantillonnage est de 8000 Hz. Le code Matlab requis est :

```
Ak=abs(fft(x))/length(x); % calcul du spectre d'amplitude  
fs=8000;  
k=0:1:length(x)-1; % Génération de l'indice des fréqu.  
f=k*fs/length(x); % conversion en Hz  
subplot(2,1,2); plot(f,Ak); % trace du spectre d'amplitude
```

Utiliser les fonctions `axis`, `xlabel`, `ylabel` et `title` pour finaliser le tracé.

Quelle fréquence(s) devrait-on voir sur le graphique (fréquence du signal) ? Quelle est la résolution en fréquence ?
- Utiliser la fonction `sound` de Matlab pour écouter le signal généré en utilisant une fréquence d'échantillonnage de 8000 Hz.

```
sound(x/max(abs(x)),8000); % joue un son à fe donné
```

Qu'entend-on? À quelle bande de fréquence est limitée l'oreille?
- Discuter l'utilité d'un tel signal

2. Génération d'une somme de cosinusoïdes numériques

- Générer trois cosinusoïdes avec les amplitudes et phases suivantes:

$$\begin{aligned}x_1(t) &= 10 \cos[2\pi(500)t] ; \\x_2(t) &= 10 \cos[2\pi(1200)t + 0.25 \pi] ; \\x_3(t) &= 10 \cos[2\pi(1800)t + 0.5 \pi] ;\end{aligned}$$

Afficher les trois signaux pour une durée d'environ 0.01 seconde. Chaque signal doit être échantillonné à une fréquence de 8000 Hz ; vérifier que la phase et l'amplitude de chacun des trois signaux est correcte (correspond à la formule mathématique). Indication : utiliser `x(0)` et `max(x)` dans Matlab.

À quelles notes de musique la plus proche correspondent ces trois fréquences ?

- b. Créer un programme qui génère la somme de trois cosinusoides en additionnant les trois cosinusoides générées

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) + x_3(t).$$

Afficher $x(t)$ sur la même période de temps utilisée en a), en utilisant la commande :

```
subplot(2,1,1);plot(t,x);
```

Quel est la fréquence d'échantillonnage de $x(t)$?

- c. Utiliser `fft` pour calculer les coefficients de la transformée de Fourier discrète du signal précédent ; afficher et examiner le spectre du signal $x(n)$ (composantes fréquentielles) en incluant les légendes.

Quelles fréquences apparaissent sur le spectre fréquentiel ? Est-ce que toutes ces fréquences existent dans le signal temporel non-échantillonné? D'où viennent les nouvelles fréquences ? De façon rigoureuse, la bande de fréquence comprise entre $f_s/2$ et f_s devrait se retrouver où dans le spectre fréquentiel?

- d. Écouter et comparer les signaux générés en exécutant le code suivant :

```
sound(x1/max(abs(x1)), 8000);pause  
sound(x2/max(abs(x2)), 8000);pause  
sound(x3/max(abs(x3)), 8000);pause  
sound(x/max(abs(x)), 8000);
```

3. Génération d'une multiplication de signaux numériques

- a. Générer deux signaux cosinusoidaux possédant les amplitudes et phases suivantes:

$$x_1(t) = 10 \cos[2\pi(500)t];$$
$$x_2(t) = 10 \cos[2\pi(1200)t + 0.25\pi];$$

Afficher les deux signaux sur un axe des temps de durée 0.01 s ou plus. Chaque signal doit être échantillonné à une fréquence de 8000 Hz. (Indication :

```
t=0:(1/8000):0.5; figure;  
subplot(3,1,1);plot(t,x1); axis([0 0.01 -6 6]);)
```

Utiliser `max` et `mean` de Matlab pour déterminer la valeur maximale et la valeur moyenne quadratique (indication: `sqrt(mean(x1.*x1))`)

- b. Créer un vecteur qui est la multiplication des deux cosinusoides: $y(t) = x_1(t) \times x_2(t)$ (Indication: `y=x1.*x2; % noter le point avant le signe *`)

Utiliser le code suivant pour afficher $y(t)$ sur la même période de temps qu'en a) :

```
subplot(3,1,2);plot(t,y);axis([0 0.01 -6 6]);
```

- c. Utiliser `fft` pour calculer les coefficients de la transformée de Fourier discrète du signal précédent ; afficher et examiner le spectre du signal $x(n)$ (composantes fréquentielles) en incluant les légendes.

Quelles fréquences apparaissent sur le spectre fréquentiel ? Montrer mathématiquement que ces fréquences sont bien celles que l'on doit obtenir.

- d. Utiliser `sound` pour écouter x_1 , x_2 et y avec une fréquence d'échantillonnage de 8 kHz.

4. Traitement d'un signal de parole

- a. Utiliser le code Matlab suivant pour charger et afficher le contenu du fichier we.dat, qui contient un segment de parole échantillonné à 8000 Hz :

```
% Chargement
load we.dat;
x=we;
%Affichage le segment
figure;
n=0:1:length(x)-1; % indice des temps
T=1/8000;
t=n*T; % conversion de l'indice en secondes
subplot(2,1,1);plot(t, x);
```

- b. Utiliser *fft* pour calculer les coefficients de la transformée de Fourier discrète du signal précédent ; afficher et examiner le spectre du signal $x(n)$ (composantes fréquentielles) en incluant les légendes.

Dans quelle bande de fréquences se situe le signal ? S'il y avait un signal à 5000Hz dans le fichier we.dat, à quelle(s) fréquence(s) apparaîtrait-il dans le spectre fréquentiel? Expliquer la réponse.

- c. Utiliser *sound* pour écouter le signal :

```
sound(x/max(abs(x)), 8000);
```

Note : Vous devez fournir un rapport qui explique votre démarche, incluant tous les codes et les graphiques générés et répond à toutes les questions. Votre rapport doit aussi contenir une introduction et une conclusion.