

# IMT2112 2021

## Tarea 2

Elwin van 't Wout

September 13, 2021

### Introducción

El conjunto de Mandelbrot es uno de los ejemplos más conocidos de los fractales. Este conjunto se define como todos los números complejos  $c$  tal que la sucesión  $x_0 = 0$ ,  $x_n = x_{n-1}^2 + c$ ,  $n = 1, 2, \dots$  se mantiene acotada en valor absoluto. Hay un teorema que dice que  $c$  pertenece al conjunto de Mandelbrot si  $|x_n| < 2$  para todos  $n$ .

Dado el carácter fractal del conjunto, es complicado calcular su superficie de forma analítica. Por lo tanto, se usan métodos numéricos para estimar la superficie. Uno de los cuales se llama *pixel counting*, lo cual es similar a un método de Monte Carlo. En este método, distintos valores complejos  $c$  son generados de forma aleatoria en una región adecuada del plano complejo. En seguida, se calcula la sucesión  $x_n$  y se verifica su convergencia. La proporción de puntos que se mantiene acotados da la estimación del superficie del conjunto de Mandelbrot.

### Tarea

Esta tarea contemplo la implementación en OpenMP del cálculo del superficie del conjunto de Mandelbrot.

1. Programen el método de *pixel counting* y verifiquen si el resultado es cerca del valor esperado de 1.50659177.  
En este método, los puntos  $c$  deben ser generados de forma aleatoria.
2. Paralelizan el bucle sobre los distintos valores de  $c$  con OpenMP.
3. Escriben un informe corto explicando el método y respondiendo las preguntas siguientes.
  - (a) ¿Por qué no se puede paralelizar la generación de números aleatorios?  
*Sugerencia:* especifican el *seed* e imprimen los primeros números aleatorios.
  - (b) ¿Como has asegurado que el código es seguro y no tiene condiciones de carrera?

## Sugerencias

1. En C++ se puede generar números aleatorios con la librería `<cstdlib>`. La función `rand()` genera un número entero entre cero y un valor máximo, lo cual es guardado en la variable `RAND_MAX`. Se puede especificar el *seed* del generador con la función `srand()`.
2. A pesar que existen librerías que te permiten usar números complejos en C++, también se puede usar dos valores de punto flotante, uno para la parte real y uno para la parte imaginaria.
3. La librería `<math.h>` proporciona funciones matemáticas estándares, como por ejemplo la potencia  $n$  de un número  $x$  como `pow(x,n)`.
4. Se puede terminar un bucle-for con el comando `break`.
5. En teoría, no se puede asegurar la convergencia de una sucesión numéricamente porque este requiere un número infinito de valores. En la práctica, se puede decir que la sucesión converge/diverge si converge/diverge en un número grande de iteraciones.

## Evaluación

Entreguen todo el código de C++ y el informe (en pdf) en una mapa comprimida a través de Canvas.

Los reglamentos del curso se puede encontrar en Canvas. Se destaca que las tareas deben ser hechas de forma individual.