Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris ——— E.S.I.E.E.	Unité : Traitement du signal TP	Classe ISBS1 & I4FM

Remis par M. J.-F. BERCHER

ÉNONCÉ

Le TP sera réalisé sous l'environnement Matlab. La fonction `filter` permet d'effectuer un filtrage. On fournit en outre les fonctions suivantes : les fonctions `tfd` et `tfi` calculent respectivement la transformée de Fourier directe et la transformée de Fourier inverse. La fonction `zoom` permet d'agrandir une partie d'un graphique. La fonction `dirac` permet de générer une impulsion de Dirac à temps discret.
Pour afficher des signaux, vous utiliserez la commande `plot`. On peut visualiser plusieurs signaux suivant la syntaxe `plot(absisses1, ordonnées1, absisses2, ordonnées2, ...)`. Pour les représentations en fréquence, prendre garde au fait que (i) les TF sont complexes (prendre le module – `abs` le cas échéant), et (ii) le résultat de la TF est rendu sur une période allant de 0 à 1 ; il est possible de recentrer le résultat, et voir les fréquences négatives, en utilisant un décalage, fonction `fftshift`.
Pour chacune des fonctions, vous disposez, à tout instant, de l'aide en ligne par `help nom_de_fonction`, et il est vivement conseillé d'utiliser cette possibilité...

Les scripts matlab sont disponibles sur l'adresse web http://www.esiee.fr/~bercherj/New/TP/ Vous copierez les fichiers dans un répertoire local et vous travaillerez dans ce répertoire.

1 Réponse impulsionnelle et fonctions de transfert pour des signaux discrets

Dans cet exercice, on travaillera avec des signaux échantillonnés.
On considère la relation de filtrage décrite par l'équation aux différences suivante :

$$y(n) = ay(n-1) + x(n),$$

où $x(n)$ est l'entrée du filtre et $y(n)$ sa sortie.

1.1 Étude temporelle

1. Calculez la réponse impulsionnelle (RI), sur le papier, en fonction de a, en supposant le système causal, et les conditions initiales éventuelles nulles.
2. Sous Matlab, consultez l'aide de la fonction `filter`, par `help filter` et tachez d'en comprendre le fonctionnement. Proposez à l'enseignant une méthode pour calculer numériquement la RI du filtre, puis contrôlez graphiquement l'allure de la RI, avec $a = 0.8$. On rappelle que la fonction `dirac` permet de générer une impulsion de Dirac à temps discret.
3. Calculez et visualisez, sous Matlab, la réponse impulsionnelle pour $a = -0.8$, $a = 0.99$ et pour $a = 1.01$. Conclusions.

1.2 Étude fréquentielle

1. Donnez l'expression de la fonction de transfert en z correspondant à cette équation aux différences.
2. Donnez l'expression de la fonction de transfert $H(f)$, puis de $|H(f)|$ pour a quelconque. Précisez les amplitudes théoriques en $f = 0$ et $f = 1/2$. Sous Matlab, calculez la FT du filtre en prenant la TF (fonction `tfd`) de la RI, pour $a = 0.8$ et $a = -0.8$, et visualisez les résultats. Conclusions.

1.3 Filtrage

1. Créez une sinusoïde x, à la fréquence $f_0 = 3$, échantillonnée à $Fe = 32$, sur 128 points :

   ```
   Fe=32; fo=3; t=[0:127]/32;
   x=sin(2*pi*fo*t);
   ```

   Sous Matlab, calculez la réponse impulsionnelle h du filtre avec $a = 0.8$

2. Filtrez cette sinusoïde par le filtre précédent
   – en utilisant la fonction `filter`, `y1=filter([1],[1 -0.8],x);`
   – en utilisant une convolution, `y2=filter(h,1,x);`. Expliquez pourquoi ce dernier calcul correspond effectivement à une convolution.
   Comparez ces deux résultats.

3. Reprenez ces questions en utilisant un train d'impulsions rectangulaires plutôt qu'une sinusoïde (utiliser `square` à la place de `sin`). Comparez l'entrée et la sortie du système et concluez sur l'invariance par filtrage de la classe des fonctions harmoniques.

4. Reprendre comme signal la sinusoïde et regénérez les deux sorties `y1` et `y2`, qui seront utilisées dans les deux questions suivantes.

5. Calculez la TF X du signal x et la TF H de la réponse impulsionnelle h. Visualisez ces deux résultats. Calculez la TF inverse du produit $X(f)H(f)$: `y3=real(tfi(X.*H));`. Comparez $y3$ et $y1$. Conclusions.

6. Mesurez la valeur du gain et du déphasage entre x et $y1$ (fonctions `plot(t,x,t,y1)` et `zoom`). Mesurez la valeur du gain et du déphasage, à la fréquence fo, sur la fonction de transfert H. Conclusions.

2 Signaux 2D

1. Créez et visualisez une sinusoïde à deux dimensions, par exemple selon

   ```
   for x=0:127, for y=0:127,
   s(x+1,y+1)=sin(2*pi*-0.01*x+2*pi*0.01*y);
   end; end;
   imagesc(s)
   ```

2. Modifiez les valeurs de fréquence et observez les résultats

3. Prendre la transformée de Fourier 2D `fft2` de cette sinusoïde et et visualisez le module (fonction `abs`) du résultat. Utilisez la fonction `fftshift` pour recentrer la représentation.

4. Filtrez cette image à l'aide d'un filtre de réponse en fréquence rectangulaire (utilisez la fonction rect2), pour des rectangles de demi-largeur 40, 70 ,100. Visualisez les différentes images obtenues – filtrées passe-bas, ainsi que les différences à l'image de départ. Observations, conclusions.

5. Construisez une réponse en fréquence qui élimine sélectivement les fréquences situées autour des points (302, 310) et (205,212), par exemple sur un voisinage de $\pm$ 10 points. Réexaminez la TF2 de Barbara, graduée en points, afin de comprendre ce que vous faites. Appliquez ce filtre à l'image de départ et interprétez le résultat obtenu dans le domaine spatial. Observez la nappe ! Visualisez également l'image différence.

6. Au pire, ou au moins, et tant mieux, vous pourrez étudier et exécuter le code contenu dans `exo_im.m`