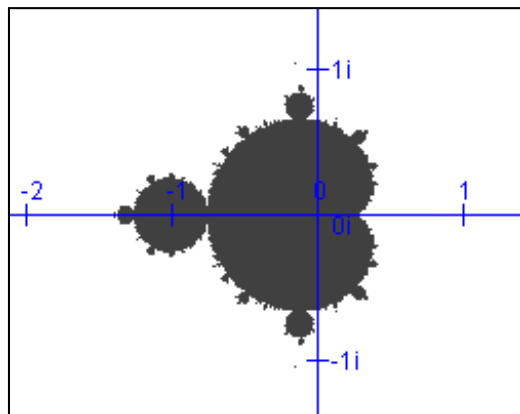


## 8. Julia & Mandelbrot

Je zult waarschijnlijk gemerkt hebben, toen je met de Julia applet aan het experimenteren was, dat het vaak voorkomt dat je een  $c$ -waarde kiest die geen fractal oplevert. Misschien ontstaat er nog wel een mooi plaatje, maar als je op de detail knop klikt, blijft er niets over.

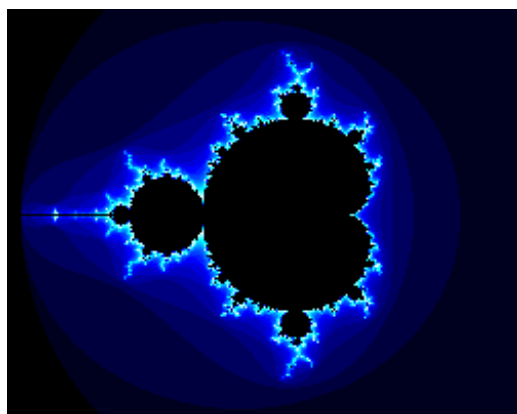
Voor reële waarden van  $c$  is het simpel: we hebben gezien dat die moeten liggen tussen  $-2$  en  $0.25$ . Het zou mooi zijn wanneer we ook voor complexe waarden van  $c$  van te voren zouden kunnen zien of er een Julia Fractal bij hoort of niet.

Bestaat zo'n overzicht? Het antwoord is, ja, zie de figuur hieronder.



Hier hebben we dan eindelijk de **Mandelbrot Fractal**.

De Mandelbrot Fractal is de verzameling van alle complexe  $c$ -waarden, die gebieden van aantrekking (Julia Fractals) opleveren. Hij is vernoemd naar de van origine Poolse wiskundige Benoit Mandelbrot, die in de zeventiger jaren van de vorige eeuw onderzoek deed dat voortbouwde op dat van Julia. In die tijd werd het voor het eerst mogelijk om computer graphics te maken.



Je kunt wiskundig aantonen dat, wanneer voor een  $c$ -waarde er een aantrekkingsgebied is, de startwaarde  $x = 0$  daar altijd in ligt. Dat levert de manier op om de Mandelbrot verzameling te maken. Voor elke waarde van  $c$ , gaan we na of de startwaarde  $0$  bij itereren aangetrokken wordt, of naar oneindig gaat. Wanneer het punt naar oneindig gaat (en dus niet tot de Mandelbrotverzameling behoort), kunnen we weer nagaan hoe snel dat gebeurt, en afhankelijk daarvan een kleur toekennen. Het resultaat zie je in de figuur hiernaast.

Voordat we verder gaan met het bestuderen van de Mandelbrot fractal, kun je met onderstaande applet opnieuw naar Julia Fractals kijken, maar nu ondersteund door de Mandelbrot Fractal.

Je zult merken hoeveel gemakkelijker dat werkt.

De applet werkt net als de vorige, alleen kies je nu een waarde van  $c$  door met de **rechter** muisknop ergens in de Mandelbrotverzameling te klikken.

Door in de Julia Fractal opnieuw rechts te klikken, ga je terug naar de Mandelbrotverzameling.

Een uitdaging: probeer of je Julia Fractals kunt vinden met aantrekkers die een steeds grotere periode hebben. (De applet kan in principe periodes herkennen tot een maximum van 512)