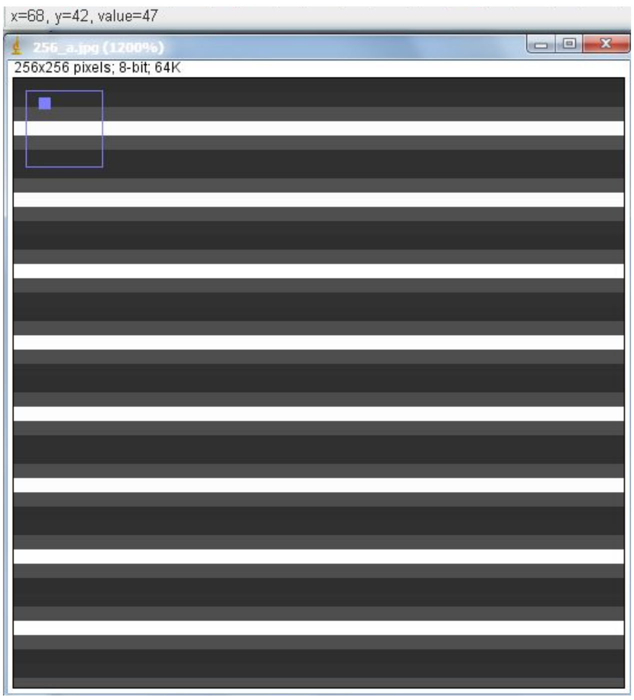
Semaine 5 : Classification automatique de textures cycliques par analyse du plan de Fourier

TP5

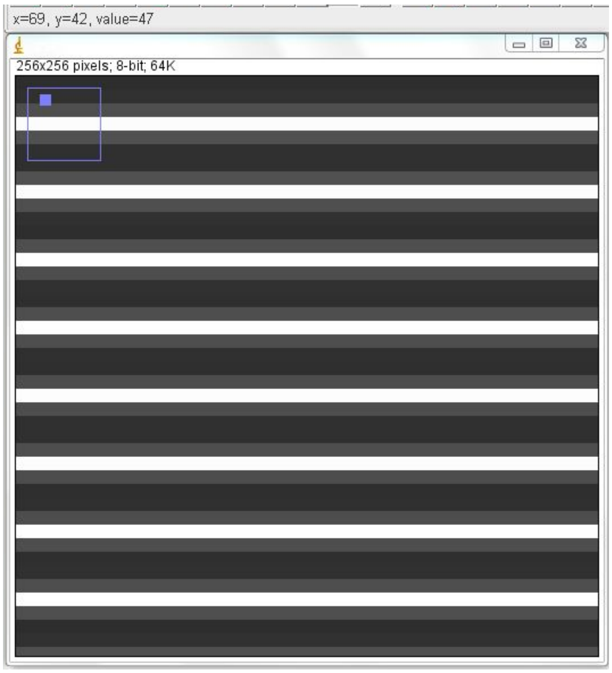
Maxime CATTEAU
Léane TEXIER

Question 1 :

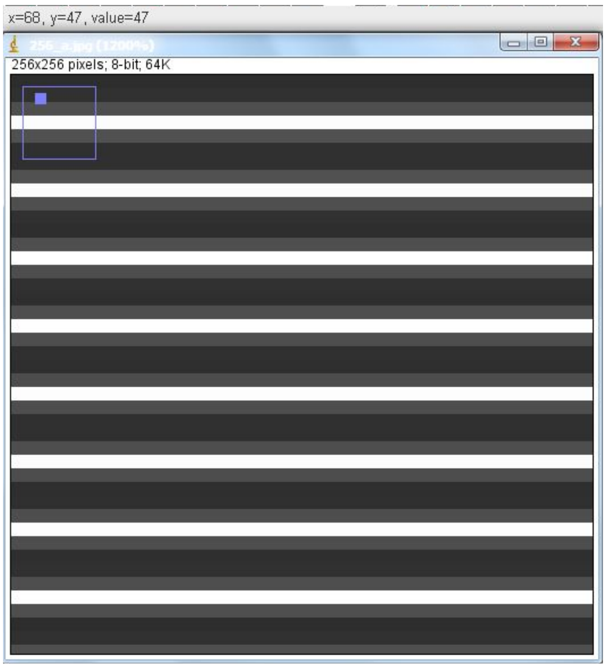
Quelle est la fréquence spatiale f (en cycles/pixel) du motif cyclique ?



Valeur du pixel (68,42) de l'image 256_a : 47



Valeur du pixel (69,42) de l'image 256_a : 47



Valeur du pixel (68,47) de l'image 256_a : 47

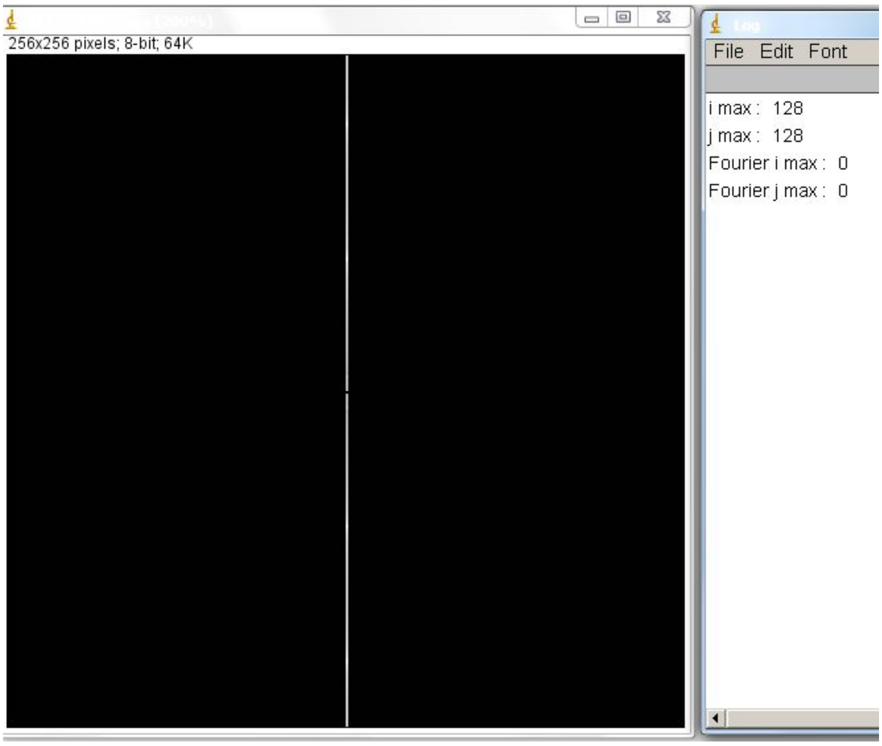
Grâce à l'outil scrolling tool, retrouver la période spatiale T_x et/ou T_y (distance en pixels séparant deux maxima locaux consécutifs) du motif cyclique.

On observe qu'en *x*, la valeur des pixels ne change pas si on se déplacer de 1, on en déduit donc que sa période est de **1**. Or la relation pour calculer la fréquence est définie par ***f = 1/T***. Soit $f_x = 1/1 = 1$ ***cy.pix***$^{-1}$. De la même manière, on observe qu'en *y*, la période est de 5, soit $f_y = 1/5 = 0{,}2$ ***cy.pix***$^{-1}$***.***

Cela signifie que sur l'axe des abscisses, l'image se répète de manière uniforme, le motif est toujours le même si l'on suit cet axe, d'où la période de 1. Au contraire, sur l'axe des ordonnées, l'image varie périodiquement ce qui nous donne une période de 5. Cela signifie qu'un même motif va se répéter tous les 5 pixels en suivant l'axe des y (= axe des ordonnées).

Question 2 :

Donner ces coordonnées (de la raie principale). Quelles sont ses coordonnées dans le plan de Fourier [-0,5 ; 0,5] x [-0,5 ; 0,5] ? À quoi correspondent-elles ?



Raie principale de l'image 256_a avec ses coordonnées et les coordonnées de Fourier

Les coordonnées de la raie principale sont (128, 128). Dans le plan de Fourier, ces coordonnées sont (0, 0). Le calcul s'effectue grâce à la formule suivante :

(i_max_1 / W) - 0.5
(j_max_1 / H) - 0.5
avec :
i_max_1 la coordonnée en abscisse du niveau de gris maximal
j_max_1 la coordonnée en ordonnée du niveau de gris maximal
W la largeur en pixel de l'image
H la hauteur en pixel de l'image

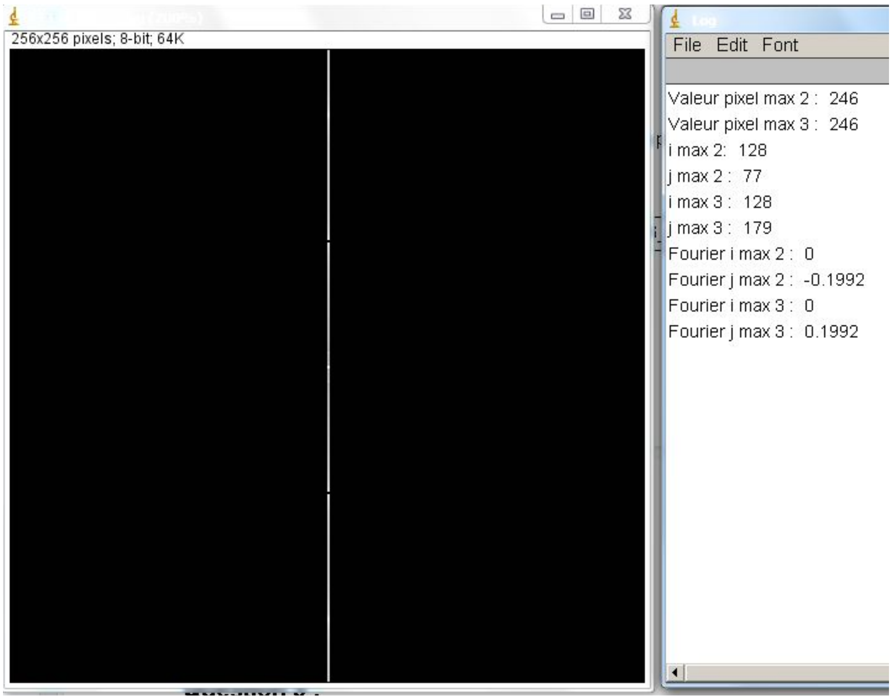
On a donc **(128 / 256) - 0.5** soit **0.5 - 0.5 = 0** pour la coordonnée en *x* et **(128/256) - 0.5 = 0** pour la coordonnée en *y,* donc **(0, 0)** sur le plan de Fourier.

Dans les deux cas, cela correspond au centre de l'image. Dans le plan de Fourier, on peut l'observer grâce à la petite tâche noire présente au centre (de la raie).

La raie principale dépend des coordonnées où se trouve la nuance de gris maximale (la plus proche de 255 => blanc) et l'algorithme transforme ce pixel en noir afin de le distinguer.

Question 3 :

Quelles sont ses coordonnées (raies secondaires) dans le plan de Fourier [-0,5 0,5] x [-0,5 0,5] ? À quoi correspondent-elles ?



Raie secondaire de l'image 256_a avec ses coordonnées et les coordonnées de Fourier

Nous constatons qu'il y a 2 points pour la raie secondaire, le premier situé en (128, 77) dans le plan normal et (0, -0.1992) dans le plan de Fourier. Le second est situé en (128, 179) dans le plan normal et en (0, 0.1992) dans le plan de Fourier (résultats obtenus grâce à la formule indiquée à la question précédente).

Nous constatons qu'il s'agit, dans le plan de Fourier, de deux points construits symétriquement par rapport aux coordonnées de la raie maximale dans ce même plan.

Les raies secondaires dépendent des coordonnées où se trouve la seconde nuance de gris maximale.

Question 4 :

Refaire les questions 1, 2, 3 pour l'image '128_a.jpg' et '256_b.jpg'.

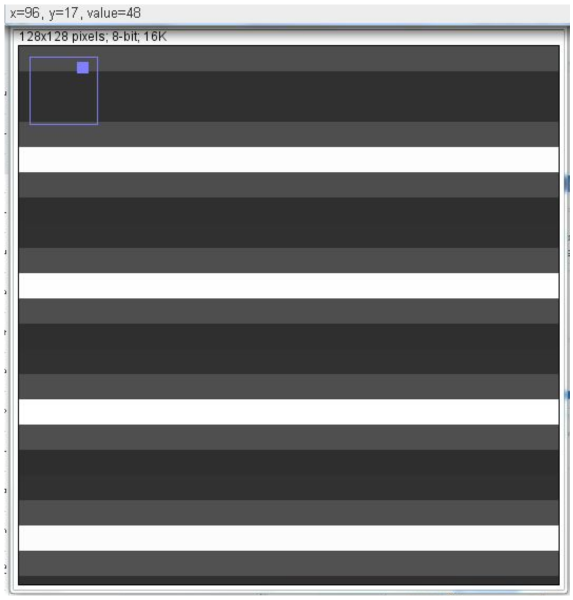
Pour l'image '128_a.jpg'

<u>Question 1 :</u>

Fréquence:

Valeur du pixel (96,12) de l'image 128_a: 48

Valeur du pixel (97,12) de l'image 128_a: 48

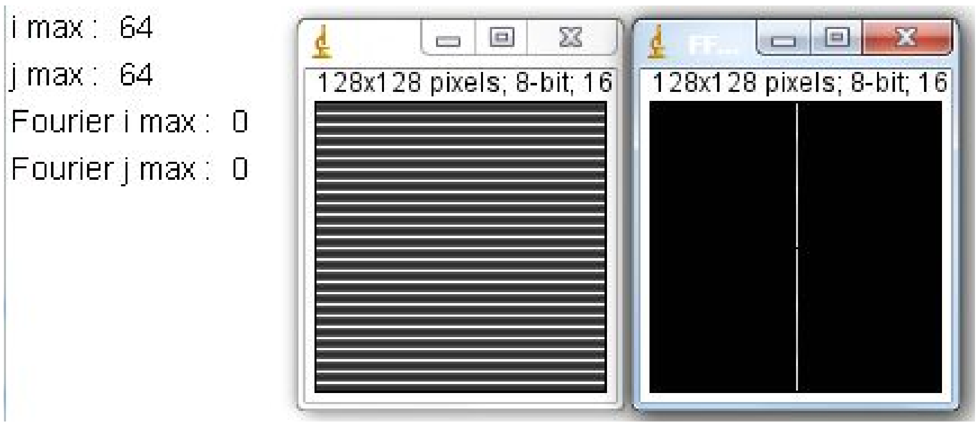


Valeur du pixel (96,17) de l'image 128_a: 48

La période en *x* est de 1 pixel, donc sa fréquence spatiale est de **f_x = 1/1 = 1 cy.pix^{-1}**.
La période en *y* est de 5 pixels, donc sa fréquence spatiale est de **f_y = 1/5 = 0.2 cy.pix^{-1}**.

⇒ On en déduit donc que même si la taille de l'image (le nombre de pixels de l'image) change, la fréquence spatiale ne varie pas car le cycle est inchangé. Il y a juste moins de cycles que précédemment.

<u>Question 2 :</u>
Raie principale :



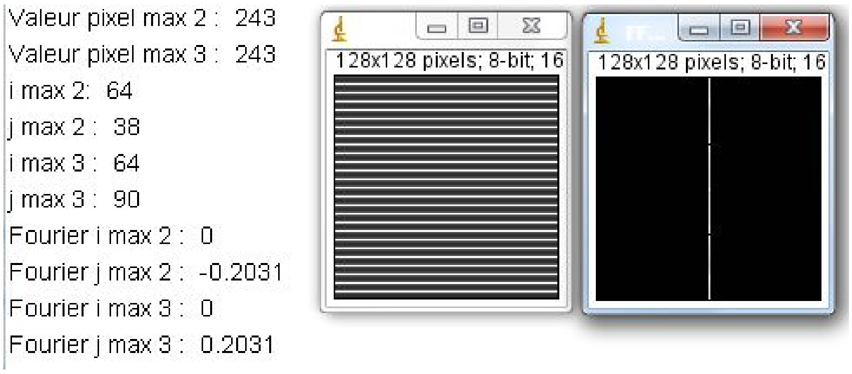
Raie principale de l'image 128_a avec ses coordonnées et les coordonnées de Fourier

Cette fois-ci, les coordonnées de la raie principale se situent en (64, 64) dans le plan normal et en (0, 0) dans le plan de Fourier. Cela correspond toujours au centre de chaque image.

⇒ On en déduit donc que même si la taille de l'image (le nombre de pixels de l'image) change, les coordonnées de la raie principale dans une image de texture cyclique sont toujours situées au centre, c'est-à-dire en **(0, 0)** dans le plan de Fourier.

Question 3 :

Raies secondaires :



Raie secondaire de l'image 128_a avec ses coordonnées et les coordonnées de Fourier

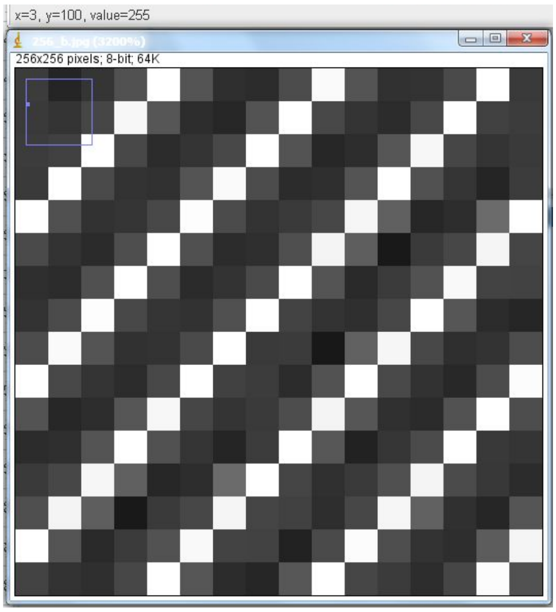
Dans le plan normal, les coordonnées de la raie secondaire sont de **(64, 38)** et **(64, 90)** soit respectivement **(0,-0.2031)** et **(0, 0.2031)** dans le plan de Fourier.

⇒ On en déduit donc que même si la taille l'image (le nombre de pixels de l'image) change, les raies secondaires d'une image de texture cyclique sont toujours symétriquement opposées, c'est-à-dire que la raie secondaire 1 $\boldsymbol{rs_1}$ correspond à l'inverse de la coordonnée de la raie secondaire 2 $\boldsymbol{rs_2}$, soit $\mathbf{rs_1(x,y) = -1 \times rs_2(x,y)}$.

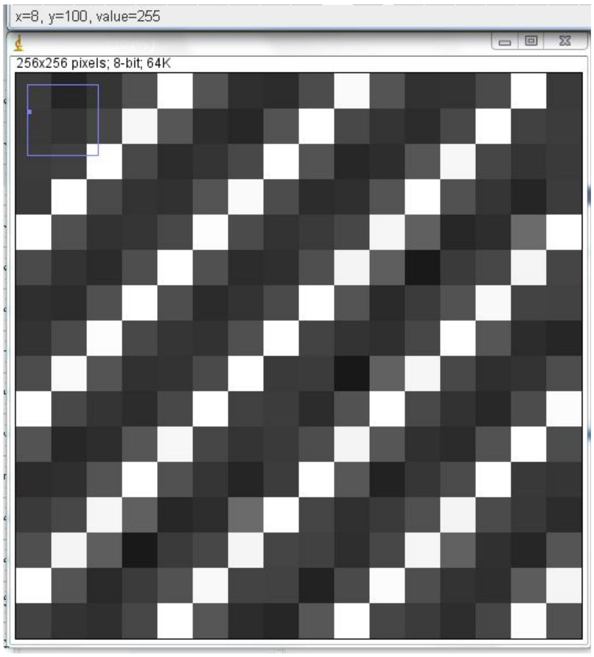
Pour l’image ‘256_b.jpg’

Question 1 :

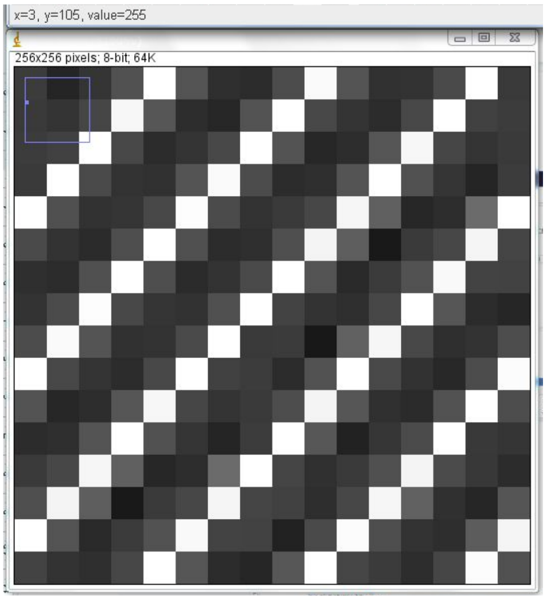
Fréquence:



Valeur du pixel (3,100) de l’image 256_b: 255



Valeur du pixel (8,100) de l’image 256_b: 255

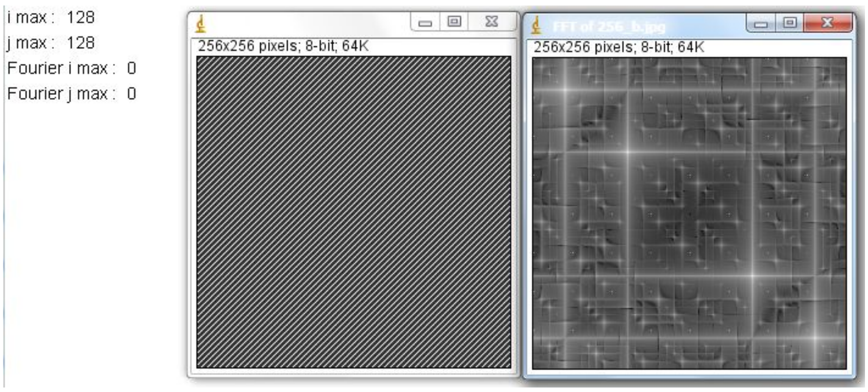


Valeur du pixel (3,105) de l'image 256_b: 255

La période en *x* est de 5 pixels, donc sa fréquence spatiale est de ***f_x* = *1/5* = 0.2 cy.pix^{-1}**.
La période en *y* est de 5 pixels, donc sa fréquence spatiale est de **f_y = 1/5 = 0.2 cy.pix^{-1}**.

⇒ On en déduit donc que même si l'image subit un changement d'orientation, la fréquence spatiale d'une image de texture cyclique ne varie pas car le cycle est le même, il a seulement changé de direction. On peut facilement le prouver en effectuant une rotation de l'image et en observant que le cycle est bien le même.

<u>Question 2 :</u>
Raie principale :

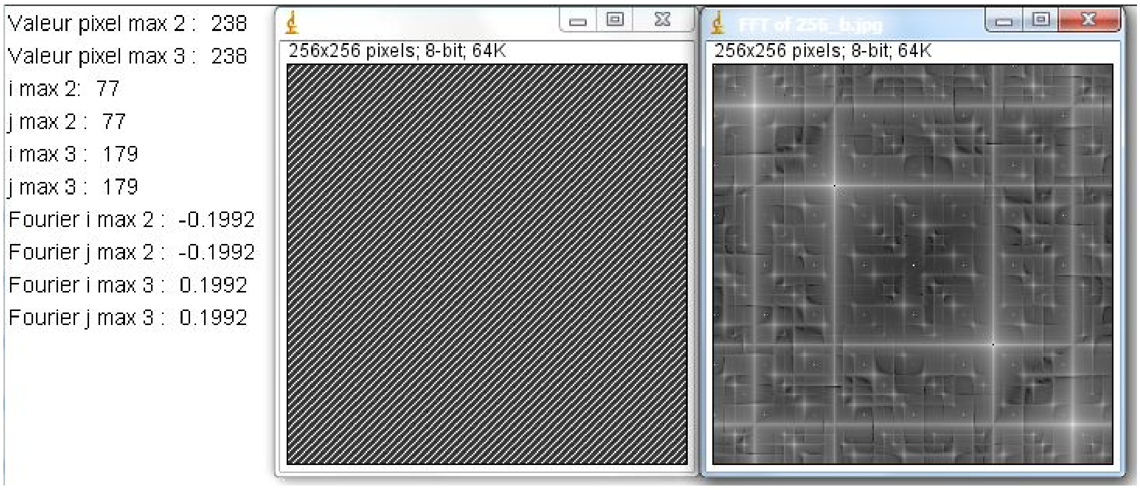


Raie principale de l'image 256_b avec ses coordonnées et les coordonnées de Fourier

Cette fois-ci, les coordonnées de la raie principale se situent en **(128, 128)** dans le plan normal et en **(0, 0)** dans le plan de Fourier. Cela correspond toujours au centre de chaque image.

⇒ On en déduit donc que malgré le changement d'orientation d'une image de texture cyclique, la raie principale se situe toujours au centre, c'est-à-dire en **(0, 0)** dans le plan de Fourier.

Raies secondaires :



Raie secondaire de l'image 256_b avec ses coordonnées et les coordonnées de Fourier

Dans le plan normal, les coordonnées de la raie secondaire sont de (77,77) et (179, 179) soit respectivement (-0.1992,-0.1992) et (0.1992, 0.1992) dans le plan de Fourier.

⇒ On en déduit donc que malgré le changement d'orientation d'une image de texture cyclique, les raies secondaires sont toujours symétriquement opposées par rapport aux coordonnées de la raie principale.

Question 5 :

Compléter la macro pour qu'elle classifie automatiquement une image choisie parmi les 18 images disponibles. Les 3 classes sont : textures horizontales, verticales et diagonales. Pour cela, il faut analyser les signes des coordonnées de la raie secondaire.

Grâce aux questions précédentes nous avons pu remarquer que selon l'orientation d'une image à texture cyclique, les coordonnées dans le plan de Fourier des raies secondaires avaient des propriétés bien spécifiques. Tout d'abord, rappelons que la raie secondaire possède toujours 2 points qui ont des coordonnées symétriques par rapport au cordonnées de la raie principale qui est en (0,0).

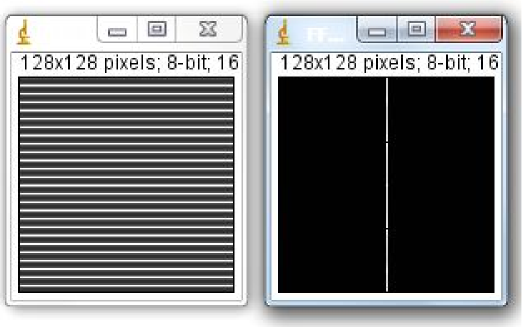
Une image de texture horizontale aura ses deux coordonnées de sa raie secondaire sur l'axe des ordonnées dans le plan de Fourier. Ainsi, elle aura ses 2 ordonnées de signes différents et ses 2 abscisses de coordonnée égale à 0.

Une image de texture verticale aura ses deux coordonnées de sa raie secondaire sur l'axe des abscisses dans le plan de Fourier. Ainsi, elle aura ses 2 abscisses de signes différents et ses 2 ordonnées de coordonnée égale à 0.

Une image de texture diagonale aura ses 2 ordonnées de signes différents et ses 2 abscisses de signes différents.

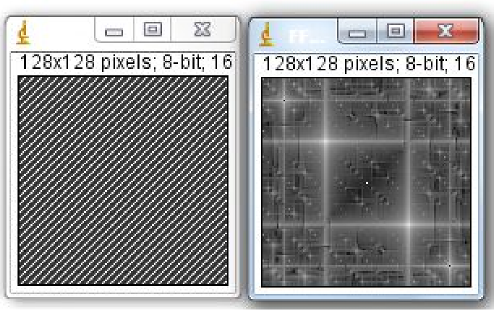
Images en 128x128

Fourier i max 2 : 0
Fourier j max 2 : -0.2031
Fourier i max 3 : 0
Fourier j max 3 : 0.2031
horizontal



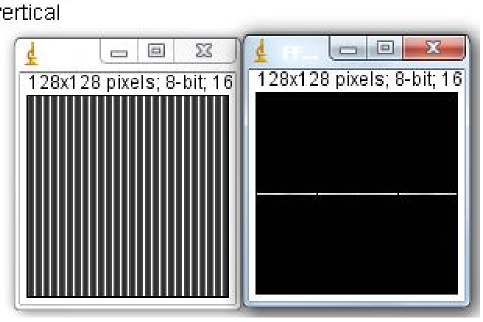
Raie secondaire de l'image 128_a avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

Fourier i max 2 : -0.3984
Fourier j max 2 : -0.3984
Fourier i max 3 : 0.3984
Fourier j max 3 : 0.3984
diagonal



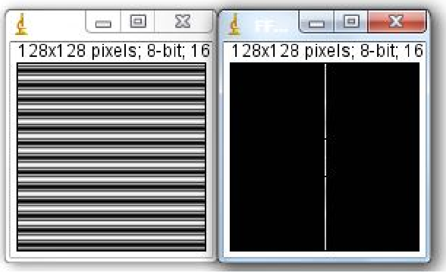
Raie secondaire de l'image 128_b avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

Fourier i max 2 : -0.2031
Fourier j max 2 : 0
Fourier i max 3 : 0.2031
Fourier j max 3 : 0
vertical



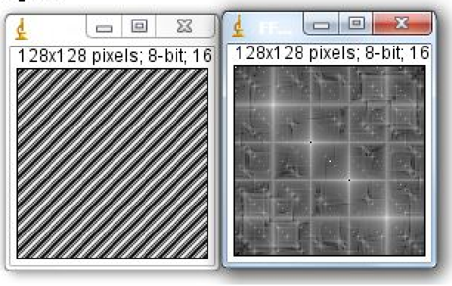
Raie secondaire de l'image 128_c avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

Fourier i max 2 : 0
Fourier j max 2 : -0.1016
Fourier i max 3 : 0
Fourier j max 3 : 0.1016
horizontal



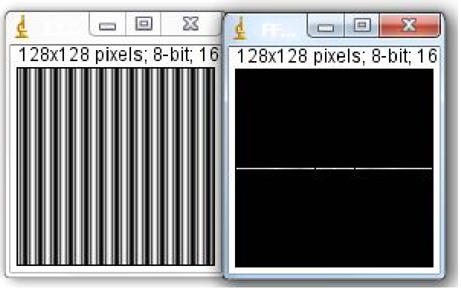
Raie secondaire de l'image 128_d avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

Fourier i max 2 : -0.1016
Fourier j max 2 : -0.1016
Fourier i max 3 : 0.1016
Fourier j max 3 : 0.1016
diagonal



Raie secondaire de l'image 128_e avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

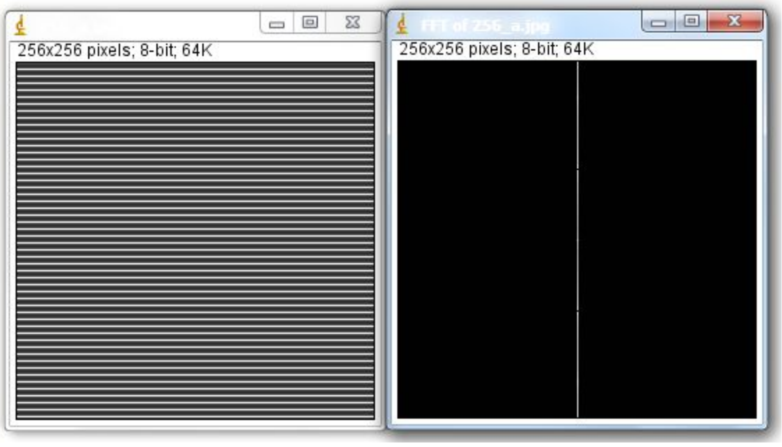
Fourier i max 2 : -0.1016
Fourier j max 2 : 0
Fourier i max 3 : 0.1016
Fourier j max 3 : 0
vertical



Raie secondaire de l'image 128_f avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

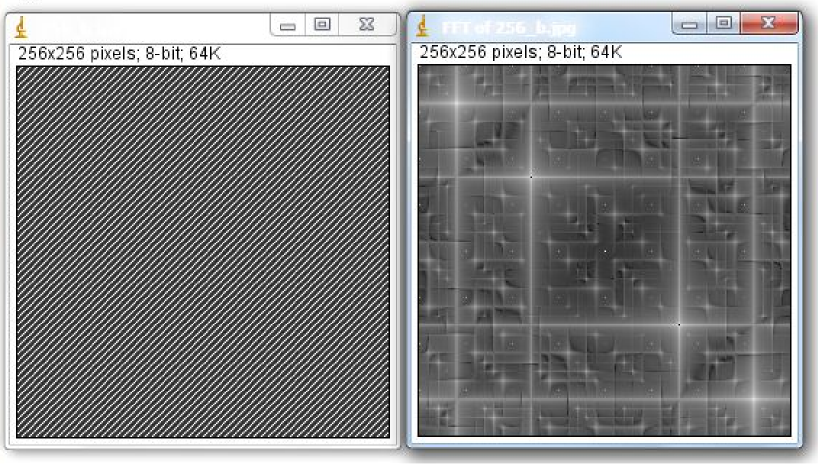
Images en 256x256

Fourier i max 2 : 0
Fourier j max 2 : -0.1992
Fourier i max 3 : 0
Fourier j max 3 : 0.1992
horizontal

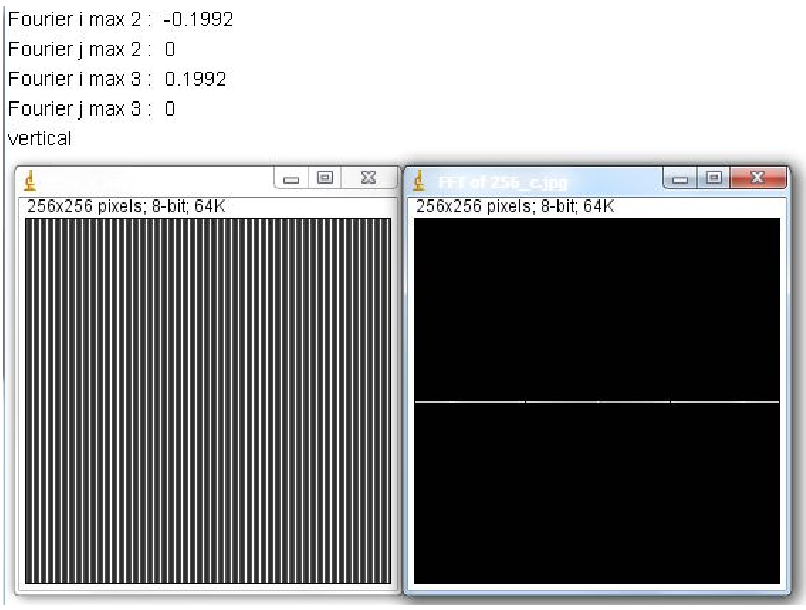


Raie secondaire de l'image 256_a avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

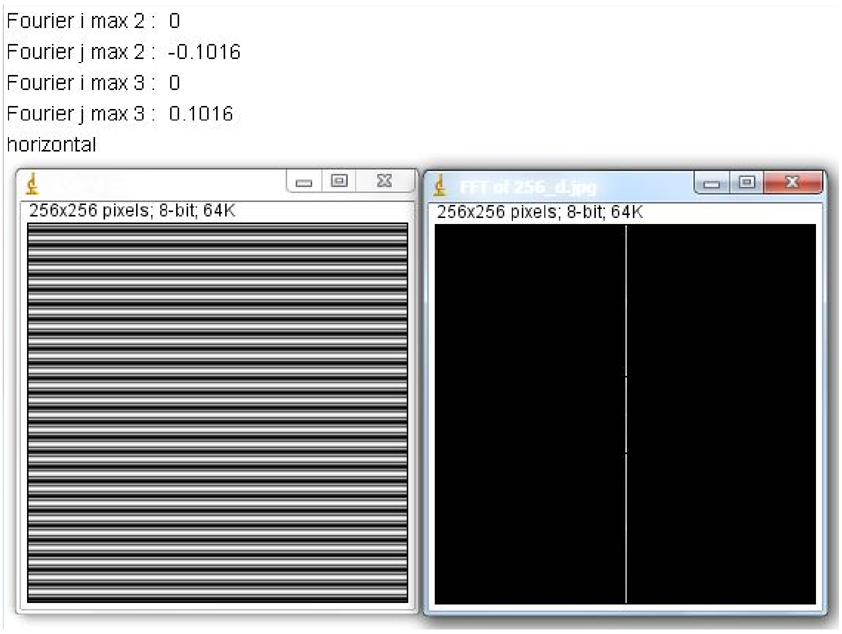
Fourier i max 2 : -0.1992
Fourier j max 2 : -0.1992
Fourier i max 3 : 0.1992
Fourier j max 3 : 0.1992
diagonal



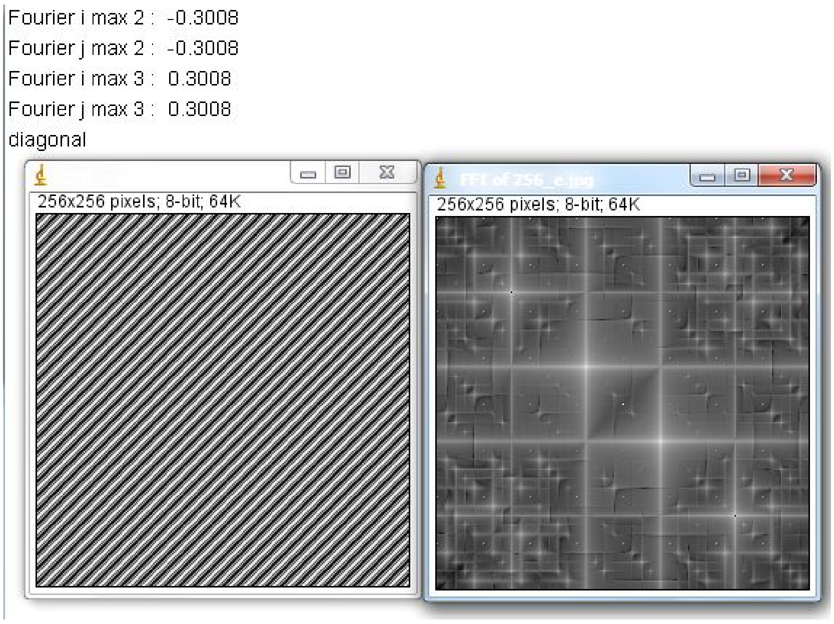
Raie secondaire de l'image 256_b avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite



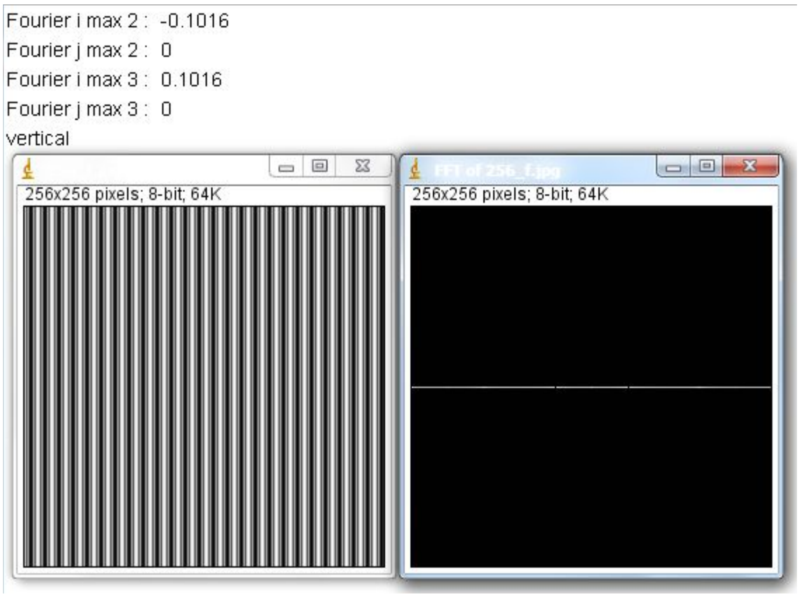
Raie secondaire de l'image 256_c avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite



Raie secondaire de l'image 256_d avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

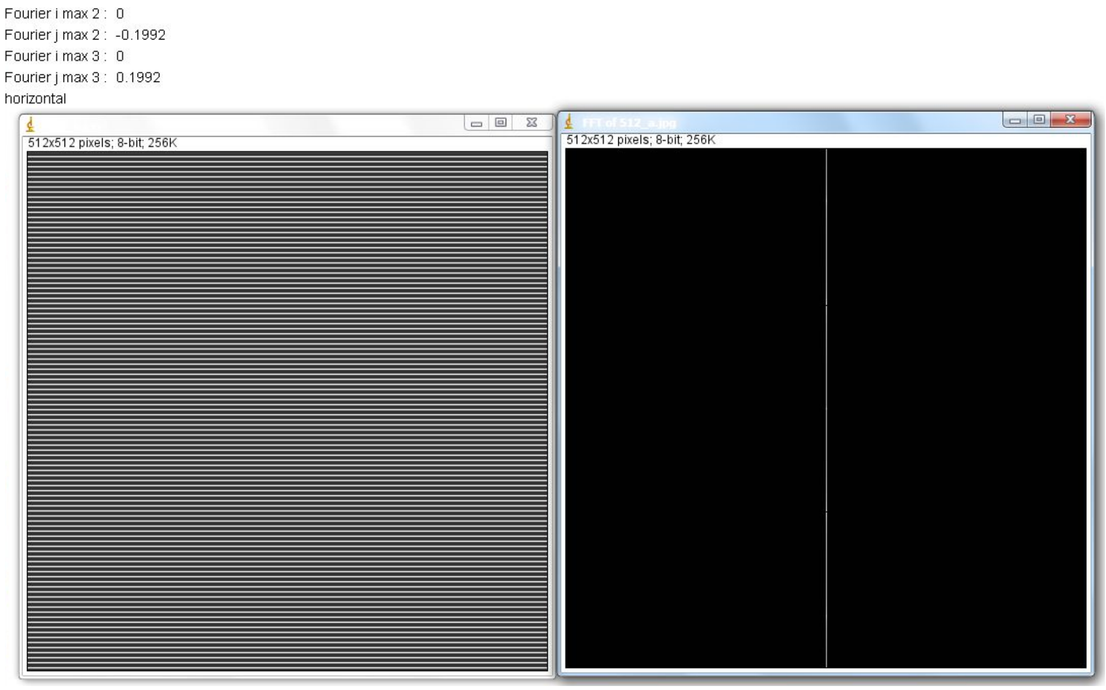


Raie secondaire de l'image 256_e avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

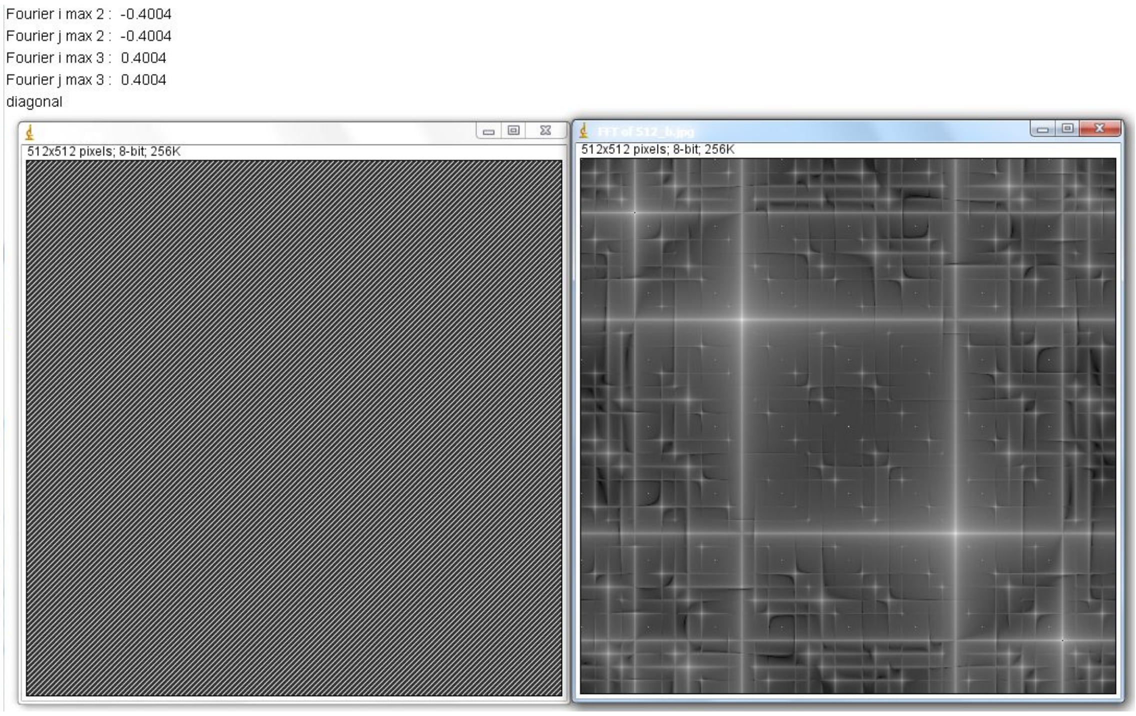


Raie secondaire de l'image 256_f avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

Images en 512x512

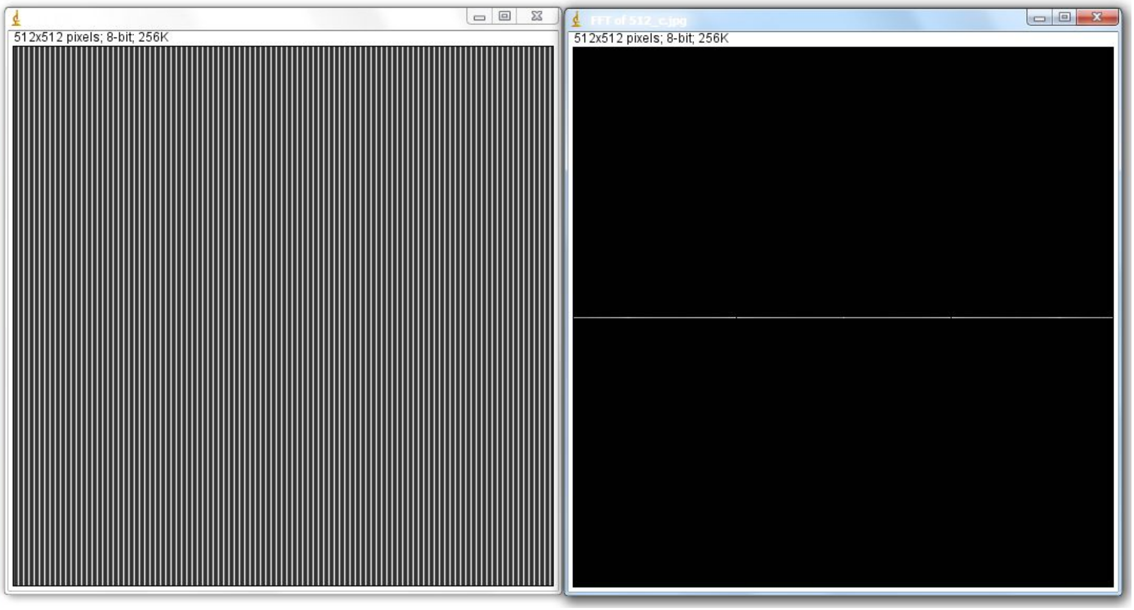


Raie secondaire de l'image 512_a avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite



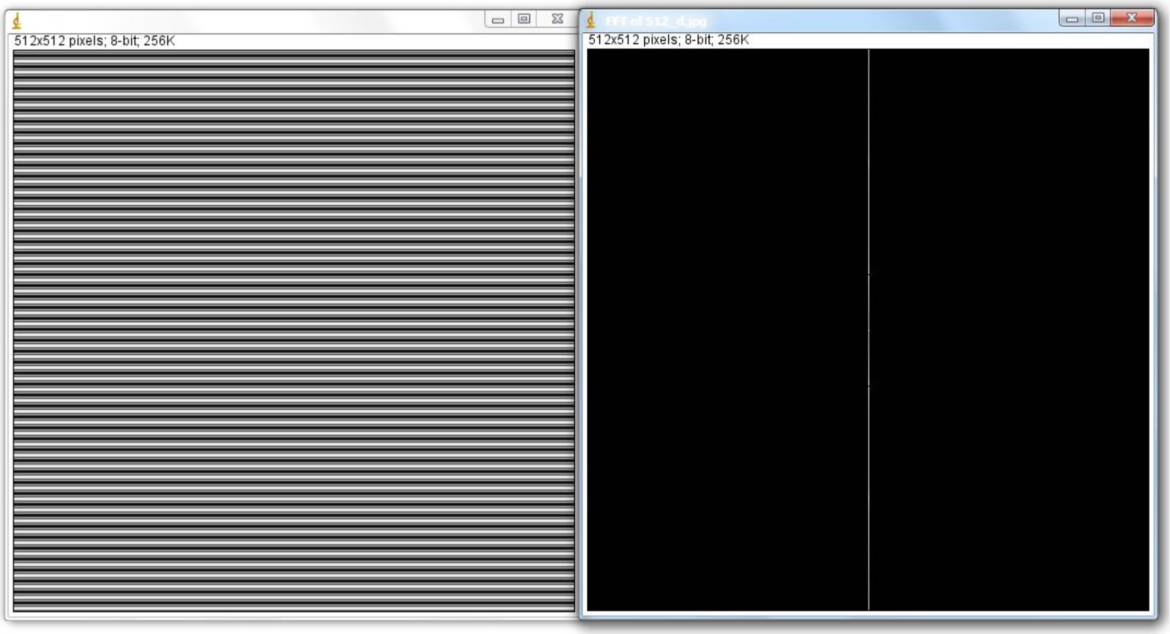
Raie secondaire de l'image 512_b avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

Fourier i max 2 : -0.1992
Fourier j max 2 : 0
Fourier i max 3 : 0.1992
Fourier j max 3 : 0
vertical

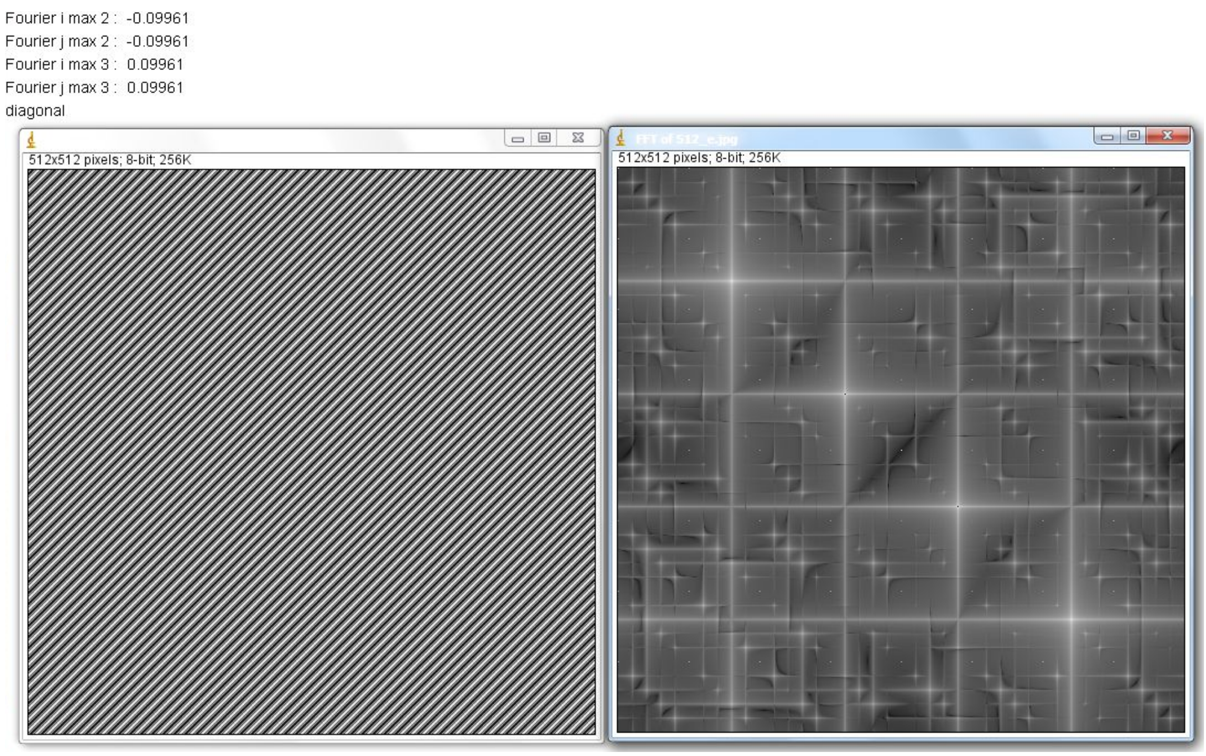


Raie secondaire de l'image 512_c avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

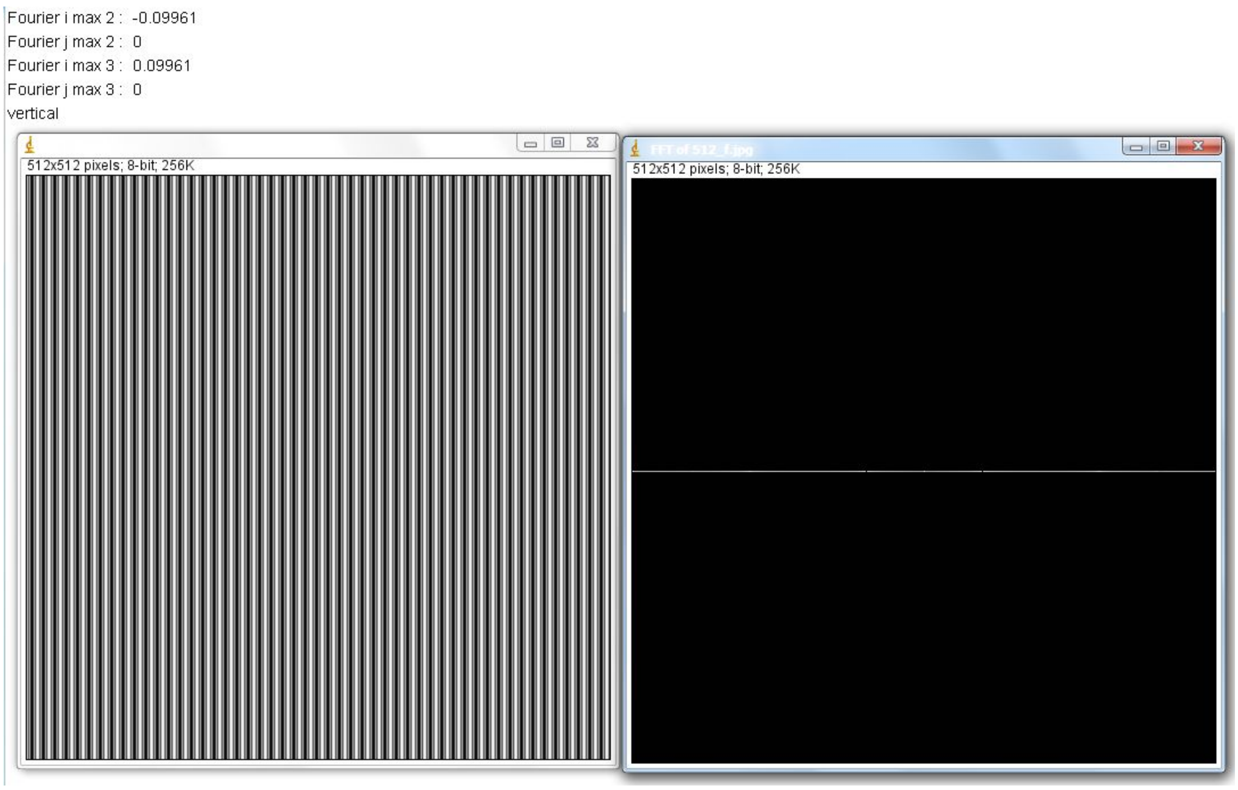
Fourier i max 2 : 0
Fourier j max 2 : -0.09961
Fourier i max 3 : 0
Fourier j max 3 : 0.09961
horizontal



Raie secondaire de l'image 512_d avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite



Raie secondaire de l'image 512_e avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite



Raie secondaire de l'image 512_f avec les coordonnées de Fourier et sa classe déduite

Annexes

Question 2 : Raie principale

```
macro "raie principale"
{
    // 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();

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

    // recherche du max
    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;
            }
        }
    }

    print("i max : ", i_max_1);
    print("j max : ", j_max_1);

    print("Fourier i max : ", (i_max_1/W) - 0.5);
    print("Fourier j max : ", (j_max_1/H) - 0.5);

    // mise a zero de la valeur max
    setPixel (i_max_1,j_max_1,0);
}
```

Question 3 : Raie secondaire

```
macro "raie secondaire"
{
    // 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();

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

    // recherche du max
    max_1 = 0;
    i_max_1 = 0;
    j_max_1 = 0;

    max_2 = 0;
    i_max_2 = 0;
    j_max_2 = 0;
    i_max_3 = 0;
    j_max_3 = 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;
            }
        }
    }

    for (j=0; j<H; j++) {
        for (i=0; i<W; i++) {
            p = getPixel(i,j);
            if ( max_2 < p && p!=max_1) {
                max_2 =p;
                i_max_2 = i;
```

```
            j_max_2 =j;
          }
        }
      }

  for (j=0; j<H; j++) {
        for (i=0; i<W; i++) {
          p = getPixel(i,j);
          if ( max_2 == p) {
            i_max_3 = i;
            j_max_3 =j;
          }
        }
      }

      print("Valeur pixel max 2 : ", getPixel(i_max_2, j_max_2));
      print("Valeur pixel max 3 : ", getPixel(i_max_3, j_max_3));

      print("i max 2: ", i_max_2);
      print("j max 2 : ", j_max_2);
      print("i max 3 : ", i_max_3);
      print("j max 3 : ", j_max_3);

      print("Fourier i max 2 : ", (i_max_2/W) - 0.5);
      print("Fourier j max 2 : ", (j_max_2/H) - 0.5);

      print("Fourier i max 3 : ", (i_max_3/W) - 0.5);
      print("Fourier j max 3 : ", (j_max_3/H) - 0.5);

      // mise a zero des valeurs max secondaires
      setPixel (i_max_2,j_max_2,0);
      setPixel (i_max_3,j_max_3,0);

  }
```

Question 5 : Classification

```
macro "classification"
{
    // 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();

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

    // recherche du max
    max_1 = 0;
    i_max_1 = 0;
    j_max_1 = 0;

    max_2 = 0;
    i_max_2 = 0;
    j_max_2 = 0;
    i_max_3 = 0;
    j_max_3 = 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;
            }
        }
    }

    for (j=0; j<H; j++) {
        for (i=0; i<W; i++) {
            p = getPixel(i,j);
            if ( max_2 < p && p!=max_1) {
                max_2 =p;
                i_max_2 = i;
                j_max_2 =j;
```

```
            }
        }
    }

    for (j=0; j<H; j++) {
        for (i=0; i<W; i++) {
            p = getPixel(i,j);
            if ( max_2 == p) {
                i_max_3 = i;
                j_max_3 =j;
            }
        }
    }

    f_i_max_2 = (i_max_2/W) - 0.5;
    f_j_max_2 = (j_max_2/H) - 0.5;

    f_i_max_3 = (i_max_3/W) - 0.5;
    f_j_max_3 = (j_max_3/H) - 0.5;

    print("Fourier i max 2 : ", f_i_max_2);
    print("Fourier j max 2 : ", f_j_max_2);

    print("Fourier i max 3 : ", f_i_max_3);
    print("Fourier j max 3 : ", f_j_max_3);

    // mise a zero des valeur max secondaires
    setPixel (i_max_2,j_max_2,0);
    setPixel (i_max_3,j_max_3,0);

    if (f_j_max_2 == 0 && f_j_max_3 == 0 && ((f_i_max_2 < 0 && f_i_max_3 > 0) || (f_i_max_2 > 0 &&
f_i_max_3 < 0))){
                    print("vertical");
    } else if (f_i_max_2 == 0 && f_i_max_3 == 0 && ((f_j_max_2 < 0 && f_j_max_3 > 0) || (f_j_max_2
> 0 && f_j_max_3 < 0))){
                    print("horizontal");
    }else{
                    print("diagonal");
    }
}
```