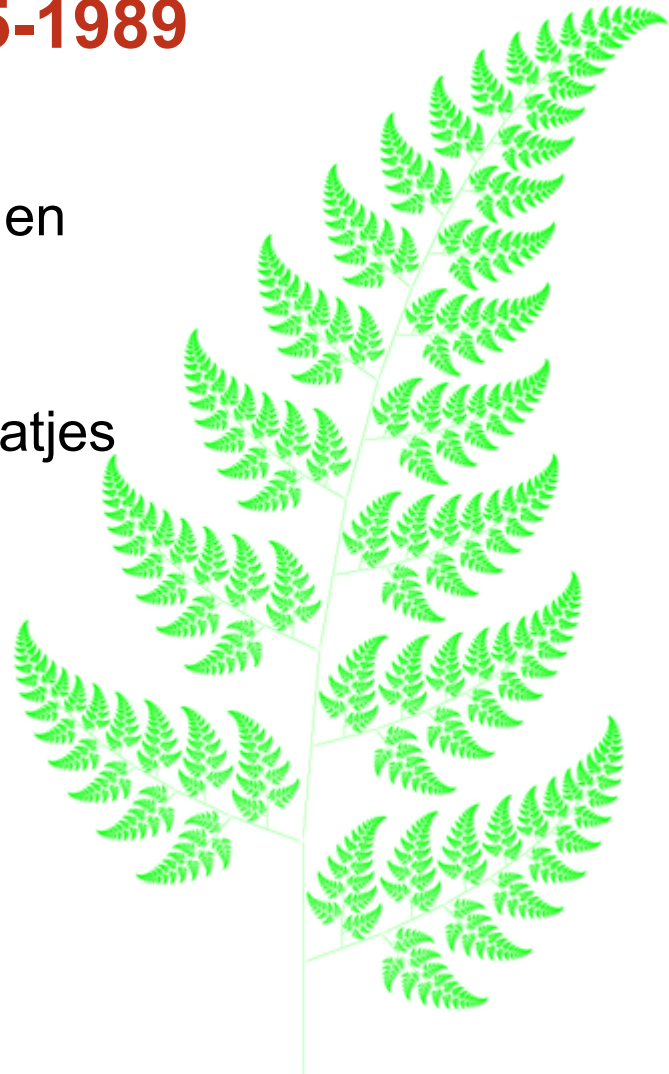


Aristid Lindenmayer 1925-1989

- Hongaar, werkte in Utrecht
- studie naar de groei van algen en andere levende wezens:
L-systemen
- kan ook mooie regelmatige plaatjes met Droste effect opleveren
 - planten
 - wiskundige figuren





Fibonacci (1170-1250) getallen als een L-systeem

- Begin met 1 paar jonge konijnen: J
- na 1 maand zijn konijnen volwassen: $J \rightarrow V$
- volwassen paar konijnen krijgt iedere maand 1 paar jongen: $V \rightarrow VJ$
- er gaan geen konijnen dood
- regels voor het L-systeem
 - $J \rightarrow V$
 - $V \rightarrow VJ$
 - start: J
 - hoeveel konijnen zijn er na een jaar?
 - herhaald regels toepassen:
 - $J, V, VJ, VJV, VJVVJ, VJVJVJV, VJVJVJVJV, \dots$
 - Lengte: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ...

ieder jaar 464 konijnen eten





computerprogramma voor dit L-systeem

fib :: Symbol -> [Symbol]

fib 'J' = ['V']

fib 'V' = ['VJ']

slimmer dan tellen:
beter algoritme

- aantal konijnen berekenen = lengte rij symbolen

fibonacci 0 = 1 // 'J'

fibonacci 1 = 1 // 'V'

fibonacci n = fibonacci (n-1) + fibonacci (n-2)



maand

geen
konijnen
dood

aantal
konijnen

jongen =
volwassenen
maand er voor

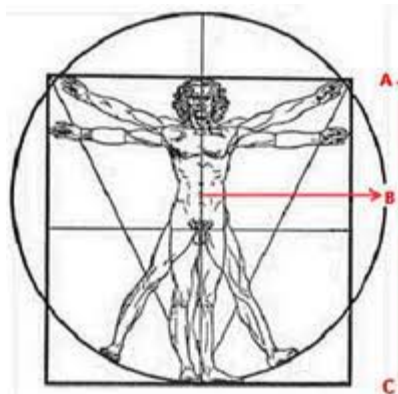
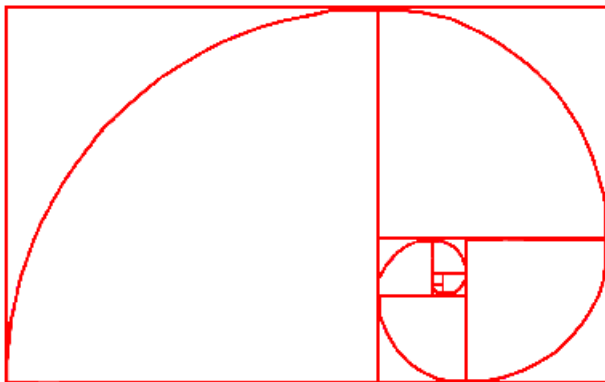
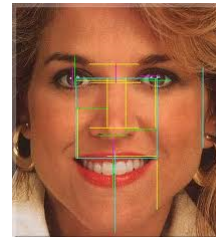


Gulden snede

- mooie verhouding van maten

$$\Phi = \frac{a}{b} = \frac{a+b}{a} \approx 1.61803399$$

$a+b$ is to a as a is to b



verhouding Fibonacci
getallen

1/1	1,000000
2/1	2,000000
3/1	1,500000
5/3	1,666666
8/5	1,600000
13/8	1,625000
21/13	1,615385
34/21	1,619048
55/34	1,617647
89/55	1,618182
144/89	1,617978
233/144	1,618056
377/233	1,618026
610/377	1,618037
987/610	1,618033



L-systemen en plaatjes

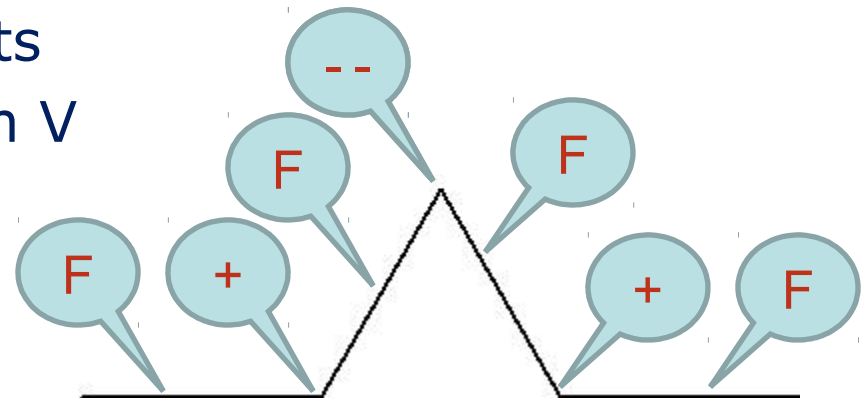
- doe eerst het gewenste aantal vervangingen
- interpreteer dan de letters als tekencommando's

toAction :: Char -> TurtleAction

toAction '+' = draai links

toAction '-' = draai rechts

toAction 'A' = stap (A in V)



toAction 'F+ F - F + F' =

'stap, links, stap, rechts, rechts, stap, links, stap'



Helge von Koch (1870-1924) sneeuwvlok

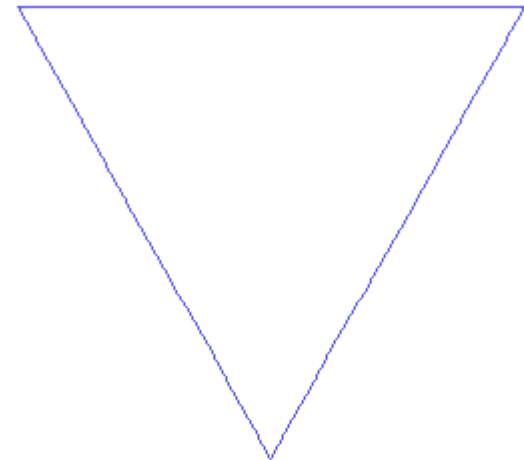
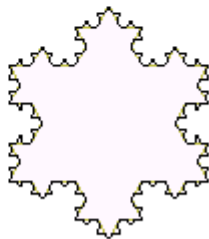
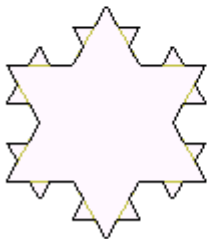
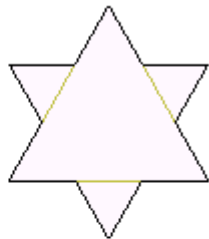
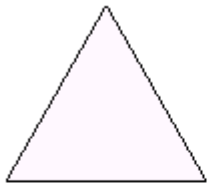
- Droste effect: vervang F door F-F++F-F

koch 'F' = ['F-F++F-F']

koch 'c' = ['c']

- begin: ['F++F++F']

weer een fractal



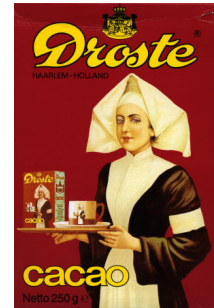
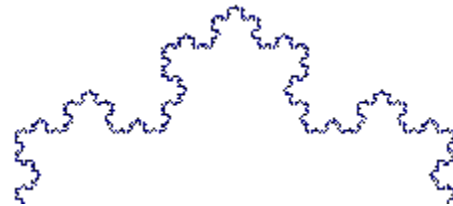


Inzoemen Koch-curve

koch 'F' = ['F-F++F-F']

koch c = [c]

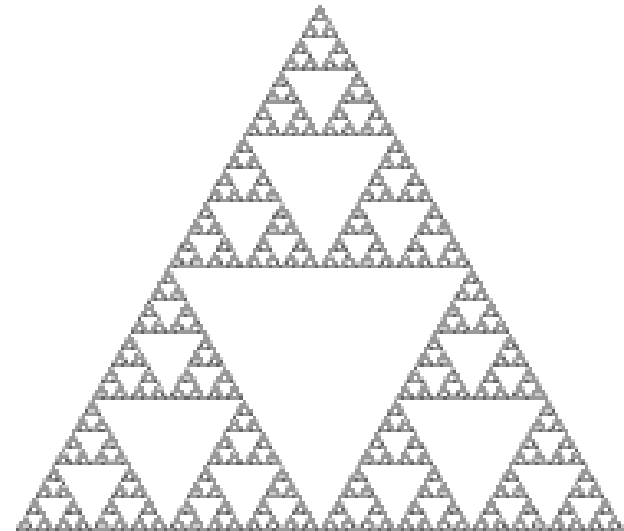
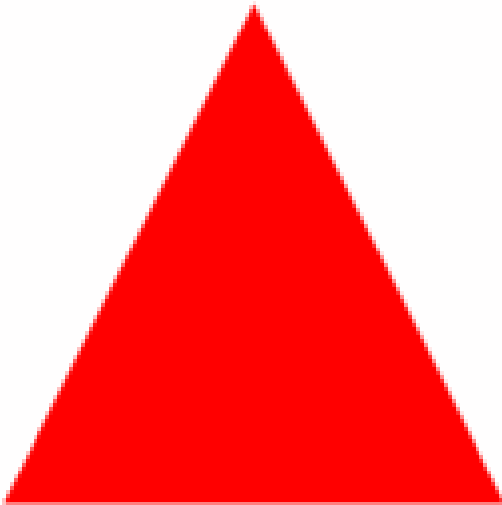
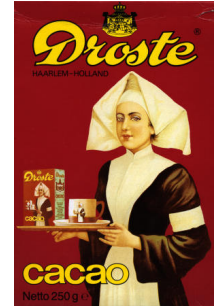
- een fractal





Sierpinski (1882-1969)

- verdeel een driehoek in 4 driehoeken





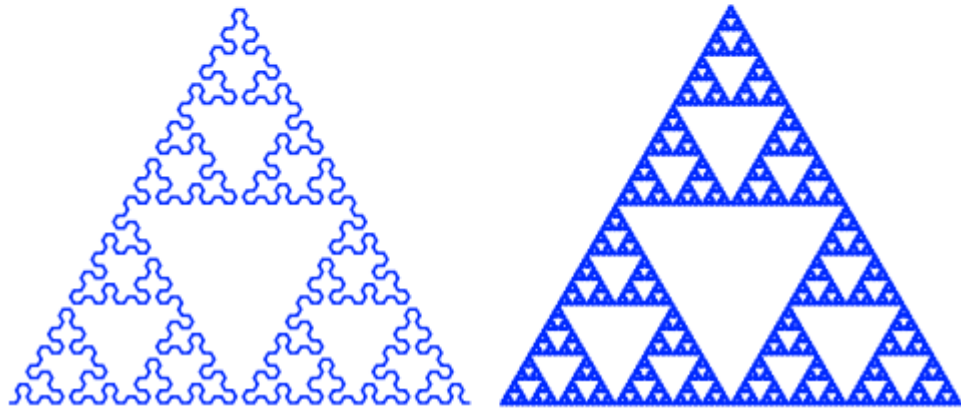
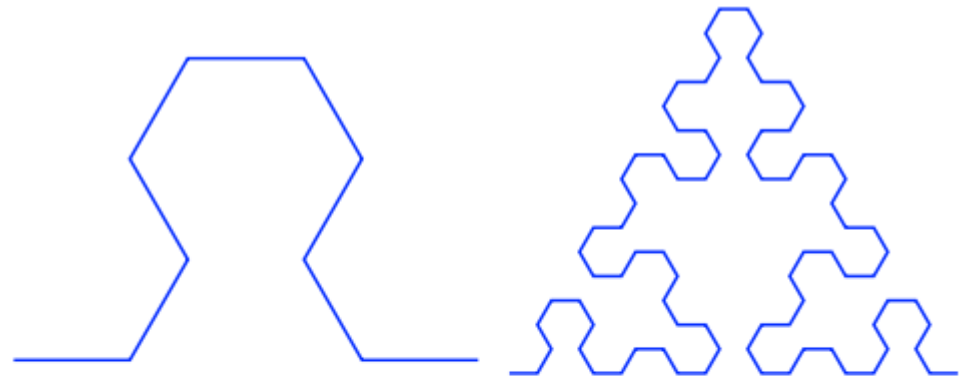
Sierpinski als L-systeem

sierpinski 'F' = ['G-F-G']

sierpinski 'G' = ['F+G+F']

sierpinski 'c' = ['c']

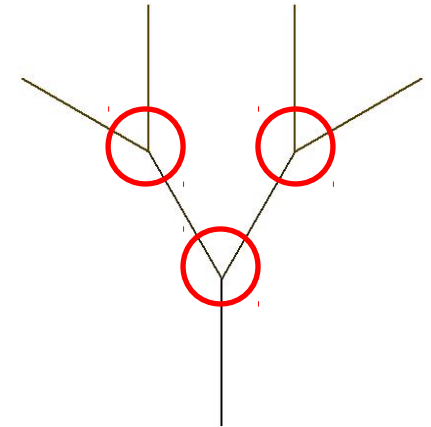
- begin: ['F']



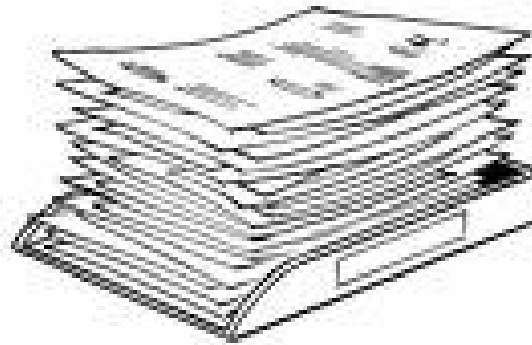


planten als L-systeem

- bij iedere tak moeten we
 1. de schildpad de hele weg terug laten lopen
 2. of onthouden waar we waren
- onthoud huidige positie en richting door die op **stack** te **pushen**
- positie en richting terug zetten door een **pop**



toAction '+' = links
 toAction '-' = rechts
toAction '[' = push
toAction ']' = pop
 toAction A = step



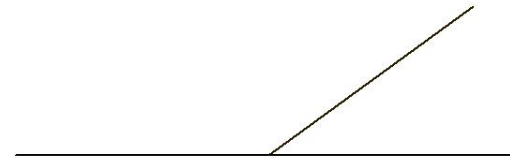


twijgjes

twijg $F = F[+F]F$

twijg $c = c$

- begin: $[F]$





bush

bush 'F' = $FF+[+F-F-F]-[-F+F+F]$

bush c = c

- begin: + + + + F



DEMO



hoeveel lijntjes zijn dit eigenlijk ?

- bush 'F' = $FF+[+F-F-F]-[-F+F+F]$
- begin: + + + + F
- tel aantal F-jes:
1, 8, 64, 512, 4.096, 32.768, 262.144, 2.097.152..
- in formule: 8^n
- dit groeit dus heel hard
 - $8^6: 262.144 \approx 10^5$
 - $8^{10}: 1.073.741.824 \approx 10^9$
 - $8^{20}: 1.152.921.504.606.846.976 \approx 10^{18}$





Grote getallen

- konijnen eten met kerstmis (Fibonacci) 464
 - aantal lijntjes in struik (diepte 7) 10^9
 - leeftijd heelal $1.5 \cdot 10^{10}$ jaar
 - verplaatsingen torens van Hanoi $1.8 \cdot 10^{19}$
 - verschillende gehele getallen computer $2^{64} \approx 10^{60}$
 - deeltjes in heelal 10^{80}
 - Googol 10^{100}
 - # toestanden in 1GB geheugen (2^{30} bits) $2^{10^9} \approx 10^{1.000.000.000}$
 - # toestanden in 1TB schijf (2^{40} bits) $2^{10^{12}} \approx 10^{10^{10}}$
- getallen in de informatica zijn heel veel groter dan in rest van de wetenschappen

