Université Lille 1

MASTER 1 INFORMATIQUE
Deuxième semestre

Traitement d'images

TP n°05

BARCHID Sami

CARTON Floriane

Année académique 2018-2019

Introduction

La matière vue dans ce TP traite de la classification automatique de textures cycliques par analyse du plan de Fourier. Le but de ce rapport est d'analyser les transformées de Fourier d'images de motifs cycliques pour définir des propriétés spécifiques afin de trouver une manière de classifier automatiquement une image choisie.

Ce TP est divisé en 5 parties, représentant les 5 questions posées dans l'énoncé du TP.

Question 1 : Fréquence spatiale du motif cyclique

L’objectif de cette première question du TP est de charger l’image présentée ci-dessous (*figure 1*) pour déterminer la fréquence spatiale f en cycles/pixel ainsi que T_x et T_y les périodes spatiales (distances en pixels) séparant deux maxima locaux consécutif (en bref, distances en pixels séparant deux lignes blanches ici).

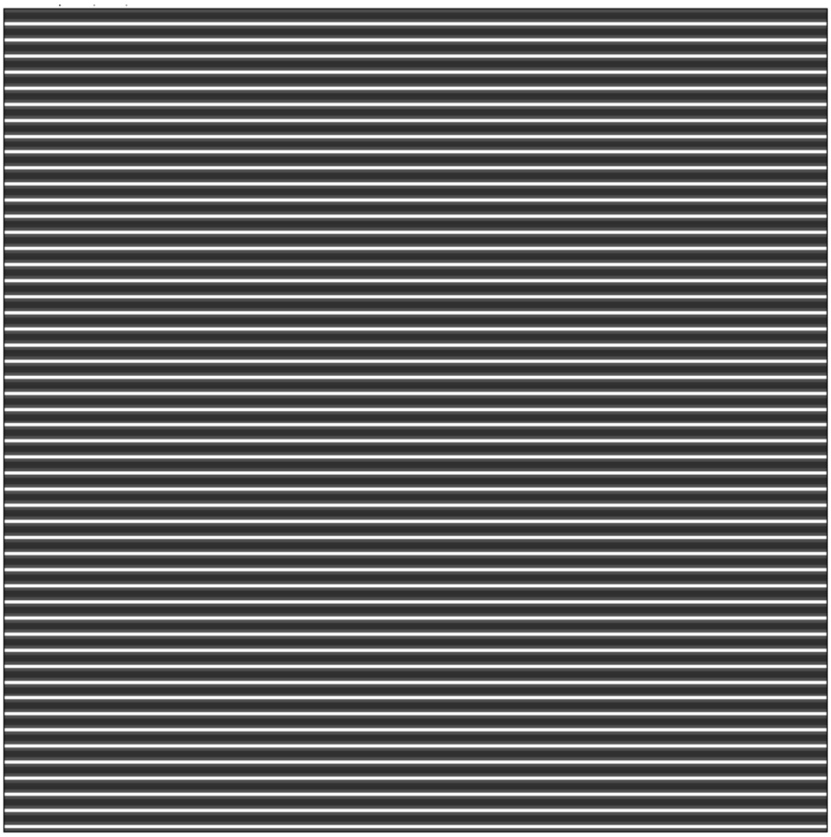


FIGURE 1 – MOTIF CYCLIQUE VERTICAL *256x256*

On remarque en premier lieu qu’il n’y a pas de motif horizontalement et que donc la période spatiale T_x ne vaut rien.

Nous observons aussi que, verticalement, la distance en pixels séparant deux lignes blanches (les maximaux locaux) du motif cyclique est de 5 pixels, ce qui nous donne la période spatiale suivante : $T_y=5$

D’autre part, pour calculer f, la fréquence spatiale du motif cyclique, il suffit d’utiliser T_y, qui détermine qu’il y a 1 cycle tous les 5 pixels.

Ainsi, la fréquence spatiale est $f=1/5 cycles \times pixel^{-1}$.

Question 2 : Raie maximale

Dans cette partie du TP, nous avons lancé la macro permettant de calculer la transformée de Fourier de l'image utilisée précédemment afin de retrouver la raie maximale. Le but étant de déterminer les coordonnées dans l'image et dans le plan de Fourier *[-0.5 ; 0.5] x [-0.5 ; 0.5]* de cette raie maximale.

La *figure 2* ci-dessous représente l'image (zoomée) obtenue par l'exécution de la transformée de Fourier de l'image présentée en *figure 1*. De plus, la *figure 2* présente la raie maximale de la transformée de Fourier par un point de niveau de gris 0 (donc noir).

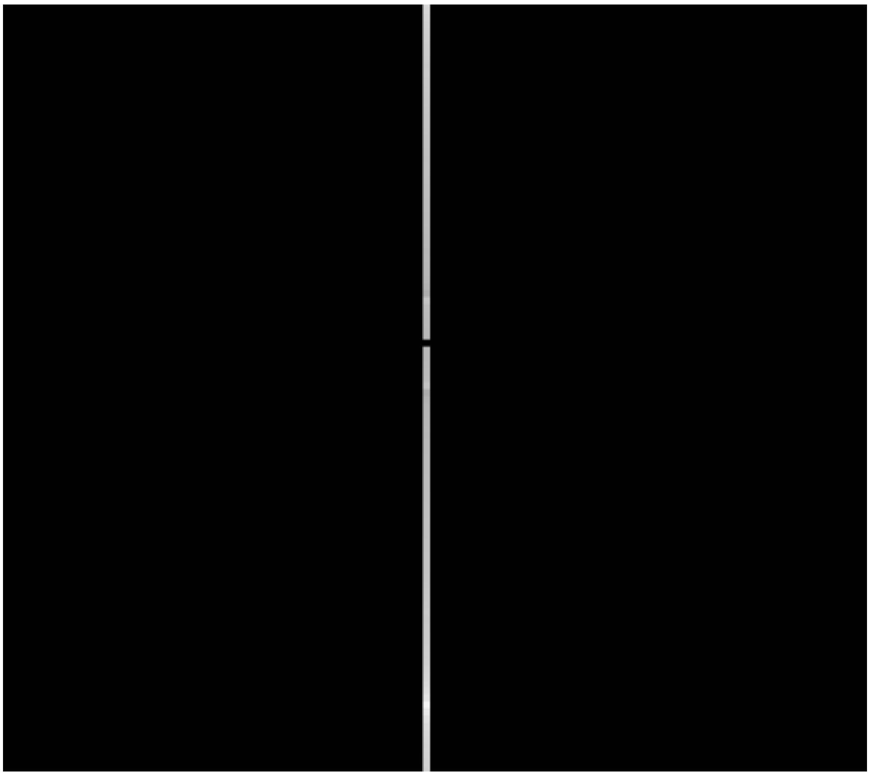


FIGURE 2 – TRANSFORMEE DE FOURIER DE LA FIGURE 1 AVEC RAIE MAXIMALE EN NOIR (ZOOM)

Premièrement, nous remarquons que, contrairement à ce qui a été vu au cours théorique où la transformée de Fourier d'un motif cyclique aurait dû être composée de 3 points (la raie maximale et deux raies secondaires), ici nous obtenons une ligne de niveaux de gris. Ceci s'explique par le fait que le motif cyclique analysé n'est pas une représentation théorique parfaite, ce qui a pour effet de répartir ces raies en une ligne de niveaux de gris correspondant aux légères variations de fréquence que l'on rencontre en pratique. En revanche, les raies maximale et secondaires d'une transformée de Fourier d'un motif cyclique peuvent être trouvées en recherchant les trois premières valeurs maximales sur l'image de la transformée de Fourier du motif.

En ce qui concerne la raie maximale, nous remarquons que ses coordonnées dans le plan de Fourier sont : **[0 ; 0]**, c'est-à-dire le centre de l'image.

Dans le plan de l'image, les coordonnées de la raie maximale sont : **[128 ; 128]**.

Ci-dessous se trouve un extrait de code qui nous a permis d'obtenir ces résultats :

```
// application de la TDF (FFT : Fast Fourier Transform)
run("FFT");

// recuperation de l'ID du module de la FFT
fourier = getImageID();

// recuperation de la taille W x H du module de la FFT
W = getWidth();
H = getHeight();

// recherche de la raie maximale
max_1 = 0;
i_max_1 = 0;
j_max_1 = 0;

for (j=0; j<H; j++)
{
    for (i=0; i<W; i++)
    {
        p = getPixel(i,j);
        if ( max_1 < p)
        {
            max_1 =p;
            i_max_1 = i;
            j_max_1 =j;
        }
    }
}

// mise a zero de la raie maximale pour pouvoir l'observer sur l'image
// de la transformée de Fourier
setPixel (i_max_1,j_max_1,0);

print("Coordonnées de la raie maximale dans le plan de Fourier [-0.5 ; 0.5] x [-0.5 ; 0.5]");
xFCentre = ((H/2) - i_max_1)/H;
yFCentre = ((H/2) - j_max_1)/H;
print("x = " + xFCentre);
print("y = " + yFCentre);


print("Coordonnées de la raie maximale dans l'image");
print("x = " + i_max_1);
print("y = " + j_max_1);
```

Question 3 : Raies secondaires

Cette partie du TP consiste à trouver et observer les coordonnées des raies secondaires dans le plan de Fourier du motif cyclique pour l'image analysée dans la *Question 1*.

La *figure 3* ci-dessous représente les raies maximale et secondaires de la transformée de Fourier de l'image présentée en figure 1 au moyen de points noirs (zoomée).

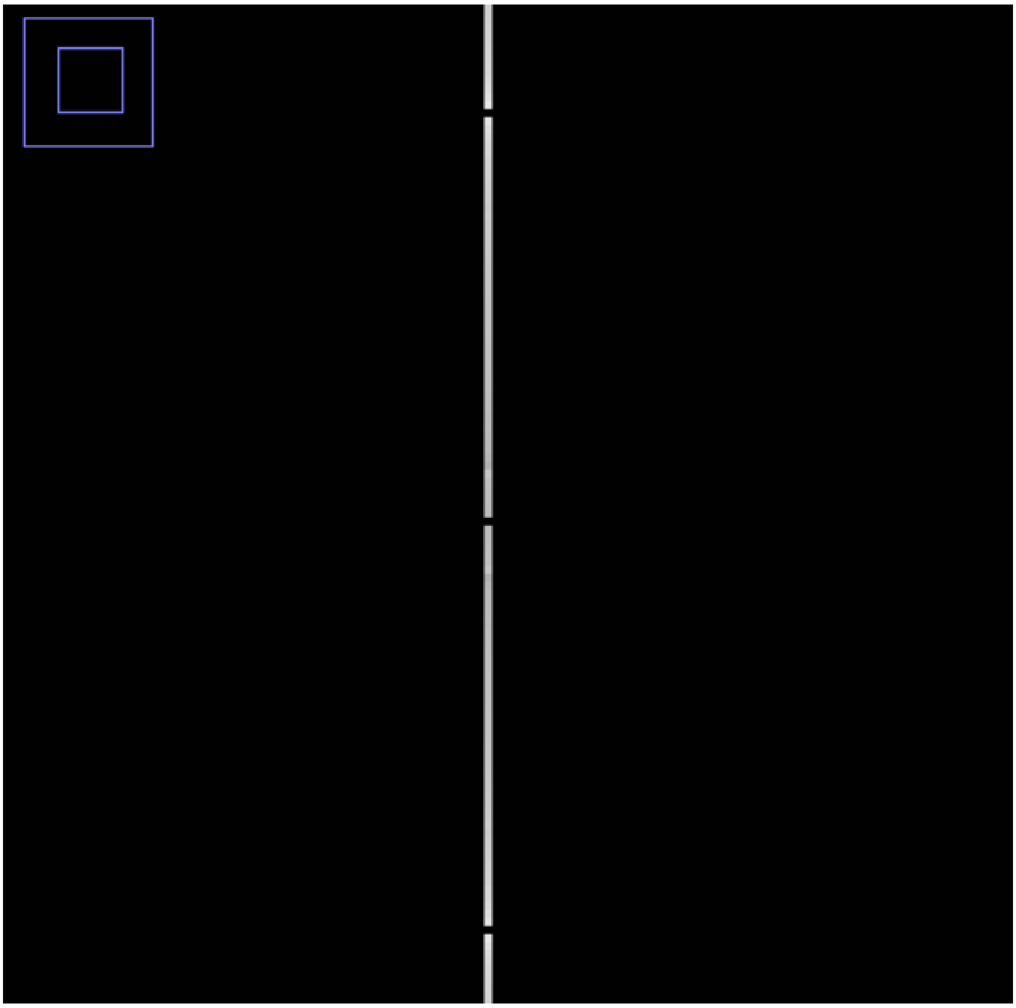


FIGURE 3 – TRANSFORMÉE DE FOURIER DE LA FIGURE 1 AVEC RAIE MAXIMALE ET RAIES SECONDAIRES EN NOIRE (ZOOM)

Nous remarquons que les deux raies secondaires se trouvent sur la ligne de part et d'autre de la raie maximale (au centre).

Les coordonnées des raies secondaires sont :

	Dans le plan de Fourier [-0.5 ; 0.5] x [-0.5 ; 0.5]	**Dans l'image**
Raie secondaire 1	[0 ; 0.1992]	[128 ; 77]
Raie secondaire 2	[0 ; -0.1992]	[128 ; 179]

On remarque ici que, comme le motif est cyclique **verticalement**, nous ne remarquons pas de changement sur l'axe des *X* pour les deux raies secondaires.

D'autre part, pour trouver les coordonnées des raies secondaires dans le plan de Fourier à partir des coordonnées des raies dans l'image, nous avons dû effectuer les opérations suivantes :

- $x_{fourier}=((L/2)-x_{image})/L$
- $y_{fourier}=((H/2)-y_{image})/H$
- Où :
    - $H\ et\ L$ sont respectivement les hauteur et largeur de l'image
    - $x_{fourier}$ est la coordonnée en abscisse de la raie secondaire
    - $y_{fourier}$ est la coordonnée en ordonnée de la raie secondaire
    - x_{image} et y_{image} sont les coordonnées trouvées en abscisse et ordonnée de la raie secondaire
- De telle sorte que $H/2 et L/2$ sont les coordonnées du centre de l'image (= la raie maximale).

Question 4 : Analyse sur d’autres images

L’objectif de cette partie du TP est de réitérer, sur deux nouvelles images, les différentes observations effectuées dans les questions précédentes.

Image 1

La première image à analyser est un motif cyclique vertical de taille *128x128* similaire à l’image analysée dans les parties précédentes.

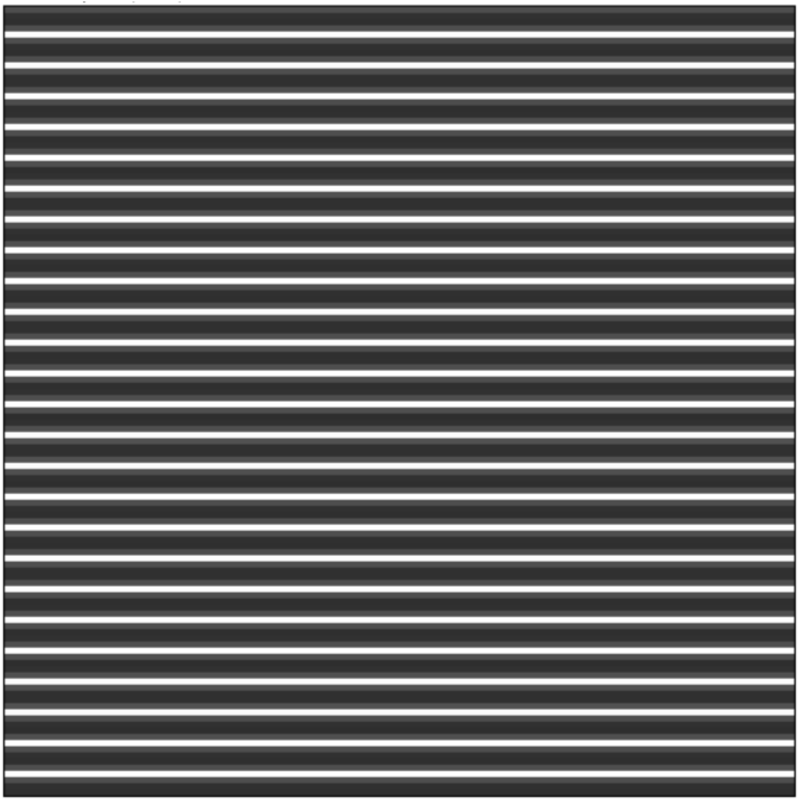


FIGURE 4 – MOTIF CYCLIQUE VERTICAL *128x128*

Nous observons alors la fréquence et les périodes spatiales suivantes :

T_x	T_y	f
/	5 pixels	1/5 $cycles \cdot pixel^{-1}$

Après application de la transformée de Fourier, nous obtenons les raies maximales et secondaires suivantes :

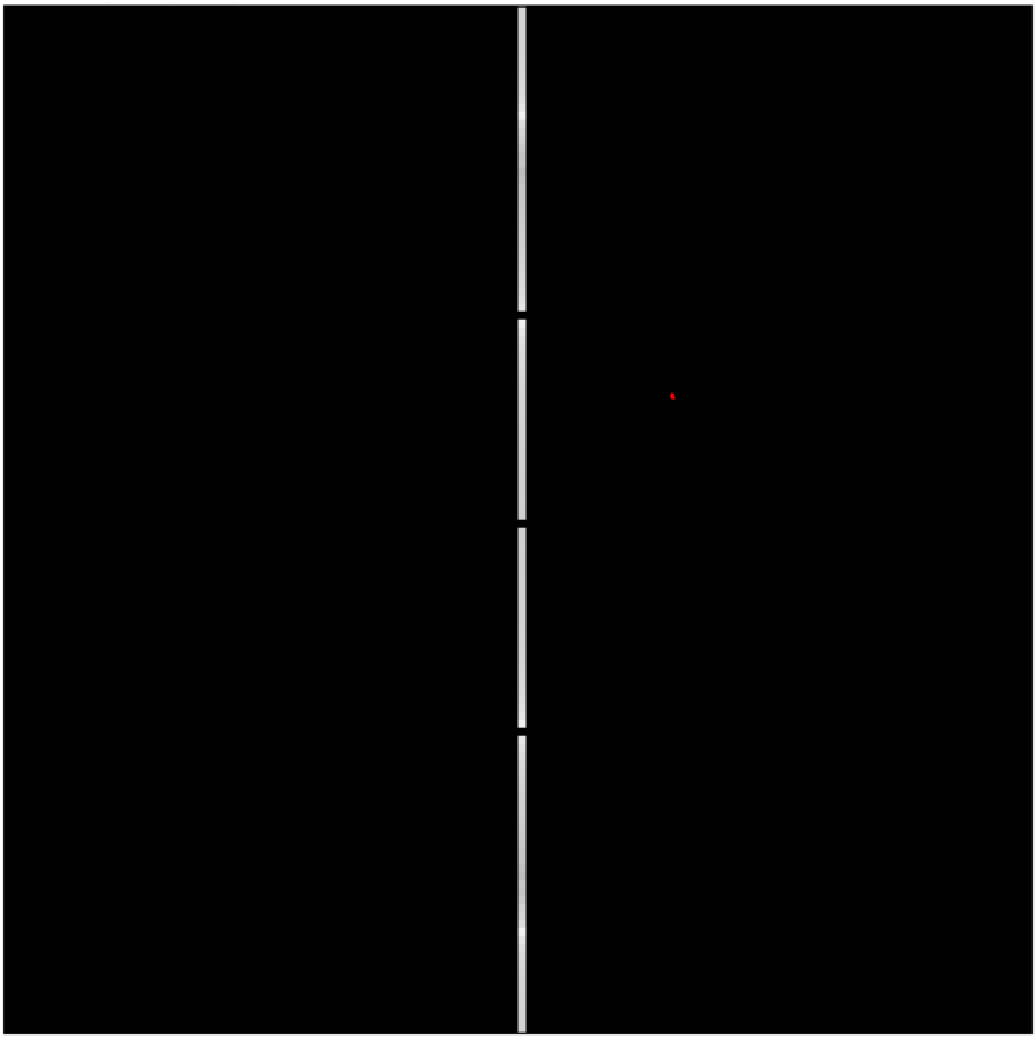


FIGURE 5 – TRANSFORMÉE DE FOURIER DU MOTIF CYCLIQUE VERTICAL *128X128* AVEC RAIES MAXIMALE ET SECONDAIRES

Les coordonnées dans l'image et dans le plan de Fourier des raies maximale et secondaires sont données par le tableau suivant :

	Dans le plan de Fourier [-0.5 ; 0.5] x [-0.5 ; 0.5]	**Dans l'image**
Raie maximale	[0 ; 0]	[64 ; 64]
Raie secondaire 1	[0 ; 0.2031]	[64 ; 38]
Raie secondaire 2	[0 ; -0.2031]	[64 ; 90]

Nous pouvons, avec ces observations, constaté que, lors d'un motif cyclique vertical :

- La transformée de Fourier ne varie pas en *X* (il reste égal à 0) car il n'y a pas de fréquence horizontale.

- La raie maximale est placée au centre, c'est-à-dire en [0 ; 0] sur le plan de Fourier et en $[Largeur/2; Hauteur/2]$ dans le plan de l'image.

- Les deux raies secondaires sont situées de part et d'autre de la raie maximale à une égale distance.

- Les coordonnées dans le plan de Fourier sont proches de 1/5 qui est la fréquence spatiale du motif, ce qui est logique.

Image 2

L'image suivante qui sera analysée est l'image *256x256* d'un motif cyclique en oblique.

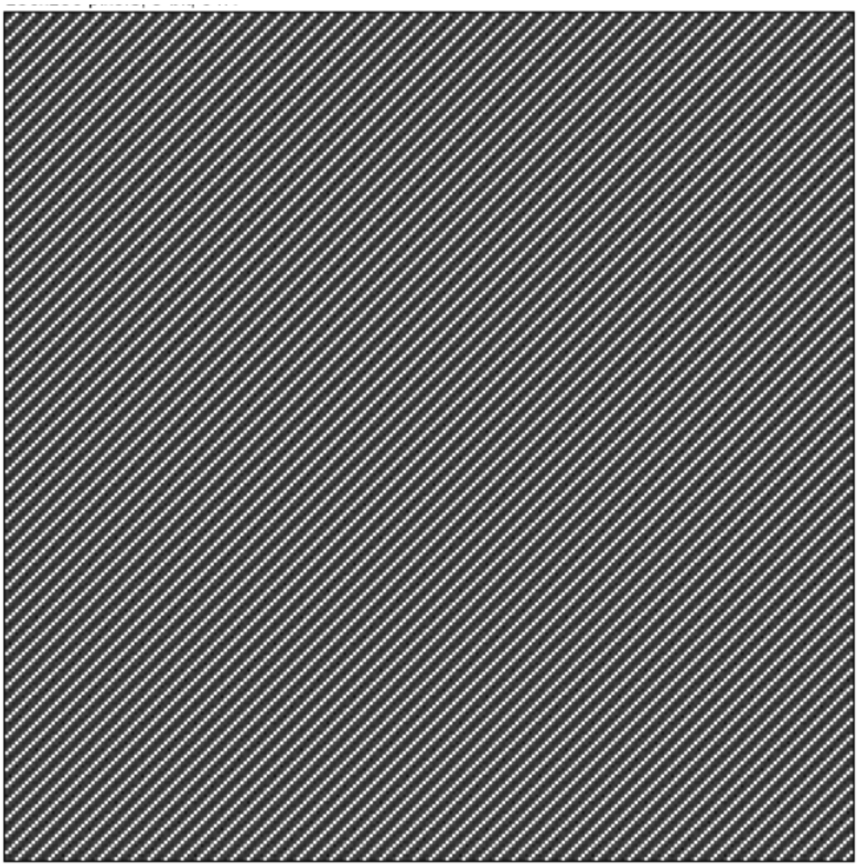


FIGURE 6 – MOTIF OBLIQUE *256x256*

FIGURE 7 – MOTIF OBLIQUE *256x256* ZOOMÉ

Nous observons la fréquence et les périodes spatiales suivantes :

T_x	T_y	f
5 pixels	5 pixels	1/5 $cycles \cdot pixel^{-1}$

Après l'application de la transformée de Fourier sur l'image ainsi que de la recherche des raies maximale et secondaires, nous obtenons les résultats suivants :

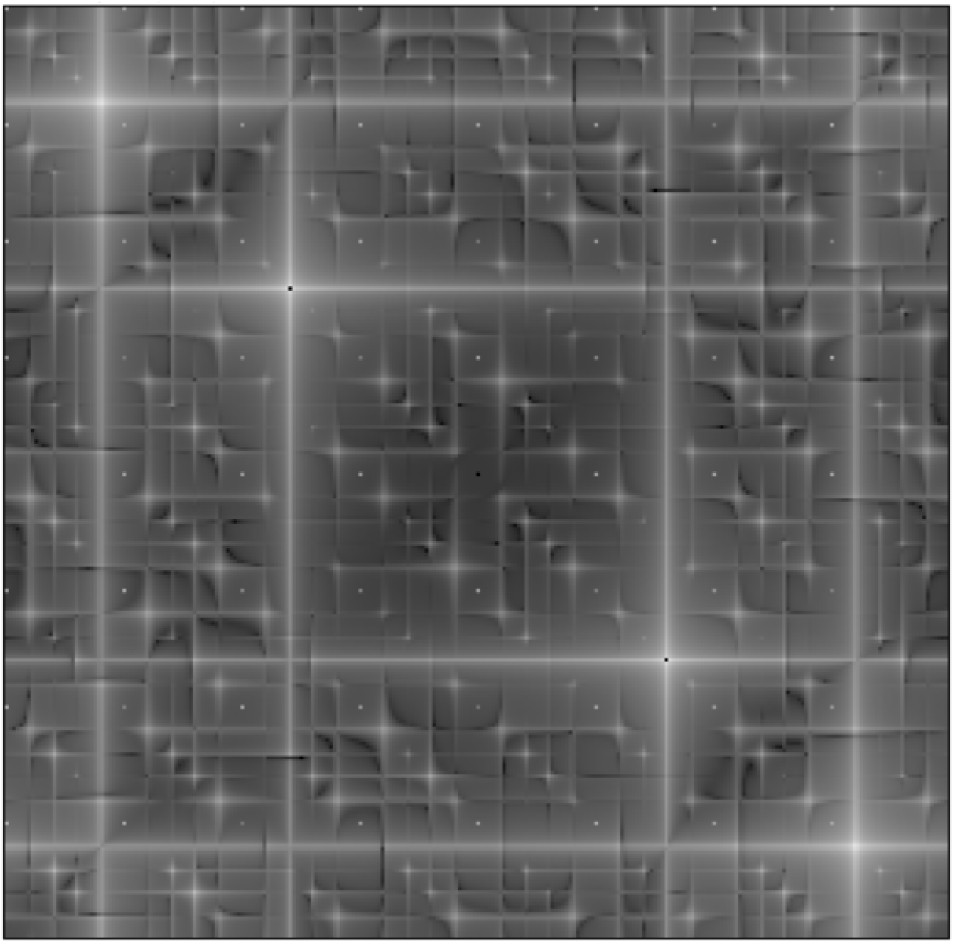


FIGURE 8 – TRANSFORMEE DE FOURIER DU MOTIF OBLIQUE *256x256* AVEC RAIES MAXIMALE ET SECONDAIRES

Les coordonnées des raies sont les suivantes :

	Dans le plan de Fourier [-0.5 ; 0.5] x [-0.5 ; 0.5]	**Dans l'image**
Raie maximale	[0 ; 0]	[128 ; 128]
Raie secondaire 1	[0.1992; 0.1992]	[77 ; 77]
Raie secondaire 2	[-0.1992 ; -0.1992]	[179 ; 179]

Nous observons plusieurs choses :

- Lors d'un motif cyclique oblique, les coordonnées dans le plan de Fourier en *X* et en *Y* varie en ce qui concerne les coordonnées des raies secondaires :
    - Une raie secondaire possède des coordonnées positives
    - L'autre possède des coordonnées négatives
    - Elles sont, bien sûr, situées de part et d'autre de la raie maximale (qui se trouve au centre) et à égale distance.
- Les coordonnées dans le plan de Fourier des raies secondaires correspondent bien à la fréquence spatiale trouvée.

Question 5 : classification automatique d’un motif périodique

Cette partie du TP consiste, dans un premier temps, à élaborer une macro permettant de reconnaître et classifier les motifs selon trois classes représentant leurs orientations : **horizontal**, **vertical** et **diagonal** (= oblique).

Dans un second temps, nous classifierons et analyserons plusieurs images représentant divers motifs cycliques.

Classification automatique

La classification automatique de motif peut être réalisée en interprétant les signes des coordonnées des raies secondaires dans le plan de Fourier.

Ainsi, nous pouvons définir trois règles :

- Si les coordonnées en X des deux raies secondaires sont égales à 0, alors l’image est une texture **verticale**.
- Si les coordonnées en Y des deux raies secondaires sont égales à 0, alors l’image est une texture **horizontale**.
- Si les coordonnées en X et Y ont une valeur non nulle, alors l’image est une texture **diagonale**.

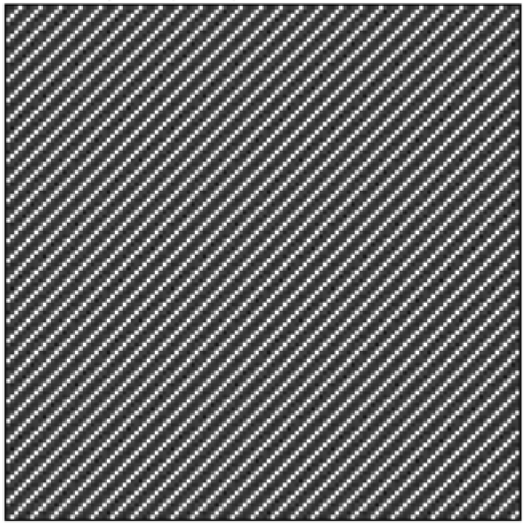
Nous obtenons alors la macro de classification suivante :

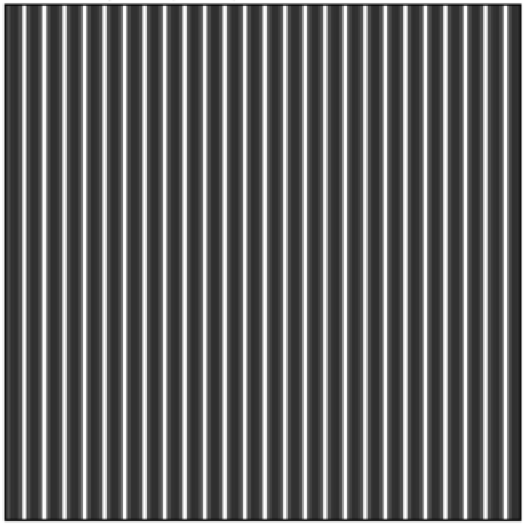
```
// ouverture d'une image si necessaire - sinon la macro analyse l'image courante
//open ("/home/bmathon/Enseignement/TI/tp6_TF/images/256_a.jpg");
// recuperation de l'identifiant de l'image
image = getImageID();

// application de la TDF (FFT : Fast Fourier Transform)
run("FFT");

// recuperation de l'ID du module de la FFT
fourier = getImageID();

// recherche et affichage de la raie maximale
print("\nCalcul de la raie maximale :");
coordRaieMax = rechercheMaxEtMaj();

print("\nCalcul de la raie secondaire 1 :");
coordRaieSec1 = rechercheMaxEtMaj();

print("\nCalcul de la raie secondaire 2 :");
coordRaieSec2 = rechercheMaxEtMaj();

// si les coordonnées en X des deux raies secondaires = 0, alors on est dans une texture verticale.
if(coordRaieSec1[0] == 0 && coordRaieSec2[0] == 0) {
    print("Classe : VERTICALE");
}

// si les coordonnées en Y des deux raies secondaires = 0, alors on est dans une texture horizontale.
if(coordRaieSec1[1] == 0 && coordRaieSec2[1] == 0) {
    print("Classe : HORIZONTALE");
}

// si les coordonnées en X des deux raies secondaires = 0, alors on est dans une texture verticale.
if(coordRaieSec1[0] != 0 && coordRaieSec1[1] != 0 && coordRaieSec2[0] != 0 && coordRaieSec2[1] != 0) {
    print("Classe : DIAGONALE");
}
```

```
//
/**
 * Fonction qui cherche le pixel de meilleur niveau de gris de l'image et
 * change son niveau de gris à 0. Utile pour trouver les raies dans la transformée de Fourier
 * et les mettre en évidence sur une image.
 *
 * retourne un tableau correspondant aux coordonnées dans le plan de Fourier.
 */
function rechercheMaxEtMaj() {
    max_1 = 0;
    i_max_1 = 0;
    j_max_1 = 0;

    // récupération des coordonnées de l'image
    W = getWidth();
    H = getHeight();

    for (j=0; j<H; j++)
    {
        for (i=0; i<W; i++)
        {
            p = getPixel(i,j);
            if ( max_1 < p)
            {
                max_1 =p;
                i_max_1 = i;
                j_max_1 =j;
            }
        }
    }
    setPixel (i_max_1,j_max_1,0);

    print("# Dans le plan de Fourier");
    print("----> x = " + ((W/2) - i_max_1)/W);
    print("----> y = " + ((H/2) - j_max_1)/H);
    print("# Dans le plan de l'image");
    print("----> x = " + i_max_1);
    print("----> y = " + j_max_1);

    // retourne les coordonnées dans le plan de Fourier
    return newArray(((W/2) - i_max_1)/W, (H/2) - j_max_1)/H);
}
```

Test de la classification sur des images

Le tableau suivant présente les images testées accompagnées des coordonnées dans le plan de Fourier et de l’image des raies secondaires (nous n’affichons pas les coordonnées de la raie maximale puisqu’elle se trouve toujours au centre).

Image	**Analyse**
 Motif 128x128	Calcul de la raie secondaire 1 : # Dans le plan de Fourier ----> x = 0.3984 ----> y = 0.3984 # Dans le plan de l'image ----> x = 13 ----> y = 13 Calcul de la raie secondaire 2 : # Dans le plan de Fourier ----> x = -0.3984 ----> y = -0.3984 # Dans le plan de l'image ----> x = 115 ----> y = 115 Classe : DIAGONALE



128x128

Calcul de la raie secondaire 1 :

Dans le plan de Fourier

----> x = 0.2031

----> y = 0

Dans le plan de l'image

----> x = 38

----> y = 64

Calcul de la raie secondaire 2 :

Dans le plan de Fourier

----> x = -0.2031

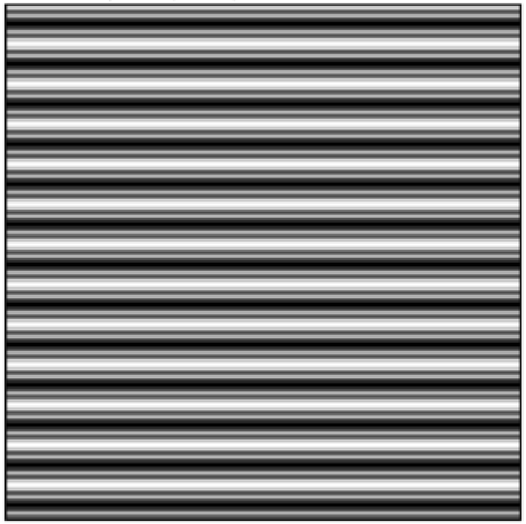
----> y = 0

Dans le plan de l'image

----> x = 90

----> y = 64

Classe : HORIZONTALE



128x128

Calcul de la raie secondaire 1 :

Dans le plan de Fourier

----> x = 0

----> y = 0.1016

Dans le plan de l'image

----> x = 64

----> y = 51

Calcul de la raie secondaire 2 :

Dans le plan de Fourier

----> x = 0

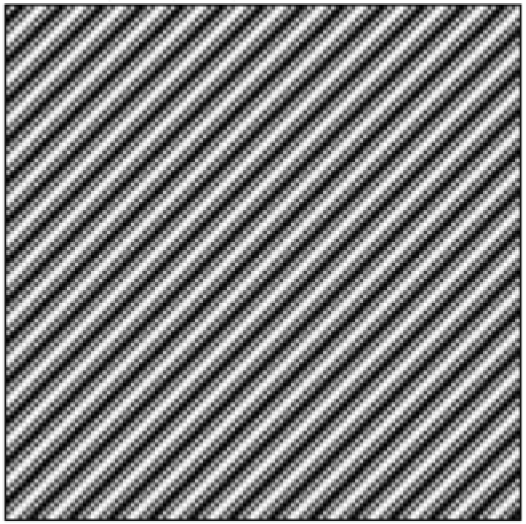
----> y = -0.1016

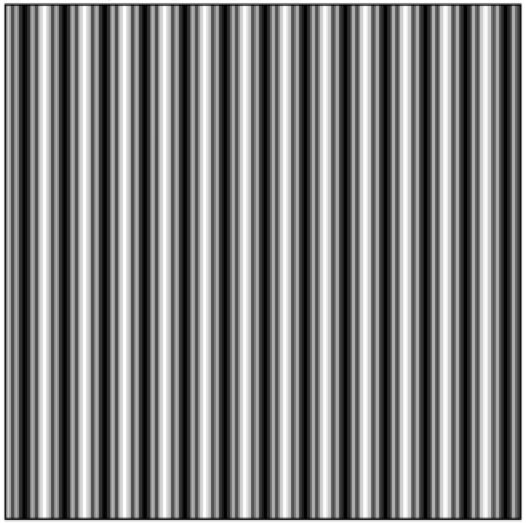
Dans le plan de l'image

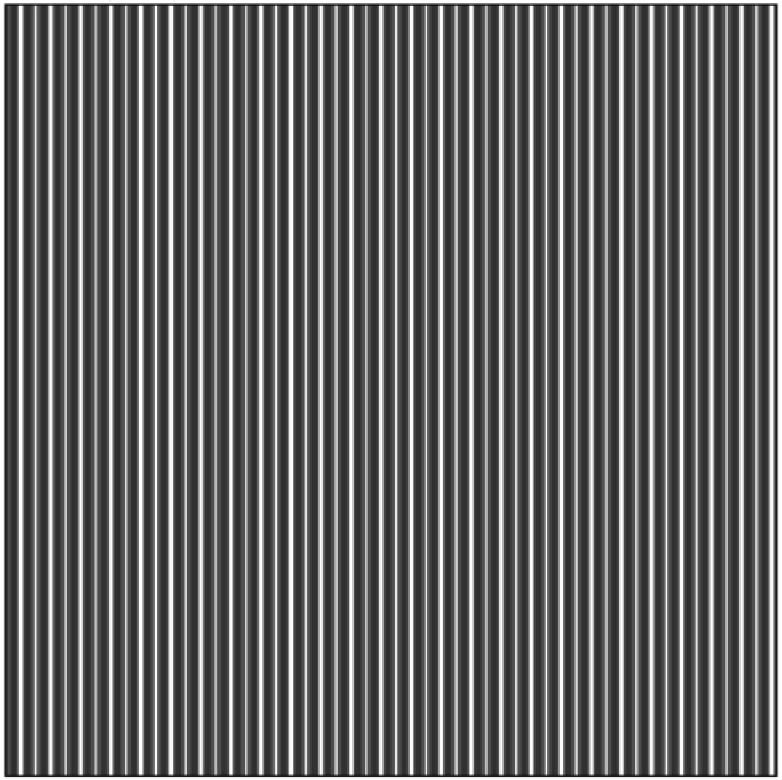
----> x = 64

----> y = 77

Classe : VERTICALE

 128x128	Calcul de la raie secondaire 1 : # Dans le plan de Fourier ----> x = 0.1016 ----> y = 0.1016 # Dans le plan de l'image ----> x = 51 ----> y = 51 Calcul de la raie secondaire 2 : # Dans le plan de Fourier ----> x = -0.1016 ----> y = -0.1016 # Dans le plan de l'image ----> x = 77 ----> y = 77 Classe : DIAGONALE

 128x128	Calcul de la raie secondaire 1 : # Dans le plan de Fourier ----> x = 0.1016 ----> y = 0 # Dans le plan de l'image ----> x = 51 ----> y = 64 Calcul de la raie secondaire 2 : # Dans le plan de Fourier ----> x = -0.1016 ----> y = 0 # Dans le plan de l'image ----> x = 77 ----> y = 64 Classe : HORIZONTALE

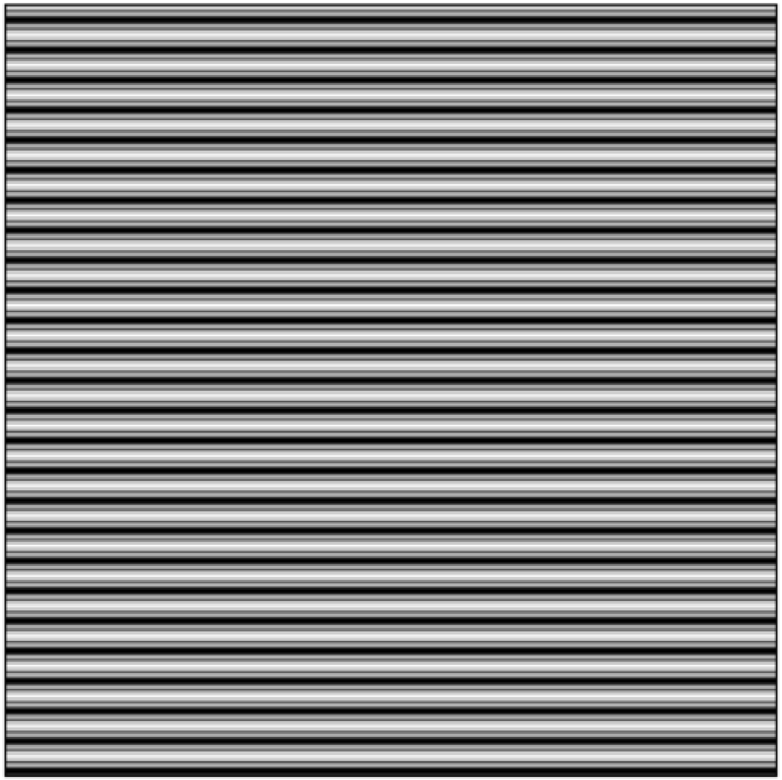


256x256

Calcul de la raie secondaire 1 :
Dans le plan de Fourier
----> x = 0.1992
----> y = 0
Dans le plan de l'image
----> x = 77
----> y = 128

Calcul de la raie secondaire 2 :
Dans le plan de Fourier
----> x = -0.1992
----> y = 0
Dans le plan de l'image
----> x = 179
----> y = 128

Classe : HORIZONTALE



256x256

Calcul de la raie secondaire 1 :

Dans le plan de Fourier

----> x = 0

----> y = 0.1016

Dans le plan de l'image

----> x = 128

----> y = 102

Calcul de la raie secondaire 2 :

Dans le plan de Fourier

----> x = 0

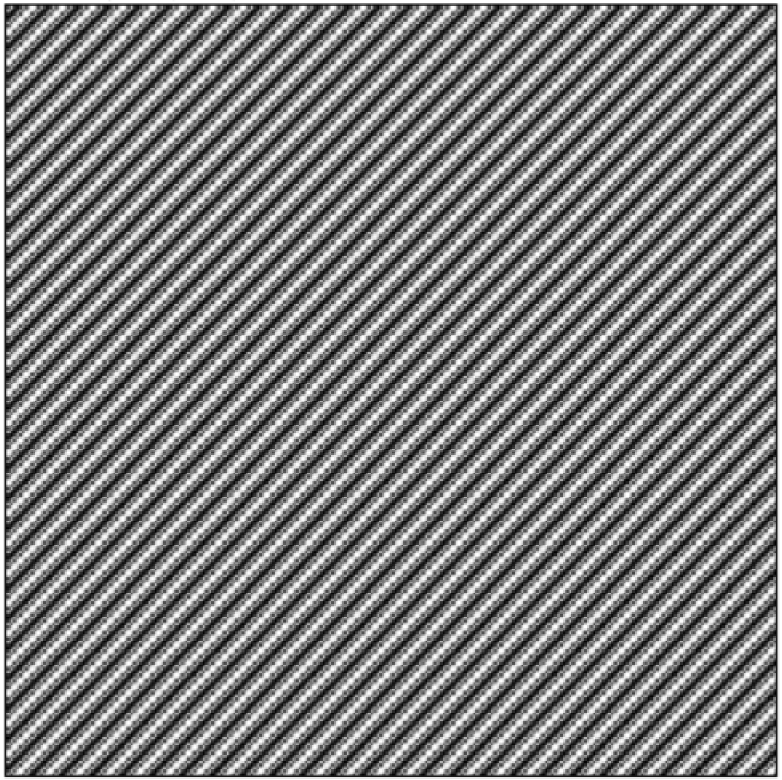
----> y = -0.1016

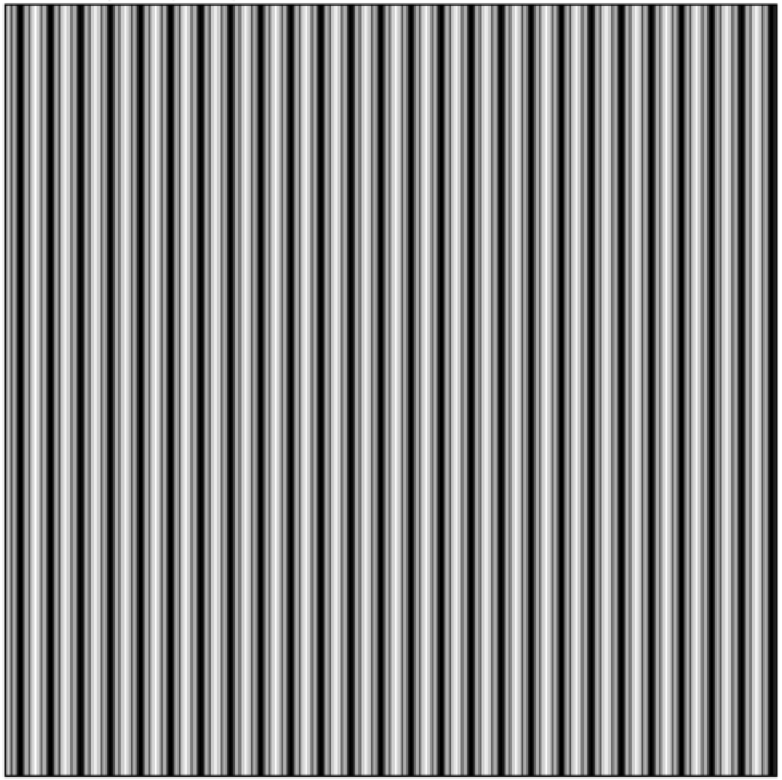
Dans le plan de l'image

----> x = 128

----> y = 154

Classe : VERTICALE

 256x256	Calcul de la raie secondaire 1 : # Dans le plan de Fourier ----> x = 0.3008 ----> y = 0.3008 # Dans le plan de l'image ----> x = 51 ----> y = 51 Calcul de la raie secondaire 2 : # Dans le plan de Fourier ----> x = -0.3008 ----> y = -0.3008 # Dans le plan de l'image ----> x = 205 ----> y = 205 Classe : DIAGONALE



256x256

Calcul de la raie secondaire 1 :

Dans le plan de Fourier

----> x = 0.1016

----> y = 0

Dans le plan de l'image

----> x = 102

----> y = 128

Calcul de la raie secondaire 2 :

Dans le plan de Fourier

----> x = -0.1016

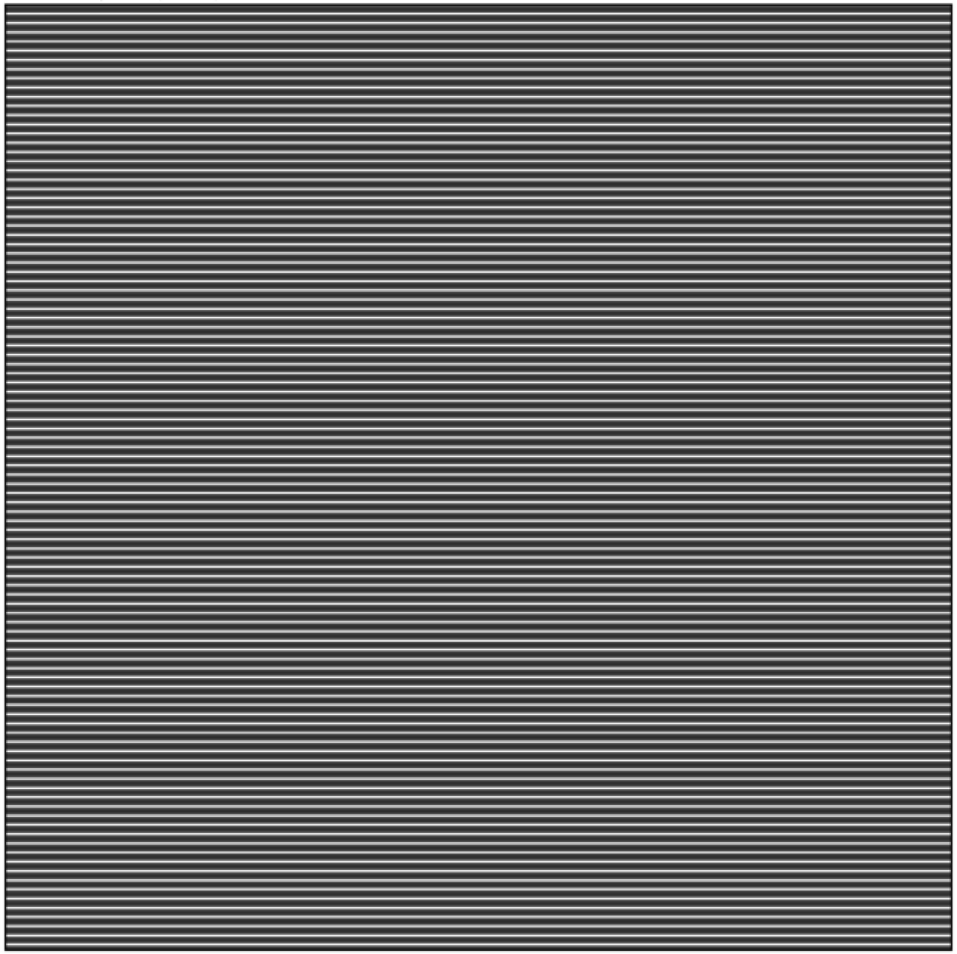
----> y = 0

Dans le plan de l'image

----> x = 154

----> y = 128

Classe : HORIZONTALE

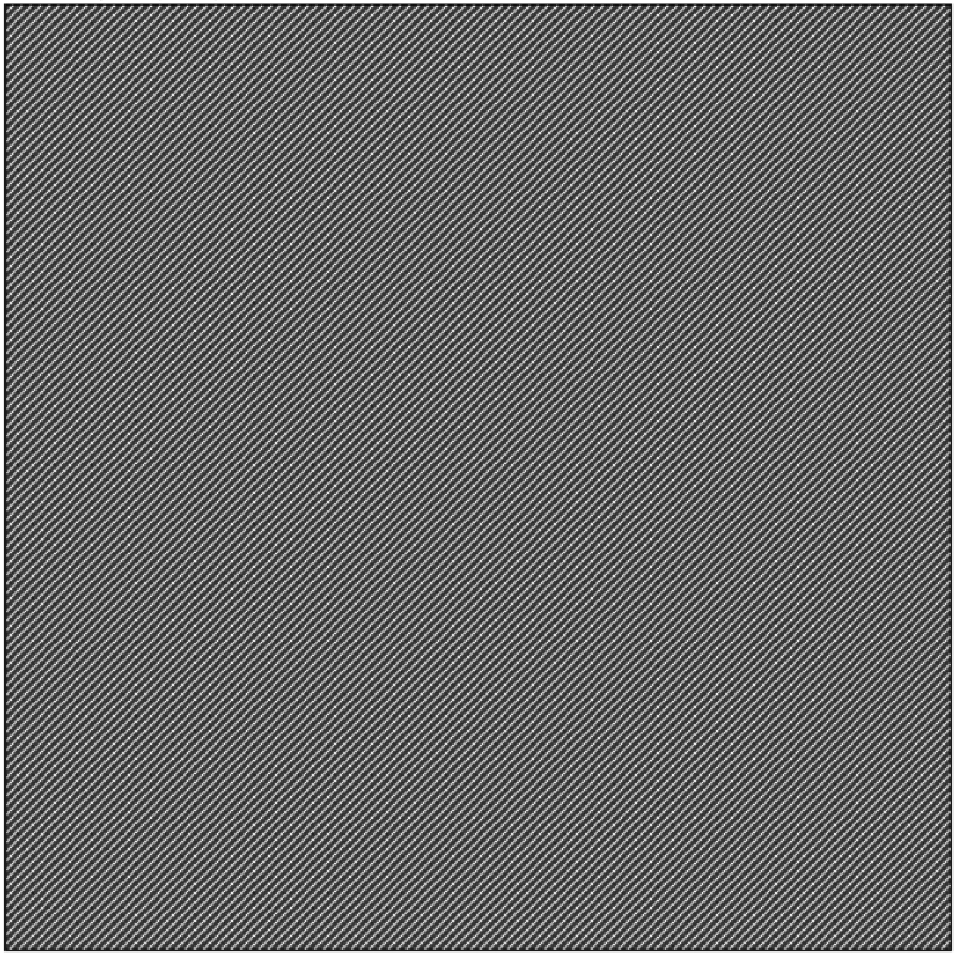


512x512

Calcul de la raie secondaire 1 :
Dans le plan de Fourier
----> x = 0
----> y = 0.1992
Dans le plan de l'image
----> x = 256
----> y = 154

Calcul de la raie secondaire 2 :
Dans le plan de Fourier
----> x = 0
----> y = -0.1992
Dans le plan de l'image
----> x = 256
----> y = 358

Classe : VERTICALE

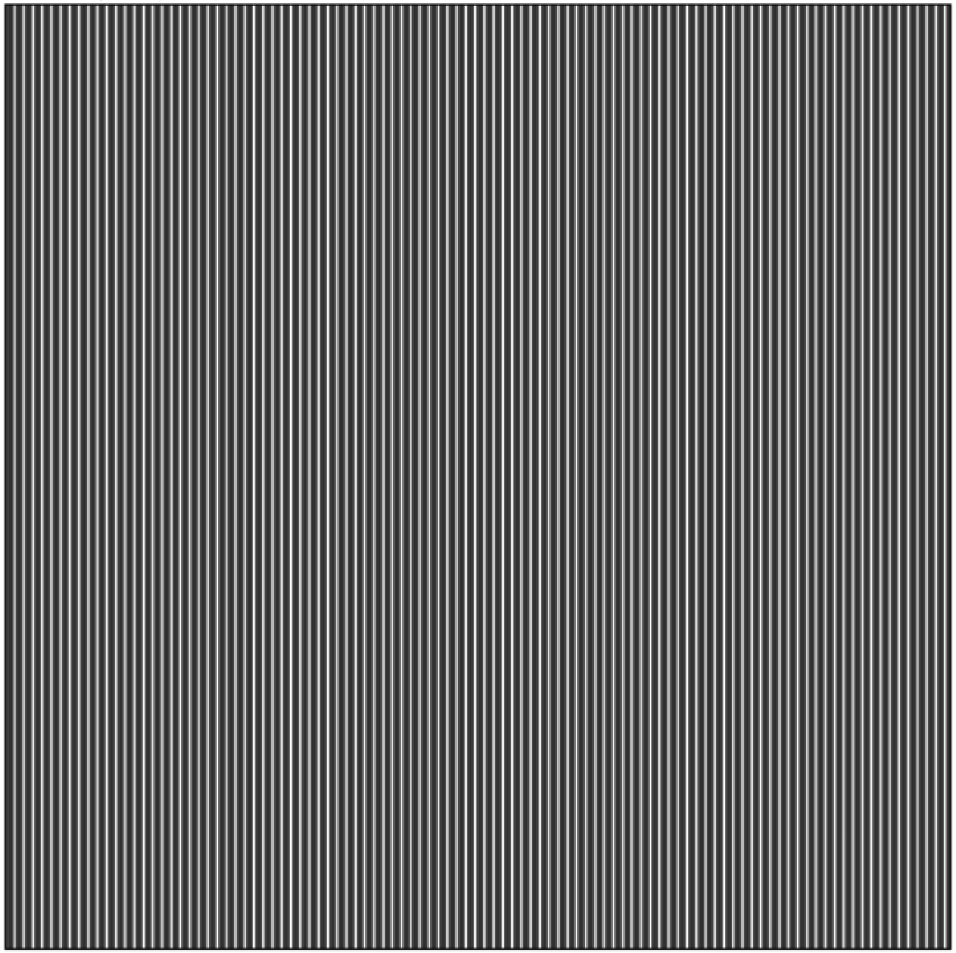


512x512

Calcul de la raie secondaire 1 :
Dans le plan de Fourier
----> x = 0.4004
----> y = 0.4004
Dans le plan de l'image
----> x = 51
----> y = 51

Calcul de la raie secondaire 2 :
Dans le plan de Fourier
----> x = -0.4004
----> y = -0.4004
Dans le plan de l'image
----> x = 461
----> y = 461

Classe : DIAGONALE



512x512

Calcul de la raie secondaire 1 :

Dans le plan de Fourier

----> x = 0.1992

----> y = 0

Dans le plan de l'image

----> x = 154

----> y = 256

Calcul de la raie secondaire 2 :

Dans le plan de Fourier

----> x = -0.1992

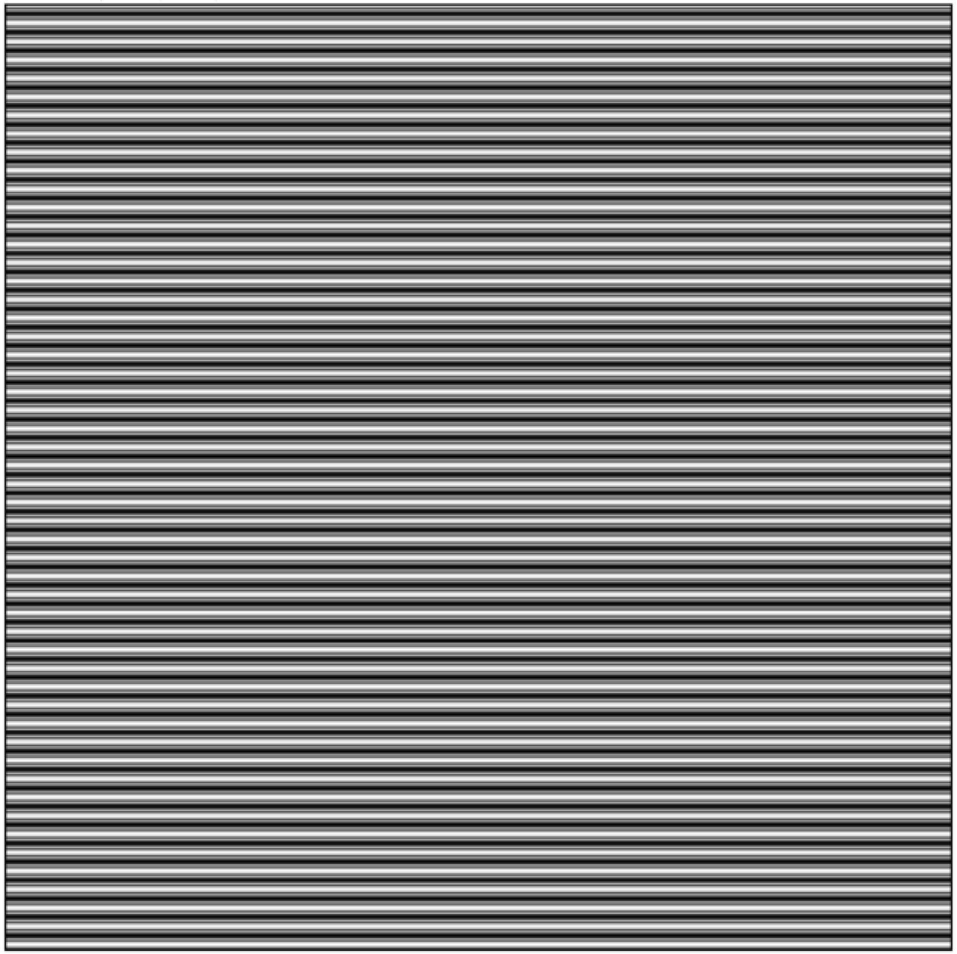
----> y = 0

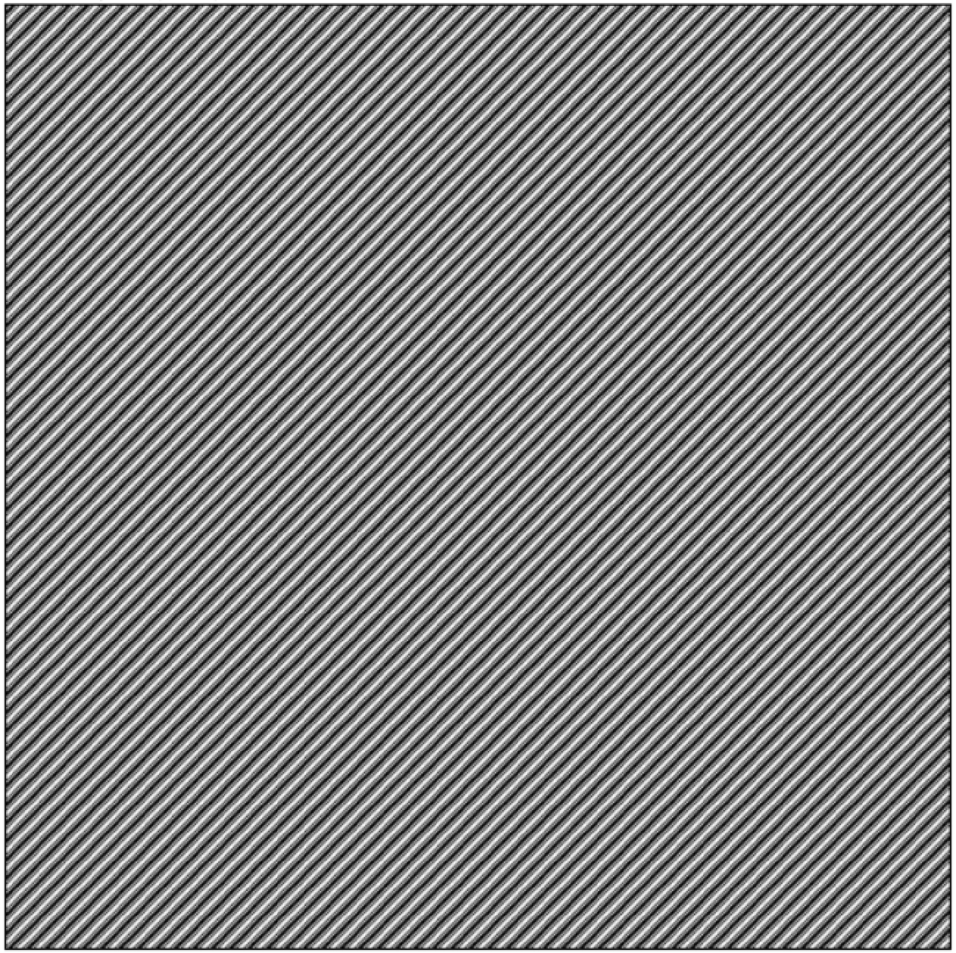
Dans le plan de l'image

----> x = 358

----> y = 256

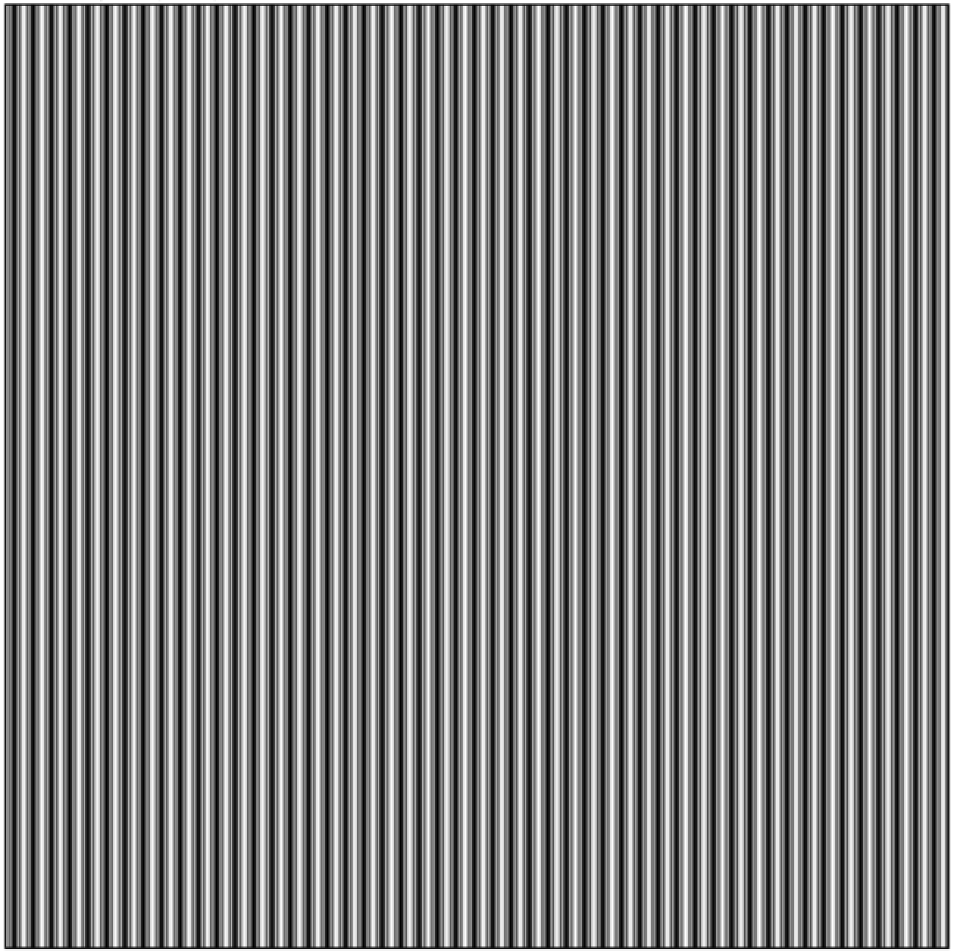
Classe : HORIZONTALE

 512x512	Calcul de la raie secondaire 1 : # Dans le plan de Fourier ----> x = 0 ----> y = 0.09961 # Dans le plan de l'image ----> x = 256 ----> y = 205 Calcul de la raie secondaire 2 : # Dans le plan de Fourier ----> x = 0 ----> y = -0.09961 # Dans le plan de l'image ----> x = 256 ----> y = 307 Classe : VERTICALE

<table>
<tr>
<td>

512x512
</td>
<td>
Calcul de la raie secondaire 1 :
Dans le plan de Fourier
----> x = 0.09961
----> y = 0.09961
Dans le plan de l'image
----> x = 205
----> y = 205

Calcul de la raie secondaire 2 :
Dans le plan de Fourier
----> x = -0.09961
----> y = -0.09961
Dans le plan de l'image
----> x = 307
----> y = 307

Classe : DIAGONALE
</td>
</tr>
</table>



512x512

Calcul de la raie secondaire 1 :

Dans le plan de Fourier

----> x = 0.09961

----> y = 0

Dans le plan de l'image

----> x = 205

----> y = 256

Calcul de la raie secondaire 2 :

Dans le plan de Fourier

----> x = -0.09961

----> y = 0

Dans le plan de l'image

----> x = 307

----> y = 256

Classe : HORIZONTALE

Conclusion

À travers ce TP nous avons pu comprendre que, à partir du plan de Fourier, nous pouvions savoir quelle est la texture cyclique d'une image.

En effet, le type de motif périodique d'une image va dépendre des résultats obtenus pour les coordonnées des deux raies secondaires dans le plan de Fourier.

De plus, nous avons également pu comprendre que la valeur absolue des coordonnées des raies secondaires nous permettait de retrouver la fréquence spatiale d’une image étant donné que la transformation de Fourier projette une image dans l’espace fréquentiel.