59-COMPL-fractal-cython-numpy-MV

December 3, 2017

Este código fue escrito por Pablo Angulo y forma parte de su curso inicial para la asignatura "Laboratorio" . Puedes ver la exposición completa en en sus notas para el curso. Allí se expone cómo partiendo de código escrito en Python puro se puede averiguar qué zonas del código necesitan mejora y cómo implementar esas mejoras usando Cython y numpy.

Con este programa se obtiene una representación del conjunto de Mandelbrot, que, por definición, es el conjunto de números complejos c tales que la órbita de 0 mediante la iteración de la función $f(z) = z^2 + c$, es decir el conjunto de puntos en el plano complejo

$$\{c, c^2 + c, (c^2 + c)^2 + c, \dots\}$$

permanece acotado (es decir, hay un número R, que puede ser muy grande y depende de c, tal que toda la órbita de cero está contenida en el círculo de centro cero y radio R). Debes analizar con cuidado el código para averiguar cómo funciona, entendiendo en particular el papel que juegan los parámetros que suministramos a la función. Cuando a un parámetro le asignamos un valor en la definición, por ejemplo $intN = 5000$ quiere decir que ese es el valor por defecto y no es necesario asignarlo al llamar a la función.

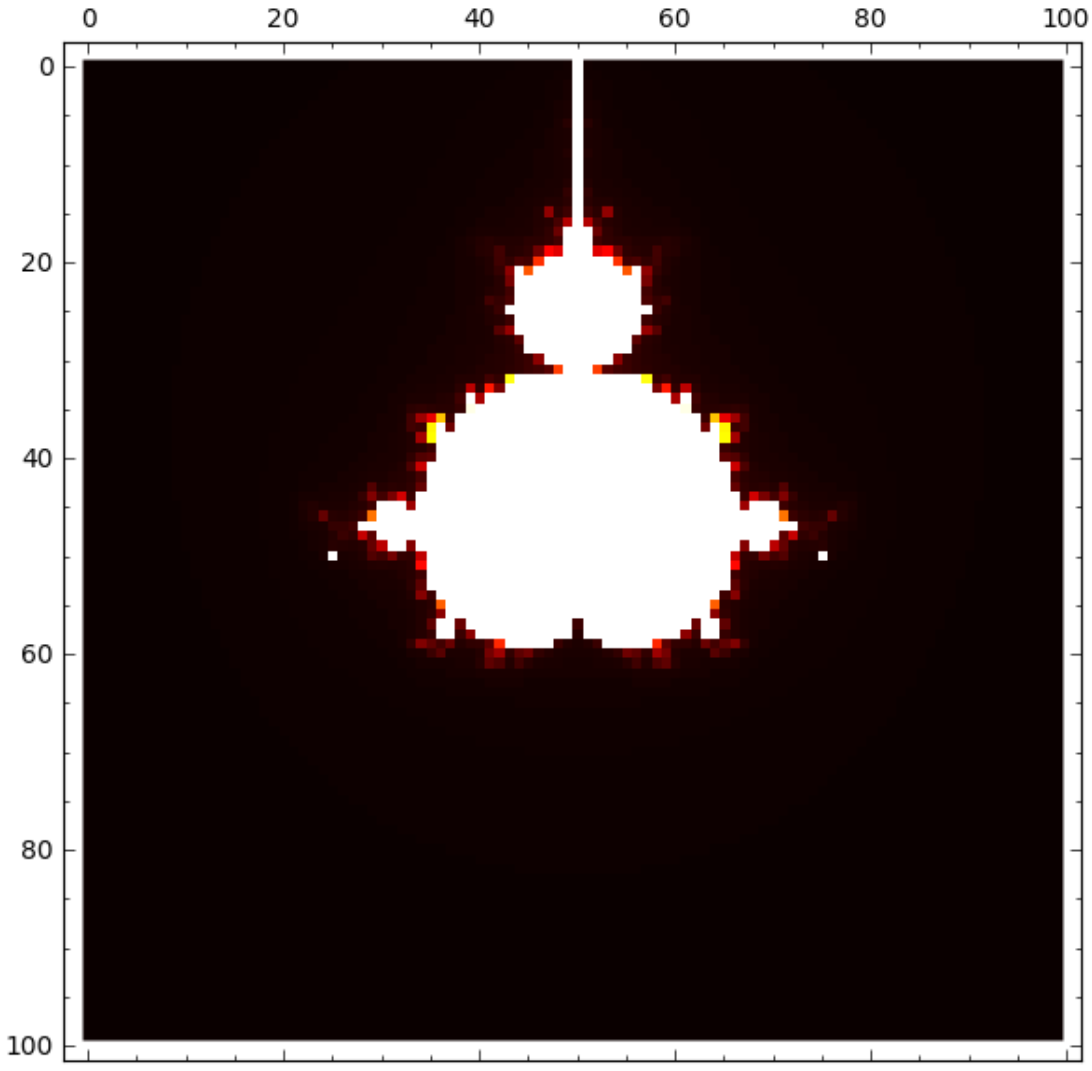
El conjunto de Mandelbrot es quizá el ejemplo más sencillo de conjunto fractal, y es interesante variar la función que se itera cambiando la línea $z = z * z + c$ por otra expresión en función de z y c.

```
In [2]: def mandelbrot_sage(x0,x1,y0,y1,N=100,L=200,R=3):
            '''returns an array NxN to be plotted with matrix_plot
            '''
            m = matrix(ZZ,N,N,[0]*N**2)
            deltax = (x1-x0)/N
            deltay = (y1-y0)/N
            for j in range(N):
                for k in range(N):
                    c = (x0+j*deltax)+ I*(y0+k*deltay)
                    z=CC(0)
                    h=0
                    while (h<L and
                           z.real()**2 + z.imag()**2 < R*R):
                        z=z*z+c
                        h+=1
                    m[j,k]=h
            return m
```

```
In [3]: %time M = mandelbrot_sage(x0=-2.0,x1=2.0,y0=-2.0,y1=2.0)

CPU times: user 31 s, sys: 16 ms, total: 31 s
Wall time: 31 s
```

```
In [4]: matrix_plot(M,cmap='hot')
```

Out[4]:



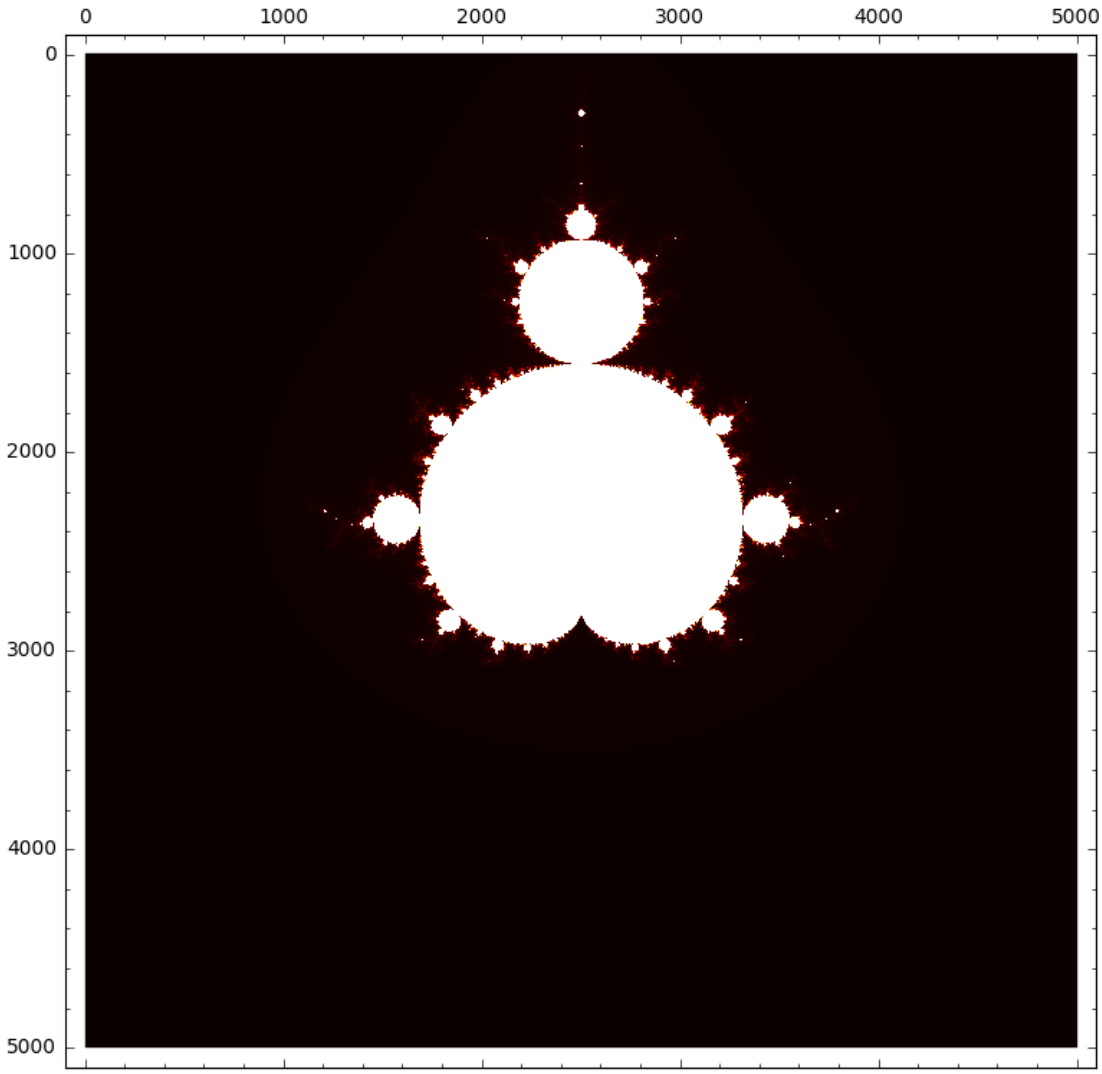
Tiene el aspecto del fractal de mandelbrot, pero la resolución es muy pobre. Aumentando N y L se conseguiría mejor resolución, pero tarda demasiado.

```
In [4]: %%cython

        import numpy as np
```

```
cimport numpy as np
cimport cython

def mandelbrot_cython(float x0,float  x1,float  y0,float  y1,
                      int N=5000, int L=500, float R=3):
    '''returns an array NxN to be plotted with matrix_plot
    '''
    cdef double complex c, z, I
    cdef float deltax, deltay, R2 = R*R
    cdef int h, j, k
    cdef np.ndarray[np.uint16_t, ndim=2] m
    m = np.zeros((N,N), dtype=np.uint16)
    I = complex(0,1)
    deltax = (x1-x0)/N
    deltay = (y1-y0)/N
    for j in range(N):
        for k in range(N):
            c = (x0+j*deltax)+ I*(y0+k*deltay)
            z=0
            h=0
            while (h<L and
                   z.real**2 + z.imag**2 < R2):
                z=z*z+c
                h+=1
            m[j,k]=h
    return m
```

```
In [5]: %time M = mandelbrot_cython(x0=-2.0,x1=2.0,y0=-2.0,y1=2.0)

CPU times: user 5.5 s, sys: 24 ms, total: 5.53 s
Wall time: 5.53 s
```

```
In [8]: matrix_plot(M,cmap='hot').show(figsize=(8,8))
```



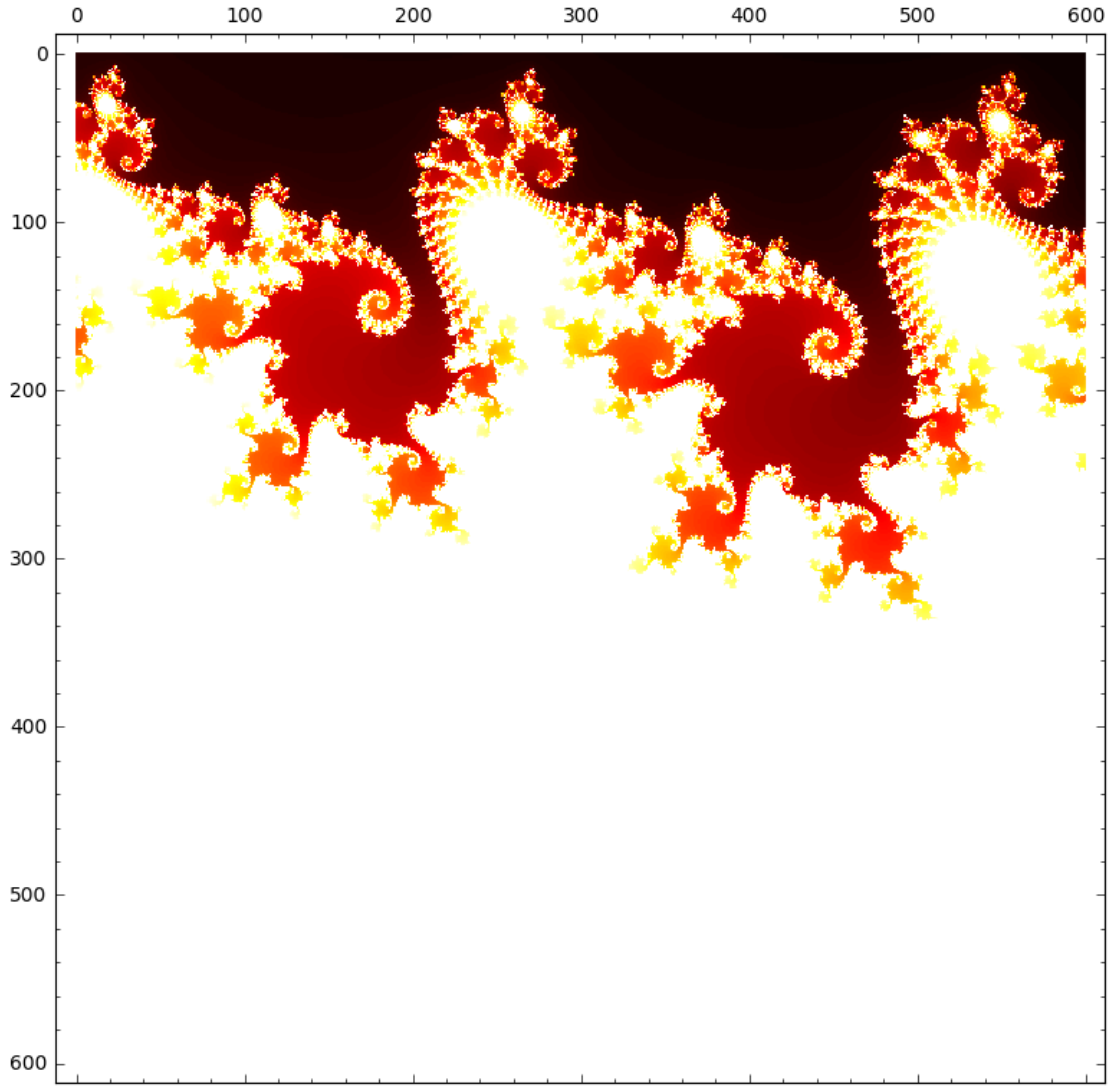
In [1]: %%cython

```
import numpy
cimport numpy
cimport cython

def mandelbrot_cy2(float x0,float  y0,float side,int N=1000, int L=500, float R=3):
        cdef double complex c, z, I
        cdef float delta
        cdef int h, j, k
        cdef numpy.ndarray[numpy.uint16_t, ndim=2] m
        m = numpy.zeros((N,N), dtype=numpy.uint16)
        I = complex(0,1)
        delta = side/N
```

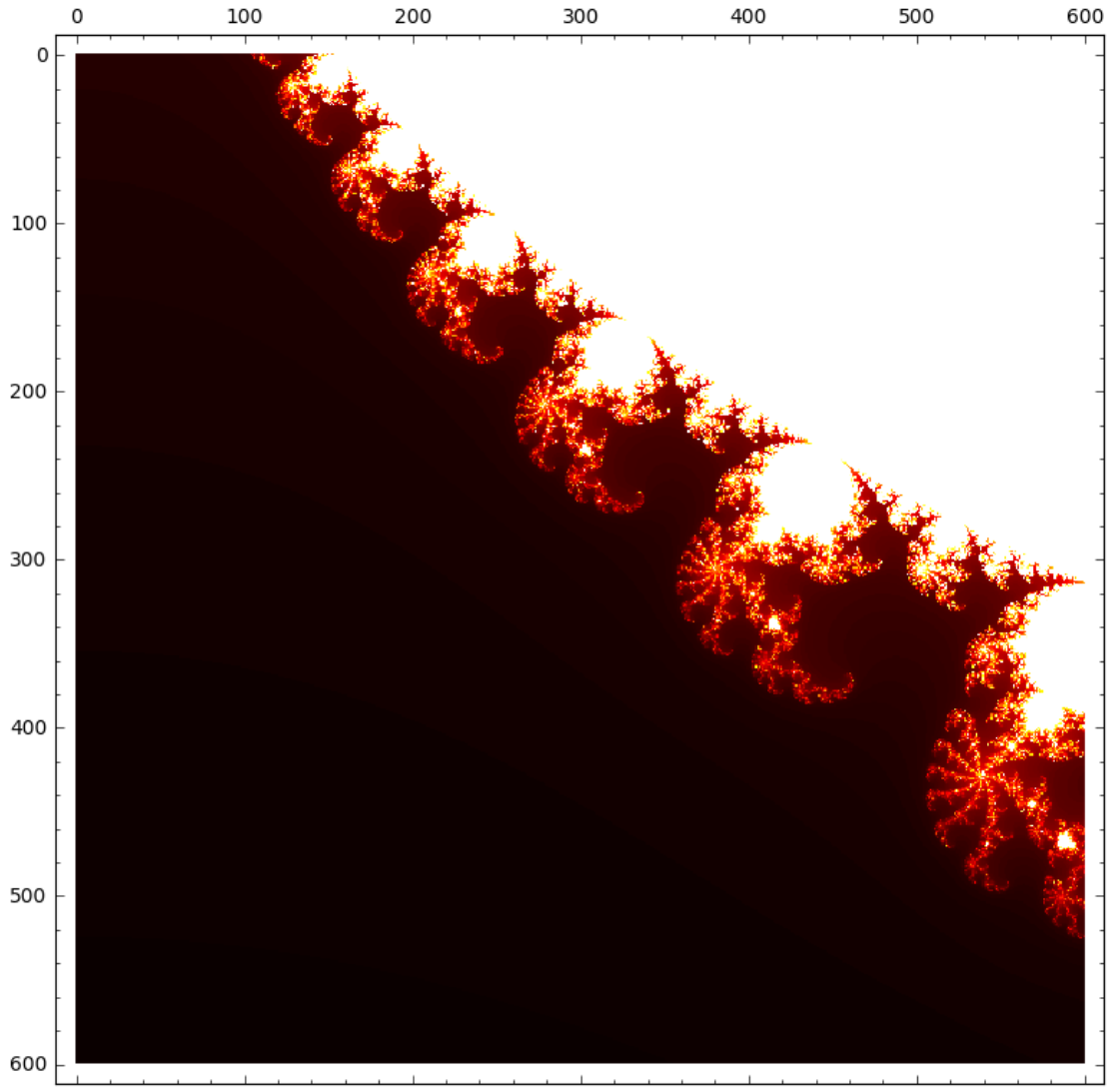
```
                for j in range(N):
                    for k in range(N):
                        c = (x0+j*delta)+ I*(y0+k*delta)
                        z=0
                        h=0
                        while (h<L and z.real**2 + z.imag**2 < R*R):
                                z=z*z+c
                                h+=1
                        m[j,k]=h
                return m
```

```
In [15]: %time m=mandelbrot_cy2(-0.75,0.1, 0.016875,600,160)
         matrix_plot(m,cmap='hot').show(figsize=(8,8))
```

```
CPU times: user 308 ms, sys: 0 ns, total: 308 ms
Wall time: 305 ms
```



```
In [16]: %time m=mandelbrot_cy2(0.3,0.0, 0.100875,600,160)
         matrix_plot(m,cmap='hot').show(figsize=(8,8))

CPU times: user 144 ms, sys: 0 ns, total: 144 ms
Wall time: 144 ms
```

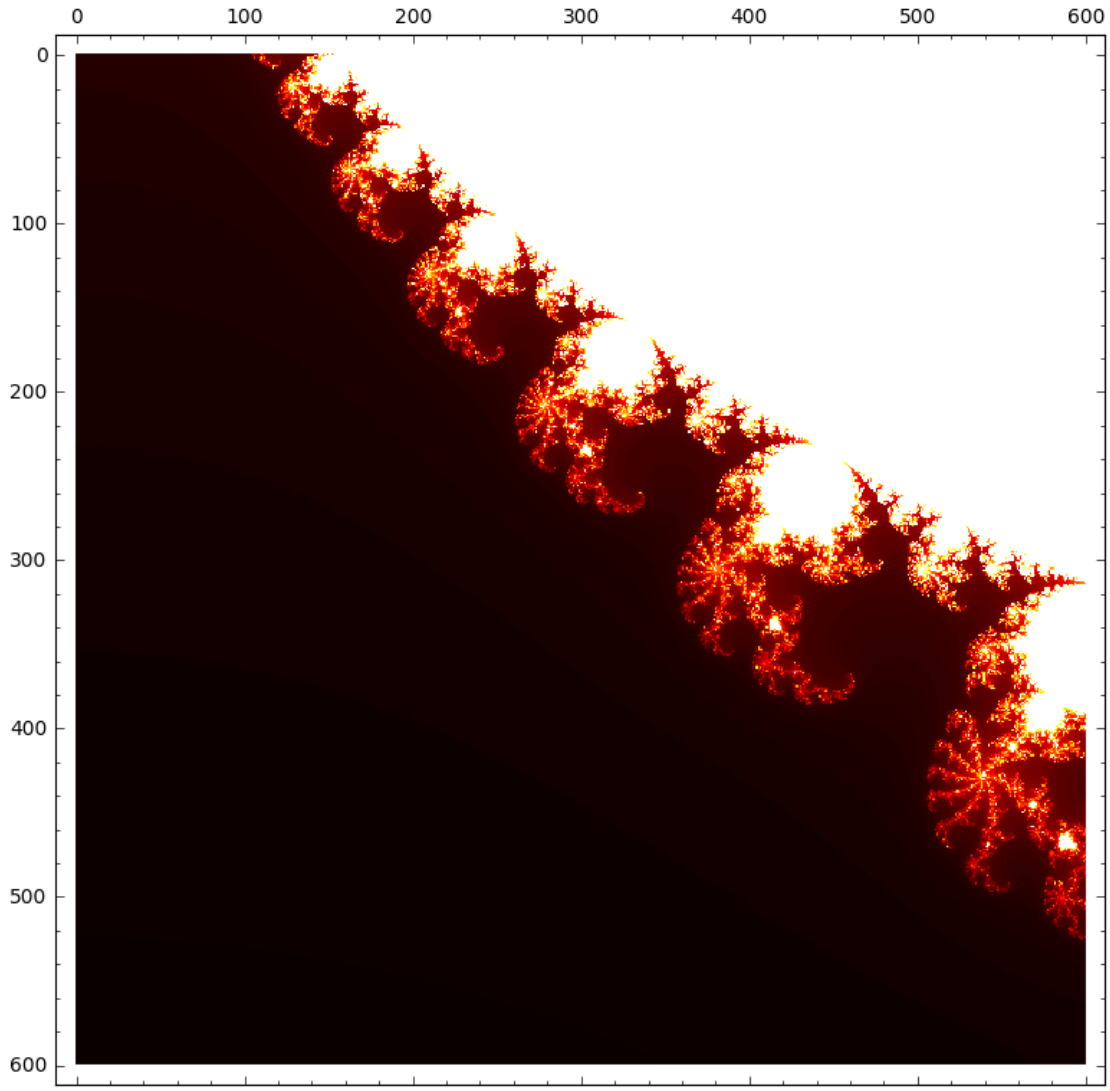



```
In [9]: %%cython

        import numpy as np
        cimport numpy  as np
```

```
        cimport cython

        def mandelbrot_cy3(float x0,float  y0,float side,int N=1000, int L=500, float R=3):
                cdef double complex c, z, I
                cdef float delta
                cdef int h, j, k
                cdef np.ndarray[np.uint16_t,ndim=2] M = np.zeros((N,N), \
                dtype=np.uint16)
                cdef np.uint16_t[:,:] MV = M
                I = complex(0,1)
                delta = side/N
                for j in range(N):
                    for k in range(N):
                        c = (x0+j*delta)+ I*(y0+k*delta)
                        z=0
                        h=0
                        while (h<L and z.real**2 + z.imag**2 < R*R):
                                z=z*z+c
                                h+=1
                        MV[j,k]=h
                return MV
```

```
In [11]: %time m=mandelbrot_cy3(0.3,0.0, 0.100875,600,160)
         matrix_plot(m,cmap='hot').show(figsize=(8,8))
```

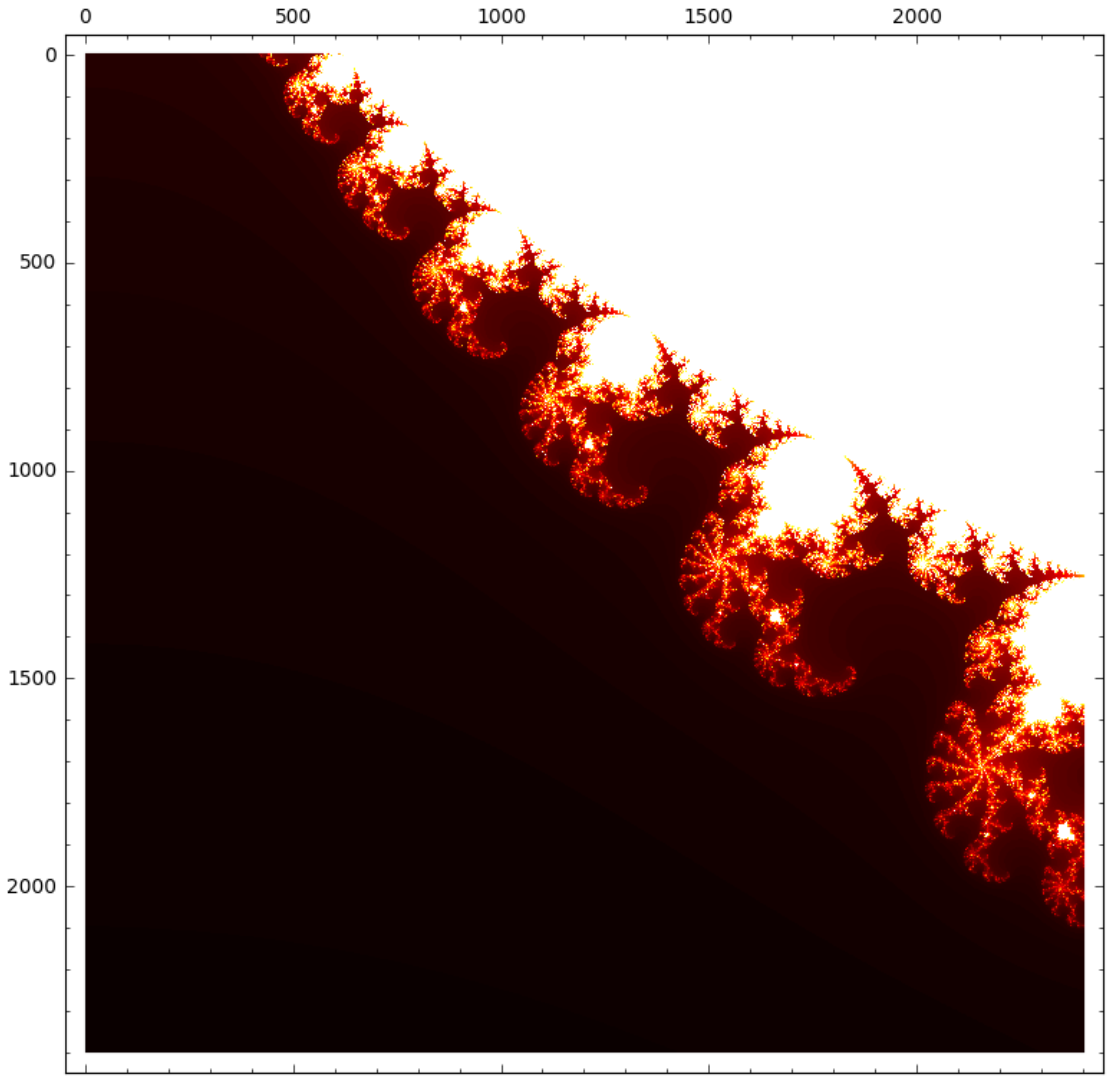
```
CPU times: user 148 ms, sys: 0 ns, total: 148 ms
Wall time: 148 ms
```




```
In [16]: %time M=mandelbrot_cy2(0.3,0.0, 0.100875,600,160)
         %time M=mandelbrot_cy3(0.3,0.0, 0.100875,600,160)
         %time M=mandelbrot_cy2(0.3,0.0, 0.100875,1200,160)
         %time M=mandelbrot_cy3(0.3,0.0, 0.100875,1200,160)
         %time M=mandelbrot_cy2(0.3,0.0, 0.100875,2400,160)
         %time M=mandelbrot_cy3(0.3,0.0, 0.100875,2400,160)

CPU times: user 144 ms, sys: 0 ns, total: 144 ms
Wall time: 145 ms
CPU times: user 104 ms, sys: 0 ns, total: 104 ms
Wall time: 105 ms
CPU times: user 416 ms, sys: 0 ns, total: 416 ms
Wall time: 415 ms
CPU times: user 376 ms, sys: 0 ns, total: 376 ms
```

```
Wall time: 376 ms
CPU times: user 1.27 s, sys: 0 ns, total: 1.27 s
Wall time: 1.27 s
CPU times: user 1.27 s, sys: 0 ns, total: 1.27 s
Wall time: 1.27 s
```

In [17]:
```
matrix_plot(M,cmap='hot').show(figsize=(8,8))
```



In [ ]: