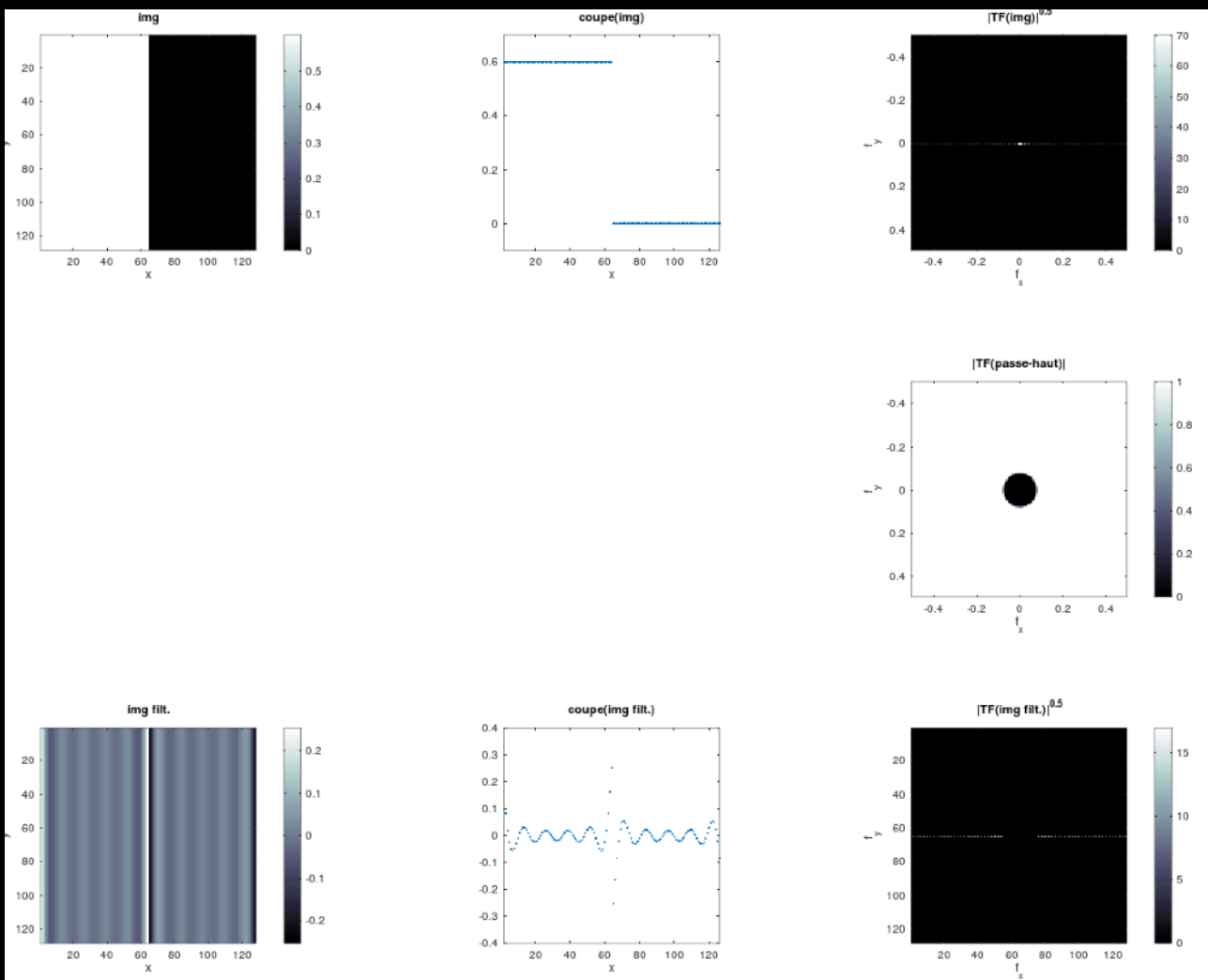


## Exercice 9 :

Faire de même avec un filtre passe-haut, circulaire de rayon 10 frequels. Commenter le résultat.

```
1 clear
2 close all
3 %pkg load image
4
5 % image
6 dim=128; I=zeros(dim,dim); I(:,1:dim/2)=0.6;
7 fx=((0:dim-1)-dim/2)/dim; fy=fx;
8
9 figure, colormap('bone')
10 subplot(3,3,1), imagesc(I)
11 colorbar, axis('square')
12 title('img'), xlabel('x'), ylabel('y')
13
14 subplot(3,3,2), plot(I(64,:),'.')
15 axis('square'), ylim([-1 .7])
16 title('coupe(img)'), xlabel('x')
17
18 % FFT(image)
19 Ichap=fft2(I);
20 Ichapmod=abs(fftshift(Ichap));
21 subplot(3,3,3), imagesc(fx,fy,Ichapmod.^5), colorbar, axis('square')
22 title('|TF(img)|^{0.5}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
23
24 % "filtre" (en fait fct de transfert directement!)
25 hchap=ones(dim,dim);
26 rr=10; hh=fspecial('disk',rr); hh=hh/max(max(hh));
27 hchap(dim/2+1-rr:dim/2+1+rr,dim/2+1-rr:dim/2+1+rr)=1.-hh;
28
29 subplot(3,3,6), imagesc(fx,fy,hchap), colorbar, axis('square')
30 title('|TF(passe-haut)|'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
31
32 % filtrage dans l'espace de Fourier
33 Ichapfilt=fftshift(hchap).*Ichap;
34 Ichapfiltmod=abs(fftshift(Ichapfilt));
35 subplot(3,3,9), imagesc(Ichapfiltmod.^5)
36 colorbar, axis('square')
37 title('|TF(img filt.)|^{0.5}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
38
39 % retour dans l'espace réel
40 Ifilt=ifft2(Ichapfilt);
41 subplot(3,3,7), imagesc(real(Ifilt)), colorbar, axis('square')
42 title('img filt.'), xlabel('x'), ylabel('y')
43
44 subplot(3,3,8), plot(real(Ifilt(64,:)),'.')
45 axis('square'), title('coupe(img filt.)'), xlabel('x')
```

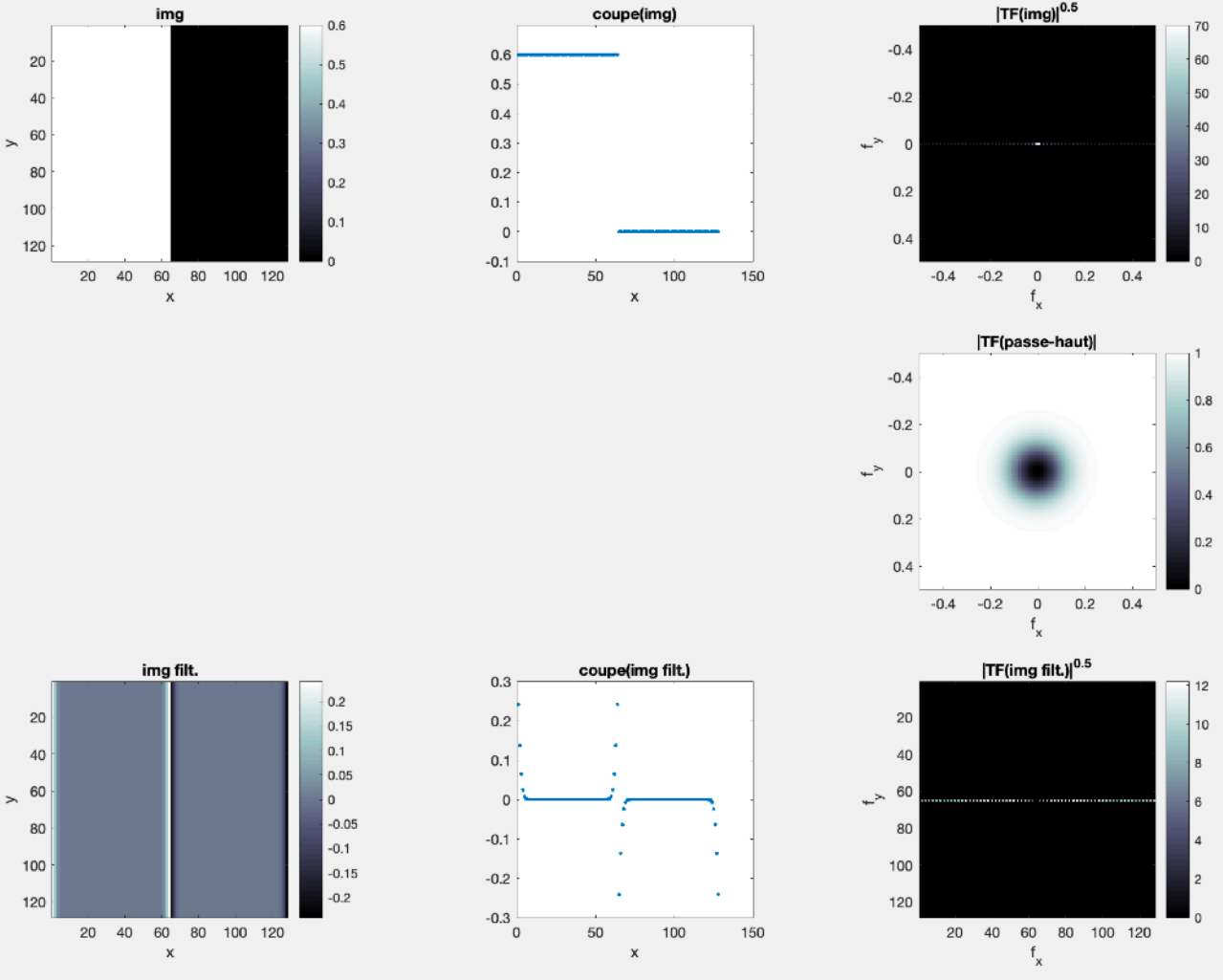


**Exercice 9+ :** Même chose (ou presque) mais avec moins d'oscillations ?...

```

24 % "filtre" (en fait fct de transfert directement!)
25 hchap=ones(dim,dim); rr=10;|
26 % hh=fspecial('disk',rr); hh=hh/max(max(hh));
27 % hchap(dim/2+1-rr:dim/2+1+rr,dim/2+1-rr:dim/2+1+rr)=1.-hh;
28 % plus smooth : un filtre avec une forme gaussienne...
29 hchap=fspecial('gaussian',dim,rr); hchap=hchap/max(max(hchap));
30 hchap=1-hchap;

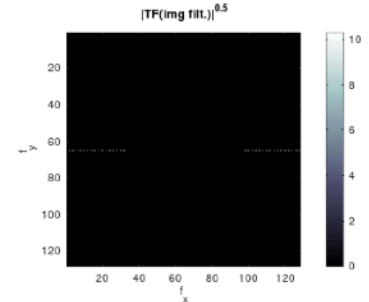
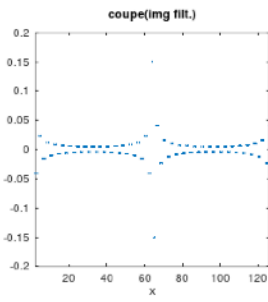
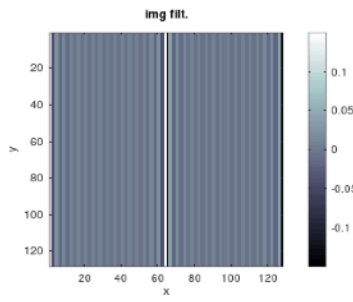
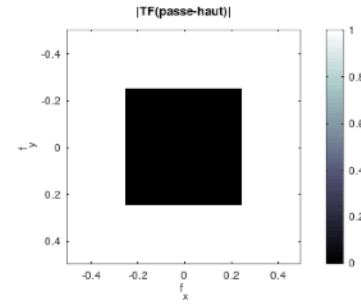
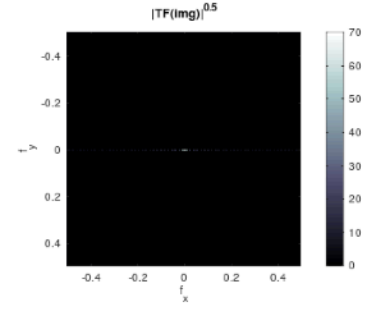
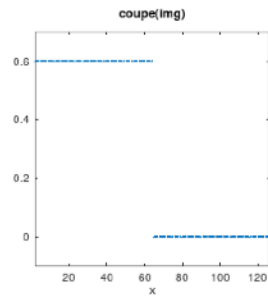
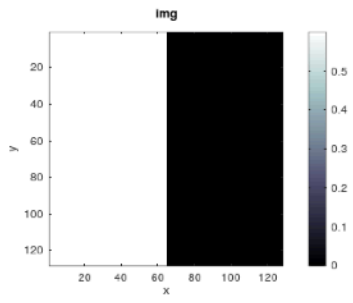
```



## Exercice 9bis :

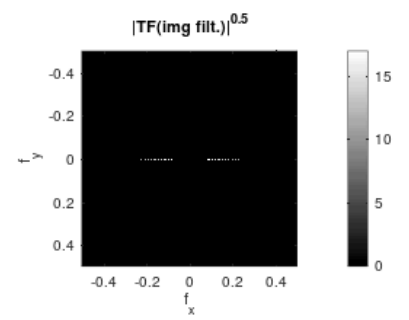
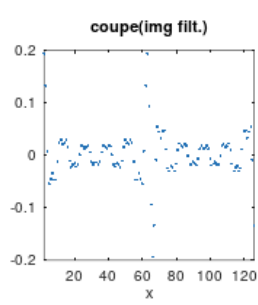
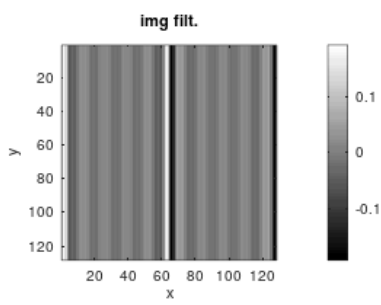
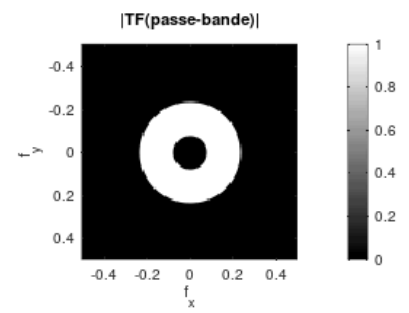
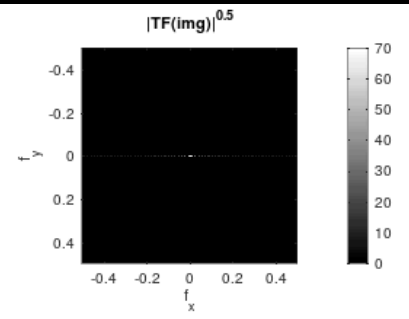
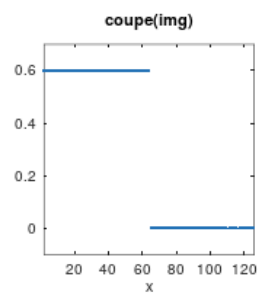
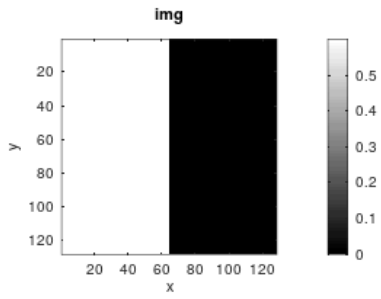
Même chose avec un masque carré de dimension  $\text{dim}/2$ .

```
1 clear
2 close all
3
4 % image
5 dim=128; I=zeros(dim,dim); I(:,1:dim/2)=0.6;
6 fx=((0:dim-1)-dim/2)/dim; fy=fx;
7
8 figure, colormap('bone')
9 subplot(3,3,1), imagesc(I), colorbar, axis('square'), title('I(x,y)')
10
11 subplot(3,3,2), plot(I(64,:),'.'), axis('square'), ylim([-0.1 .7])
12 title('coupe(img)'), xlabel('x')
13
14 % FFT(image)
15 Ichap=fft2(I);
16 Ichapmod=abs(fftshift(Ichap));
17 subplot(3,3,3), imagesc(fx,fy,Ichapmod.^5), colorbar, axis('square')
18 title('|TF(img)|^{0.5}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
19
20 % masque dans le plan de Fourier (fct de transfert)
21 hchap=zeros(dim,dim); nn=dim/2;
22 hchap(dim/2-nn/2+1:dim/2+nn/2,dim/2-nn/2+1:dim/2+nn/2)=1.; hchap=1-hchap;
24 subplot(3,3,6), imagesc(fx,fy,hchap), colorbar, axis('square')
25 title('|TF(passe-haut)|'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
26
27 % filtrage dans l'espace de Fourier
28 Ichapfilt=fftshift(hchap).*Ichap;
29 Ichapfiltmod=abs(fftshift(Ichapfilt));
30 subplot(3,3,9), imagesc(Ichapfiltmod.^5), colorbar, axis('square')
31 title('|TF(img filt.)|^{0.5}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
32
33 % retour dans l'espace réel
34 Ifilt=real(ifft2(Ichapfilt));
35 subplot(3,3,7), imagesc(Ifilt), colorbar, axis('square'), title('I_f(x,y)')
36
37 subplot(3,3,8), plot(real(Ifilt(64,:)),'.'), axis('square')
38 title('coupe(img filt.)'), xlabel('x')
```



## Exercice 10 : Idem avec un filtre passe-bande circulaire entre 10 et 30 frequels.

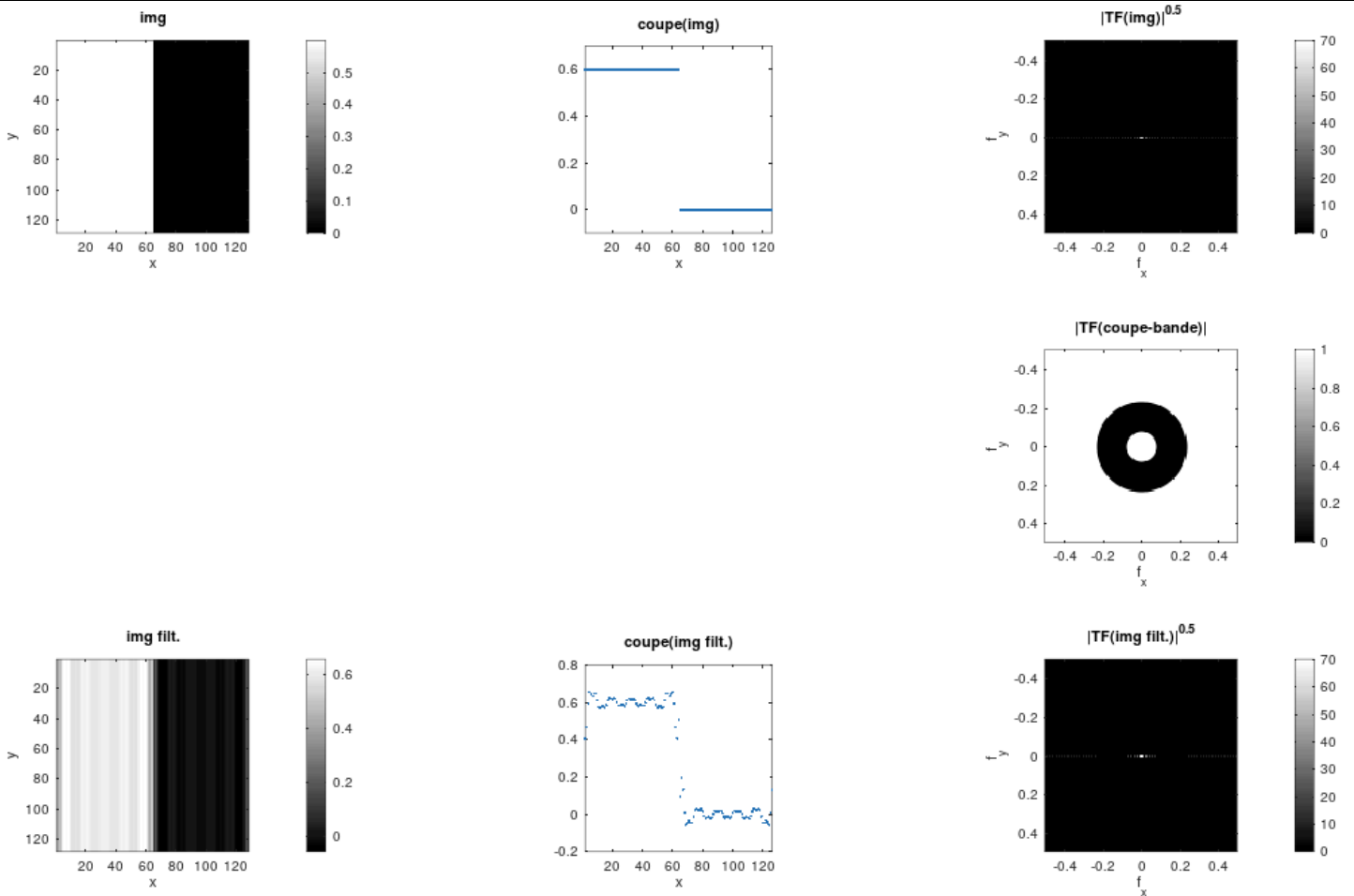
```
1 clear
2 close all
3
4 % image
5 dim=128; I=zeros(dim,dim); I(:,1:dim/2)=0.6;
6 fx=((0:dim-1)-dim/2)/dim; fy=fx;
7
8 figure, colormap('gray')
9 subplot(3,3,1), imagesc(I), colorbar, axis('square'), title('I(x,y)')
10 subplot(3,3,2), plot(I(64,:),'.'), axis('square'), title('coupe de I')
11 ylim([-0.1 0.7]), xlabel('x')
12
13 % FFT(image)
14 Ichap=fft2(I);
15 Ichapmod=abs(fftshift(Ichap));
16 subplot(3,3,3), imagesc(fx,fy,Ichapmod.^5), colorbar, axis('square')
17 title('|TF(img)|^{0.5}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
18
19 % masque dans le plan de Fourier (fct de transfert)
20 hchap=zeros(dim,dim);
21 rr =10; hh =fspecial('disk',rr ); hh =hh /max(max(hh)) ;
22 rrr=30; hhh=fspecial('disk',rrr); hhh=hhh/max(max(hhh));
23 hchap(dim/2+1-rrr:dim/2+1+rrr,dim/2+1-rrr:dim/2+1+rrr)=hhh;
24 hchap(dim/2+1-rr :dim/2+1+rr ,dim/2+1-rr :dim/2+1+rr )=1-hh;
25
26 subplot(3,3,6), imagesc(fx,fy,hchap), colorbar, axis('square')
27 title('|TF(passe-bande)|'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
28
29 % filtrage dans l'espace de Fourier
30 Ichapfilt=fftshift(hchap).*Ichap;
31 Ichapfiltmod=abs(fftshift(Ichapfilt));
32
33 subplot(3,3,9), imagesc(fx,fy,Ichapfiltmod.^5), colorbar, axis('square')
34 title('|TF(img filt.)|^{0.5}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
35
36 % retour dans l'espace réel
37 Ifilt=real(ifft2(Ichapfilt));
38
39 subplot(3,3,7), imagesc(Ifilt), colorbar, axis('square'), title('I_f(x,y)')
40 subplot(3,3,8), plot(Ifilt(64,:),'.'), axis('square')
41 title('coupe de I_f'), xlabel('x')
```



## Exercice 11 : Idem avec un filtre coupe-bande circulaire entre 10 et 30 frequels.

```
1 clear
2 close all
3
4 % image
5 dim=128; I=zeros(dim,dim); I(:,1:dim/2)=0.6;
6 fx=((0:dim-1)-dim/2)/dim; fy=fx;
7
8 figure, colormap('gray')
9 subplot(3,3,1), imagesc(I), colorbar, axis('square'), title('I(x,y)')
10
11 subplot(3,3,2), plot(I(dim/2,:), '.'), axis('square'), title('coupe de I')
12 ylim([-0.1 0.7]), xlabel('x')
13
14 % FFT(image)
15 Ichap=fft2(I);
16 Ichapmod=abs(fftshift(Ichap));
17
18 subplot(3,3,3), imagesc(fx,fy,Ichapmod.^5), colorbar, axis('square')
19 title('|TF(img)|^{0.5}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
20
21 % "filtre" (en fait fct de transfert directement!)
22 hchap=zeros(dim,dim);
23 rr=10; hh=fspecial('disk',rr); hh=hh/max(max(hh));
24 rrr=30; hhh=fspecial('disk',rrr); hhh=hhh/max(max(hhh));
25 hchap(dim/2+1-rrr:dim/2+1+rrr,dim/2+1-rrr:dim/2+1+rrr)=hhh;
26 hchap(dim/2+1-rr:dim/2+1+rr,dim/2+1-rr:dim/2+1+rr)=1-hh;
27 hchap=1.-hchap;
28
29 subplot(3,3,6), imagesc(fx,fy,hchap), colorbar, axis('square')
30 title('|TF(coupe-bande)|'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
31
32 % filtrage dans l'espace de Fourier
33 Ichapfilt=fftshift(hchap).*Ichap;
34 Ichapfiltmod=abs(fftshift(Ichapfilt));
35
36 subplot(3,3,9), imagesc(fx,fy,Ichapfiltmod.^5), colorbar, axis('square')
37 title('|TF(img filt.)|^{0.5}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
38
39 % retour dans l'espace réel
40 Ifilt=real(ifft2(Ichapfilt));
41
42 subplot(3,3,7), imagesc(Ifilt), colorbar, axis('square'), title('I_f(x,y)')
43 subplot(3,3,8), plot(Ifilt(dim/2,:), '.'), axis('square')
44 title('coupede I_f'), xlabel('x')
```





—> Boîte à outils pour le filtrage de Fourier !!

**Etape 1 :** Création de la fonction

Dans un fichier nommé stat.m, on écrit le texte suivant :

Code :

```

1 function [mean,stdev] = stat(x)
2 n = length(x);
3 mean = sum(x)/n;
4 stdev = sqrt(sum((x-mean).^2/n));

```

**Etape 2 :** Création d'un script qui utilise la fonction :

Dans un fichier nommé monscript.m (qui se trouve dans l

Code :

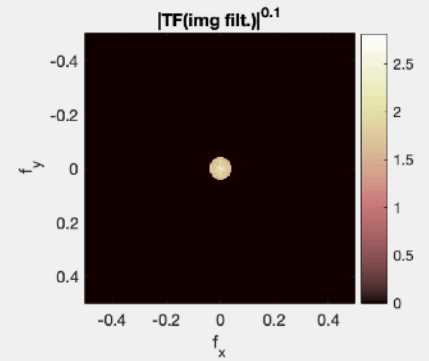
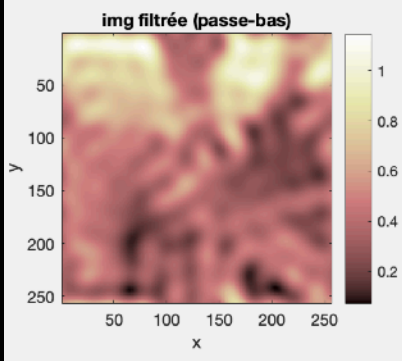
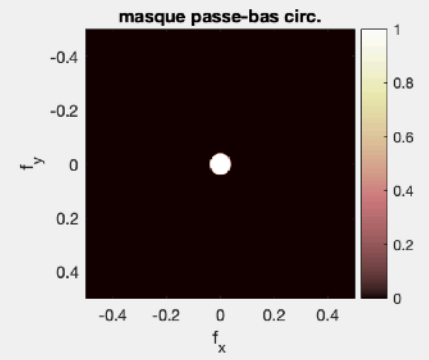
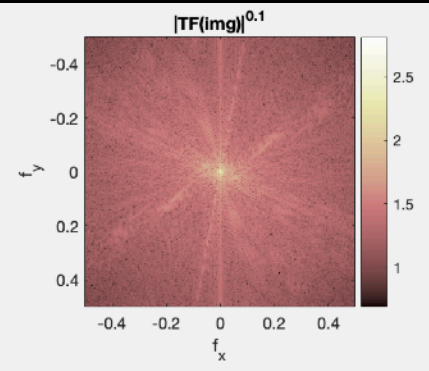
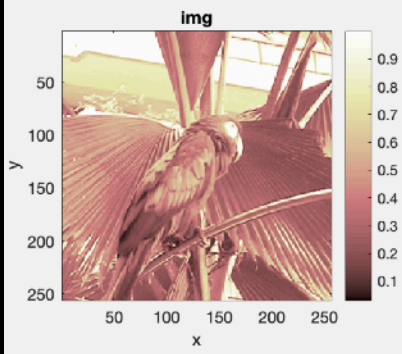
```
[mean stdev] = stat([12.7 45.4 98.9 26.6 53/1])
```

**Exercice 12 :** Appliquer les filtrages passe-bas circulaire, passe-haut circulaire, passe-bande circulaire et coupe-bande circulaire sur une image de votre choix. (Vérifier au passage que la somme de l'image filtrée passe-bas et de l'image filtrée passe-haut redonne bien l'image de départ. Idem pour les filtres passe-bande et coupe-bande.)

```

1 clear
2 close all
3 %pkg load image
4
5 % image et FFT(image)
6 I=imread('/Users/marcel/Documents/MATLAB/GBM/0-images/bird.jpg');
7 I=rgb2gray(I);
8 I=double(I)/255;
9 dimx=size(I,1); dimy=size(I,2);
10
11 fx=((0:dimx-1)-dimx/2)/(dimx*1); % ici Δx=Δy=1
12 fy=((0:dimy-1)-dimy/2)/(dimy*1);
13
14 Ichap=fft2(I);
15 Ichapmod=abs(fftshift(Ichap));
16
17 % (1) filtrage passe-bas circulaire
18 rr=10; hh=fspecial('disk',rr); hh=hh/max(max(hh));
19 hchap=zeros(dimx,dimy);
20 hchap(dimx/2+1-rr:dimx/2+1+rr,dimy/2+1-rr:dimy/2+1+rr)=hh;
21
22 Ichapfilt=fftshift(hchap).*Ichap;
23 Ichapfiltmod=abs(fftshift(Ichapfilt));
24
25 Ifilt=real(ifft2(Ichapfilt));
26
27 % représentation
28 figure(1), colormap('pink')
29
30 subplot(3,2,1), imagesc(I), colorbar, axis('image')
31 title('img'), xlabel('x'), ylabel('y')
32
33 subplot(3,2,2), imagesc(fx,fy,Ichapmod.^1), colorbar, axis('image'),
34 title('|TF(img)|^{0.1}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
35
36 subplot(3,2,4), imagesc(fx,fy,hchap), colorbar, axis('image')
37 title('masque passe-bas circ.'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
38
39 subplot(3,2,6), imagesc(fx,fy,Ichapfiltmod.^1), colorbar, axis('image')
40 title('|TF(img filt.)|^{0.1}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
41
42 subplot(3,2,5), imagesc(Ifilt), colorbar, axis('image')
43 title('img filtrée (passe-bas)'), xlabel('x'), ylabel('y')

```



```

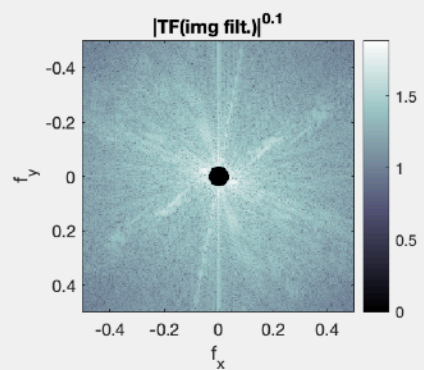
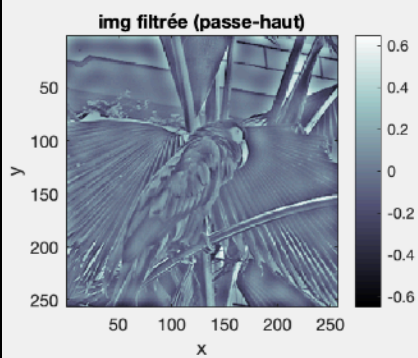
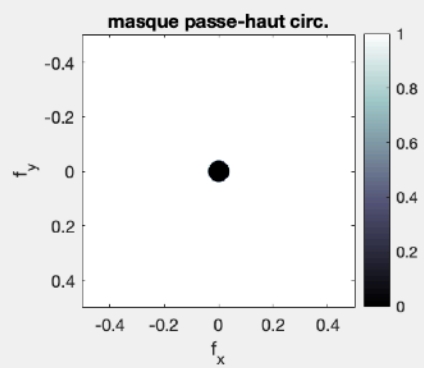
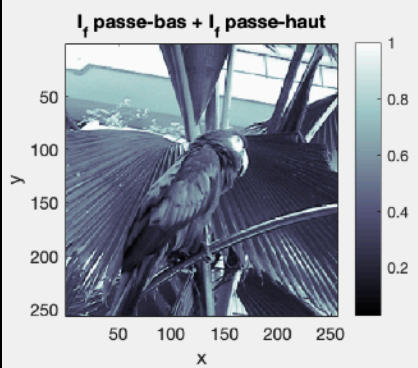
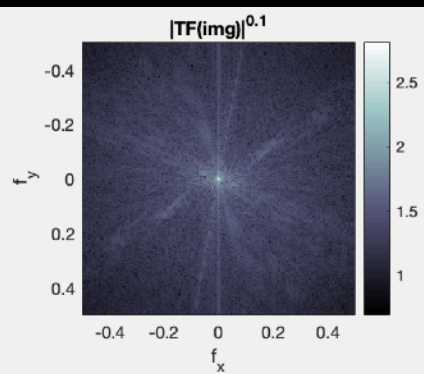
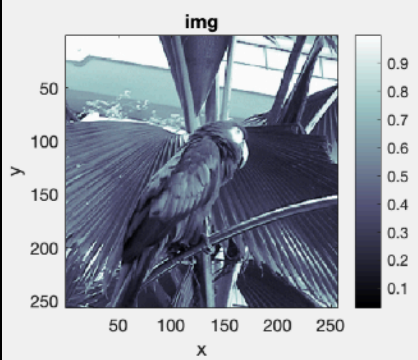
45 % (2) filtrage passe-haut circulaire
46 hchap=ones(dimx,dimy);
47 hchap(dimx/2+1-rr:dimx/2+1+rr,dimy/2+1-rr:dimy/2+1+rr)=1.-hh;
48
49 Ichapfilt=fftshift(hchap).*Ichap;
50 Ichapfiltmod=abs(fftshift(Ichapfilt));
51
52 Ifilt2=real(ifft2(Ichapfilt));
53
54 % représentation
55 figure(2), colormap('bone')
56
57 subplot(3,2,1), imagesc(I), colorbar, axis('image')
58 title('img'), xlabel('x'), ylabel('y')
59
60 subplot(3,2,2), imagesc(fx,fy,Ichapmod.^.1), colorbar, axis('image')
61 title('|TF(img)|^{0.1}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
62
63 subplot(3,2,4), imagesc(fx,fy,hchap), colorbar, axis('image')
64 title('masque passe-haut circ.'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
65
66 subplot(3,2,6), imagesc(fx,fy,Ichapfiltmod.^.1), colorbar, axis('image')
67 title('|TF(img filt.)|^{0.1}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
68
69 subplot(3,2,5), imagesc(Ifilt2), colorbar, axis('image')
70 title('img filtrée (passe-haut)'), xlabel('x'), ylabel('y')

```

```

72 % somme des deux images filtrées = image de départ ?
73 Iff=Ifilt+Ifilt2;
74 subplot(3,2,3), imagesc(Iff), colorbar, axis('image')
75 title('I_f passe-bas + I_f passe-haut'), xlabel('x'), ylabel('y')
76 distance=sqrt(sum(sum((I-Iff).^2)))/(dimx*dimy);
77 ['distance entre image de départ et somme des deux images filtrées : ', num2str(distance)]
78 ['comparée à l"intégrale de l"image : ', num2str(sum(sum(I)))]
79 ['soit ', num2str(distance/sum(sum(I))*100), '% de différence']

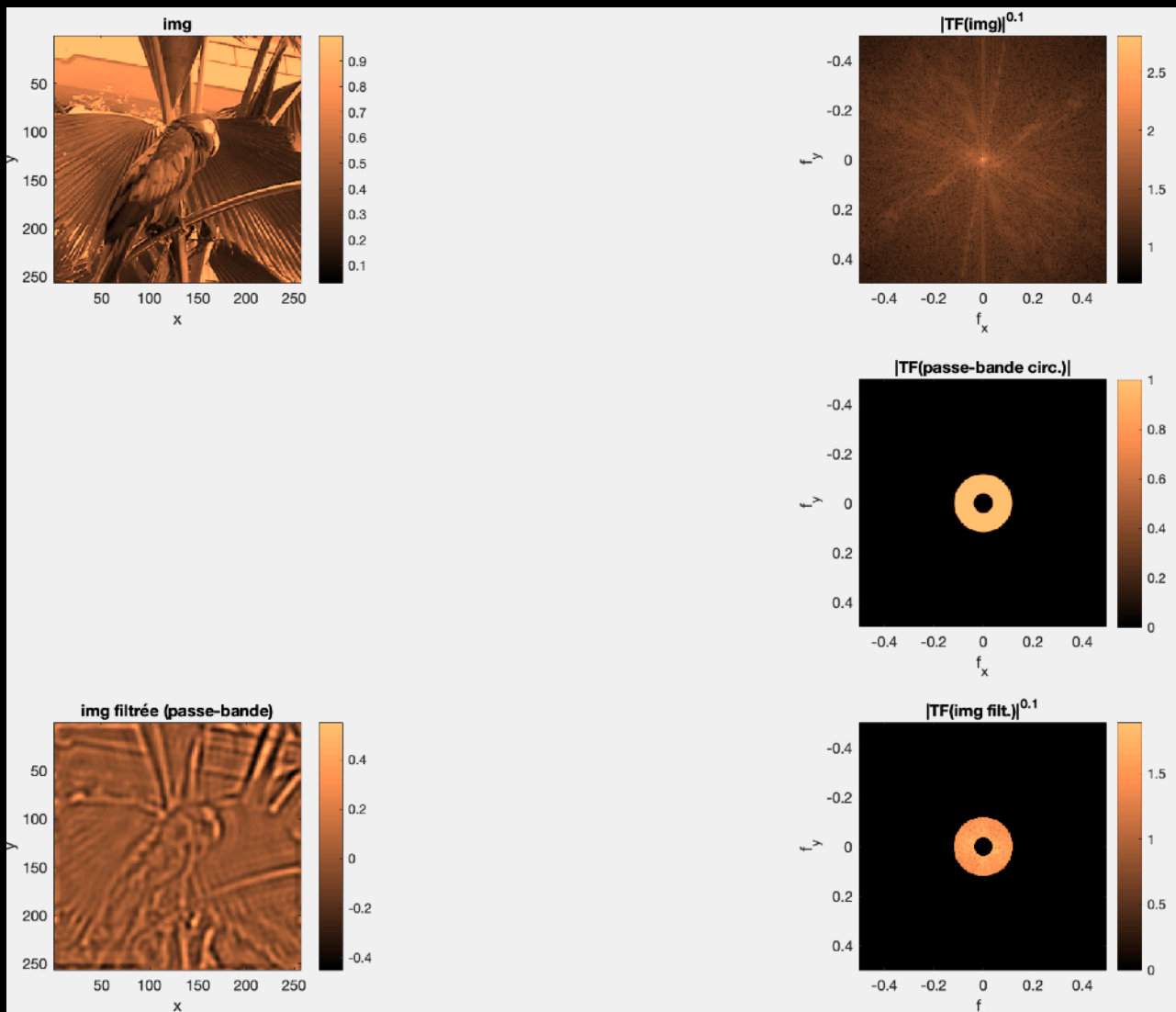
```



```

81 % (3) filtrage passe-bande circulaire
82 hchap=zeros(dimx,dimy);
83 rrr=30; hhh=fspecial('disk',rrr); hhh=hhh/max(max(hhh));
84 hchap(dimx/2+1-rrr:dimx/2+1+rrr,dimy/2+1-rrr:dimy/2+1+rrr)=hhh;
85 hchap(dimx/2+1-rrr:dimx/2+1+rrr,dimy/2+1-rrr:dimy/2+1+rrr)=1-hh;
86
87 Ichapfilt=fftshift(hchap).*Ichap;
88 Ichapfiltmod=abs(fftshift(Ichapfilt));
89
90 Ifilt=real(ifft2(Ichapfilt));
91
92 % représentation
93 figure(3), colormap('copper')
94
95 subplot(3,2,1), imagesc(I), colorbar, axis('image')
96 title('img'), xlabel('x'), ylabel('y')
97
98 subplot(3,2,2), imagesc(fx,fy,Ichapmod.^.1), colorbar, axis('image')
99 title('|TF(img)|^{0.1}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
100
101 subplot(3,2,4), imagesc(fx,fy,hchap), colorbar, axis('image')
102 title('|TF(passe-bande circ.)|'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
103
104 subplot(3,2,6), imagesc(fx,fy,Ichapfiltmod.^.1), colorbar, axis('image')
105 title('|TF(img filt.)|^{0.1}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
106
107 subplot(3,2,5), imagesc(Ifilt), colorbar, axis('image')
108 title('img filtrée (passe-bande)'), xlabel('x'), ylabel('y')

```



```

110 % (4) filtrage coupe-bande circulaire
111 hchap=1.-hchap;
112
113 Ichapfilt=fftshift(hchap).*Ichap;
114 Ichapfiltmod=abs(fftshift(Ichapfilt));
115
116 Ifilt2=real(ifft2(Ichapfilt));
117
118 % représentation
119 figure(4), colormap('summer')
120
121 subplot(3,2,1), imagesc(I), colorbar, axis('image')
122 title('img'), xlabel('x'), ylabel('y')
123
124 subplot(3,2,2), imagesc(fx,fy,Ichapmod.^1), colorbar, axis('image')
125 title('|TF(img)|^{0.1}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
126
127 subplot(3,2,4), imagesc(fx,fy,hchap), colorbar, axis('image')
128 title('|TF(coupe-bande circ.)|'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
129
130 subplot(3,2,6), imagesc(fx,fy,Ichapfiltmod.^1), colorbar, axis('image')
131 title('|TF(img filt.)|^{0.1}'), xlabel('f_x'), ylabel('f_y')
132
133 subplot(3,2,5), imagesc(Ifilt2), colorbar, axis('image')
134 title('img filtrée (coupe-bande)'), xlabel('x'), ylabel('y')

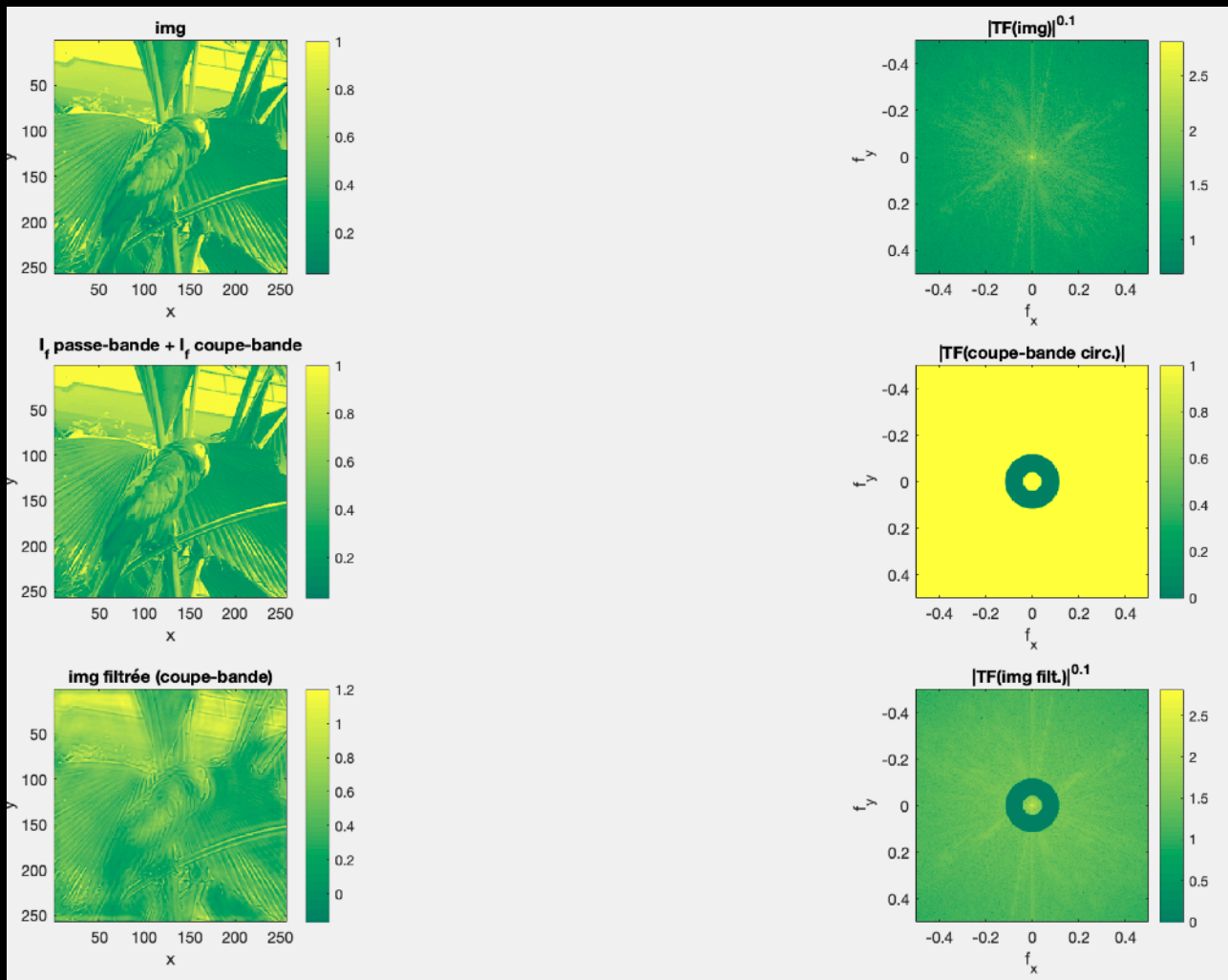
```

```

136 % somme des deux images filtrées = image de départ ?
137 Iff=Ifilt+Ifilt2;
138 subplot(3,2,3), imagesc(Iff), colorbar, axis('image')
139 title('I_f passe-bande + I_f coupe-bande'), xlabel('x'), ylabel('y')
140 distance=sqrt(sum(sum((I-Iff).^2)))/(dimx*dimy);
141 ['distance entre image de départ et somme des deux images filtrées : ', num2str(distance)]
142 ['comparée à l"intégrale de l"image : ', num2str(sum(sum(I)))]
143 ['soit ', num2str(distance/sum(sum(I))*100), '% de différence']

```





**Exercice 12bis :** Filtrer une image de votre choix par un filtre qui ne laisse passer qu'une partie des fréquences (passe-bande). Prenez une bande de fréquences chacun·e puis vérifiez que l'on retrouve bien l'image initiale en additionnant toutes les images filtrées en une image composite.