

## JEDNODUCHÉ ESTETICKY PRODUKTIVNÍ ALGORITMY

### ASCII ART – Písmeno (znak) jako grafický element

Výtvarná složka je nedílnou součástí každého textu.  
Není to jen otázka technologie úpravy textu.  
Je-li výtvarná složka posílena, vyváže se ze sdělení a stane se samostatnou.

Ve výtvarném umění jsou známé „techniky“:  
Vnikání písma do obrazu (leteristé),  
básně - obrazy,  
grafická hudba,  
strojokresby,  
apod.

ASCII ARTem (opět nepřesný termín) rozumíme manipulaci se znakem na počítači.

Intelektuální hra,  
...  
pseudografika včetně animace (v řadě aplikací nelze použít grafiku),  
...  
náročná a vážná výtvarná tvorba.

1

### Básně - obrazy

Christian Morgenstern: Noční rybí zpěv



Jacques Prevert (Petr Skarlant): Nesmírné a červené

Nesmírné a červené  
nad pařížskými paláci  
stoupá zimní slunce zrozené  
a zas se vytrácí  
Jako slunce i mé srdce se vytrácí  
a všechna krev odejde z něho  
Odejde aby tě hledala  
má lásko  
má krásná něho  
A našla tě  
tam kde jsi.

2

### Leteristé př. 1

G. Apollinaire: Kaligram

S  
A  
LUT  
M  
O N  
D E  
DONT  
JE SUIS  
LA LAN  
GUE É  
LOQUEN  
TE QUESA  
BOUCHE  
O PARIS  
TIRE ET TIRERA  
T O U    JOURS  
AUX    A L  
LEM    ANDS

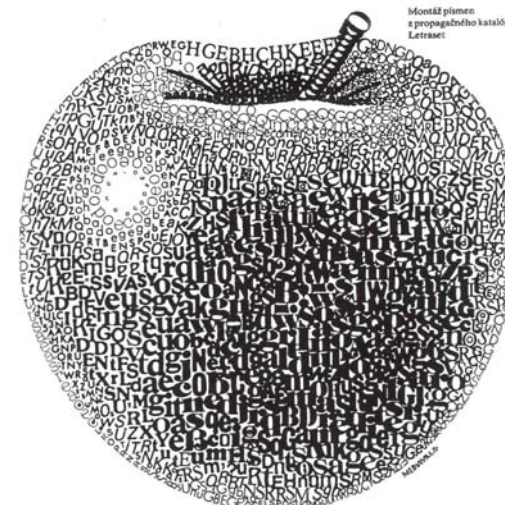
V. Nezval

A  
H  
OJ  
S  
VĚ  
T E  
JEHOŽ  
J S E M  
VÝMLUV  
NÝM JAZY  
KEM KTERÝ  
ÚSTA PLA  
ZÍ A BUDOU  
Ó PAŘÍŽI  
VŽDYCKY VY  
PLA    ZO  
VAT    NA  
NĚM    CE

3

### Př. 2

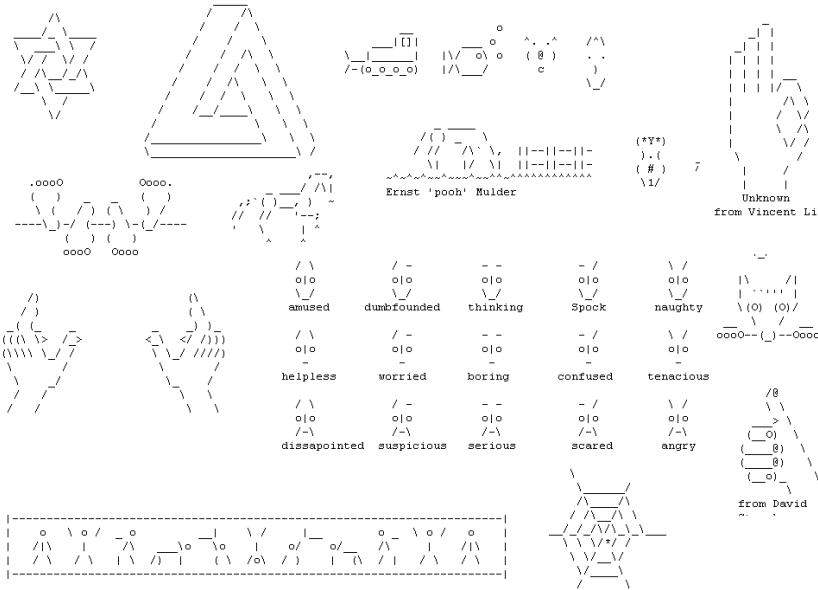
Grafický design:



4

Př. 3

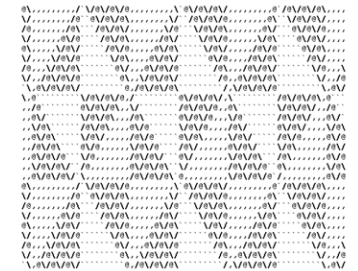
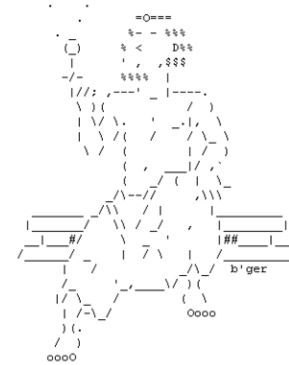
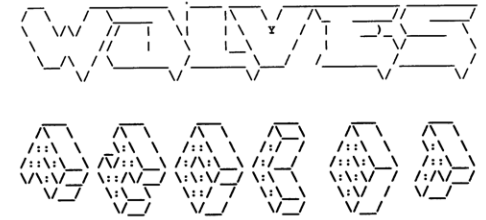
„Hry“



Kreslení čar (obrysů) a výplní

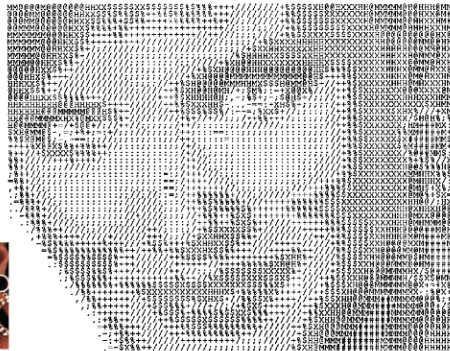
často používané znaky pro obrysy:

/\|\_ = . : ' " ~ < > () []



Šedá stupnice pomocí znaků různé "hustoty"

```
*WMB8&$$#@
oahkbdpqwm
LCJUYXZ0OQ
rcvunxzjft
/\|01()[]
- +<>!?!I?
.,_':^:";~
```



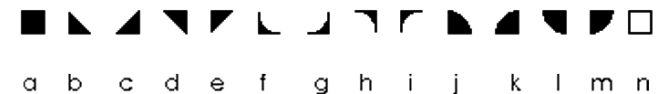
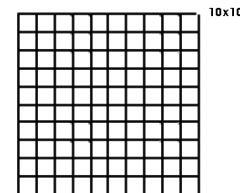
Kvalitní šedou stupnici získáme přetiskem znaků

```
M M M M M M M H H H H H H X H X O Z W A H O O 3 = I * + + + - - - '
W W W W W W W # # # # * + + - - - - = - - - - -
# # # # # # # 0 0 + -
0 0 0 0
0 0 +
+
```

Kombinatorické vzory (Nicole Sigaud 1997)

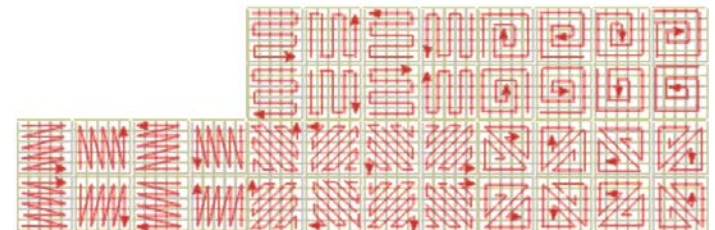
U nás jsou známe z prací výtvarníka Z. Sýkory. Vycházejí z jednoduchých čtvercových motivů skládaných do pravoúhlé mřížky. Předpis pro ukládání může být náhodný i deterministický.

Deterministický vzor definujeme mřížkou  $(x_{max}, y_{max})$ , množinou motivů a předpisem vkládání motivů do mřížky.



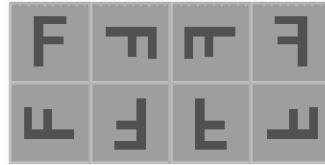
A) Předpis vkládání stopou

Př. Pět variací Na mřížce 5x5:

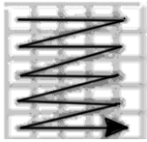


Poznámka: Elementární stopy můžeme skládat jako mozaiky a různě je kombinovat (viz. téma Mozaiky)

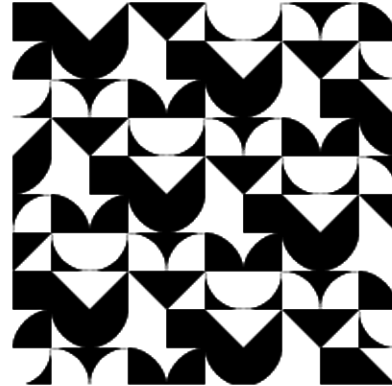
Transformace čtvercové dlaždice:



Př. Vzor daný mřížkou, množinou elementů a stopou:



a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
k	l	m	n	a	b	c	d	e	f
g	h	i	j	k	l	m	n	a	b
c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
m	n	a	b	c	d	e	f	g	h
i	j	k	l	m	n	a	b	c	d
e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
k	l	m	n	a	b	c	d	e	f
g	h	i	j	k	l	m	n	a	b



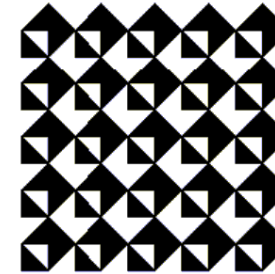
B) Předpis vkládání rovnic

transpoziční tabulka

Výběr je dán např. výrazem  $v = x^2 + y^2$ , kde  $x$  a  $y$  jsou souřadnice aktuálního políčka mřížky. Pro  $x = 2, y = 3$  je  $v = 13$ , což odpovídá našemu znaku m.

Ve výběru rovnic nejsme omezeni, stačí zadání doplnit transpoziční tabulkou.

Př. Kreace pro  $v = x^2 + y^2$  a zúžený výběr  $b, c, e$  na mřížce 10x10:



a	1	15	29
b	2	16	30
c	3	17	31
d	4	18	32
e	5	19	33
f	6	20	34
g	7	21	35
h	8	22	36
i	9	23	37
j	10	24	38
k	11	25	39
l	12	26	40
m	13	27	41
n	14	28	42

etc.

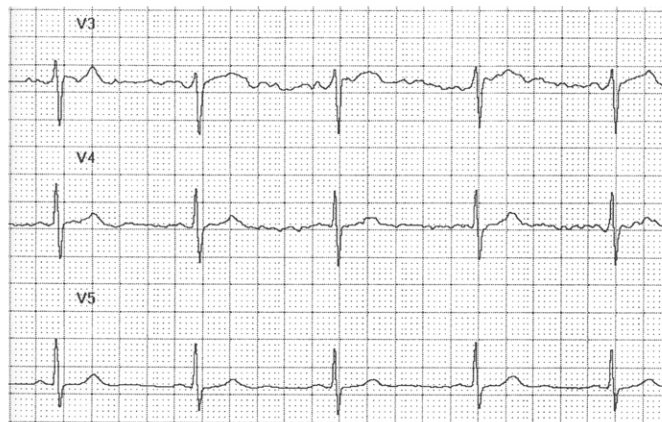
Vlastní realizaci vzoru provedeme ve vhodném textovém procesoru. Znakovou řadu vytvoříme v odpovídajícím formátu.

Na síti jsou k dispozici fonty projektu ANACOM (Nicole Sigaud / Humanoid Exotik Designs).

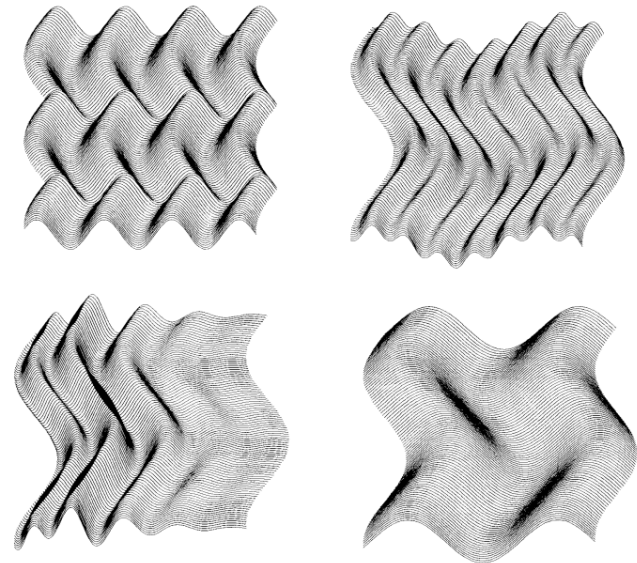
## ESTETICKY PŮSOBIVÉ JEDNODUCHÉ MATEMATICKÉ FUNKCE

Periodické funkce

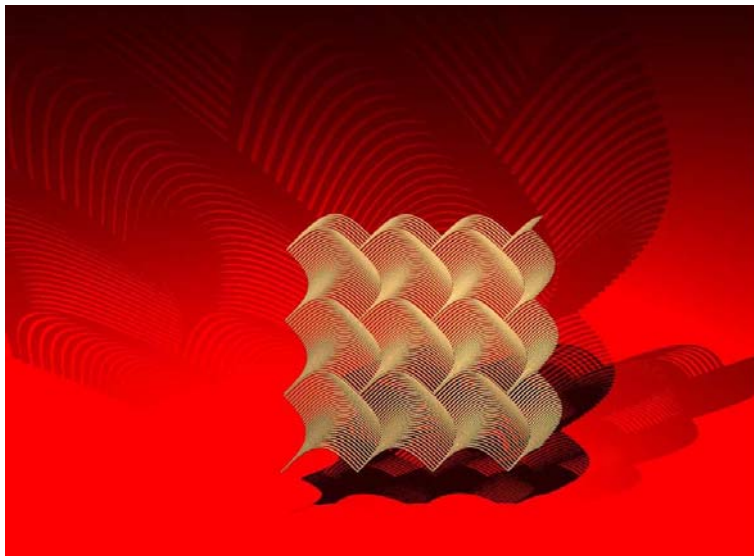
Rytmus je nám vlastní:



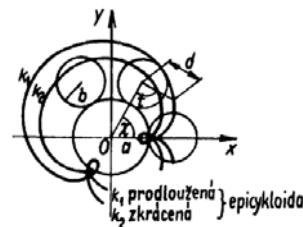
Trigonometrické funkce v různých variacích



### Kvazi 3D



### Oblíbené cykloidy



Parametrické rovnice zkrácené, resp. prodloužené epicykloidy ( $t \in \mathbb{R}$ ):

$$x = (a + b) \cos\left(\frac{b}{a}t\right) - d \cos\left(\frac{a + b}{a}t\right),$$

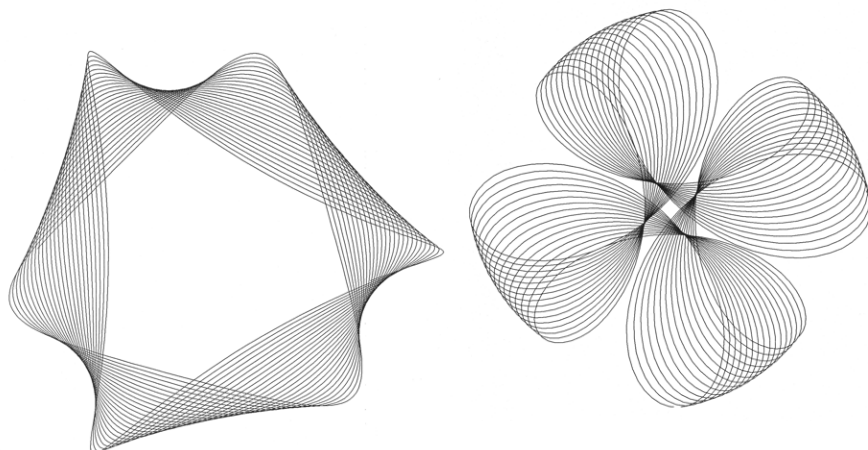
$$y = (a + b) \sin\left(\frac{b}{a}t\right) - d \sin\left(\frac{a + b}{a}t\right),$$

Parametrické rovnice zkrácené, resp. prodloužené hypocykloidy ( $t \in \mathbb{R}$ ):

$$x = (a - b) \cos\left(\frac{b}{a}t\right) + d \cos\left(\frac{a - b}{a}t\right),$$

$$y = (a - b) \sin\left(\frac{b}{a}t\right) - d \sin\left(\frac{a - b}{a}t\right),$$

### Příklad cykloid



Rovnice spirografu je možné přepsat do výhodnějšího tvaru:

$$x = x_0[m \cos t + a \cos(nt)] - y_0[m \sin t - a \sin(nt)]$$

$$y = y_0[m \cos t + a \cos(nt)] + x_0[m \sin t - a \sin(nt)],$$

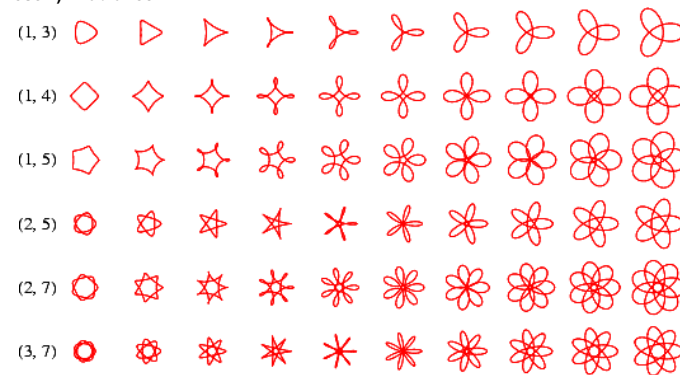
$m$	$\equiv$	$\frac{q - p}{q}$
$n$	$\equiv$	$\frac{q - p}{p}$
$x_0$	$\equiv$	$\cos \theta$
$y_0$	$\equiv$	$\sin \theta$

poloměr vnější kružnice = 1  
 poloměr vnitřní kružnice =  $p/q$   
 péro ve vzdálenosti  $a$  od středu  
 $\theta$  počáteční úhel (vzhledem k ose  $x$ ) v radiánech

variace ( $m, n$ )

$a = 0.1, 0.2, \dots, 1.0$

Superposice křivek  
 - další výtvarné možnosti



### Modifikované rovnice superelipsy

Rovnice superelipsy

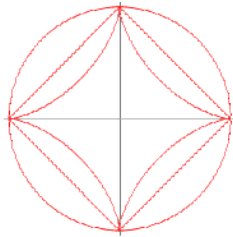
$$\left| \frac{x}{a} \right|^r + \left| \frac{y}{b} \right|^r = 1$$

Př:

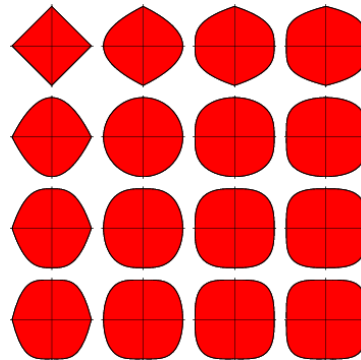
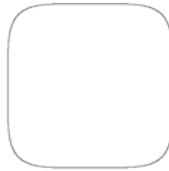
- $r = 2/3$  asteroida
- $r = 1$  kosočtverec
- $r = 2$  elipsa
- $r > 2$  ovály (Lamé 1818)

Modifikace (zobecnění)

$$|x|^p + |y|^q \leq 1$$

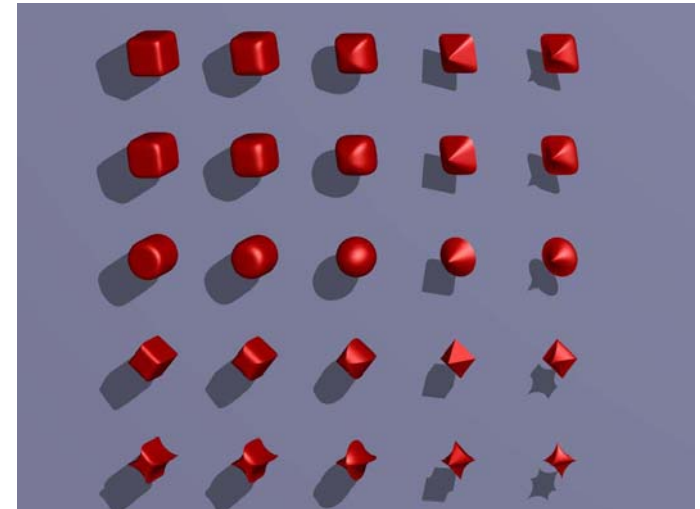


$r = 5/2$  Piet Hein



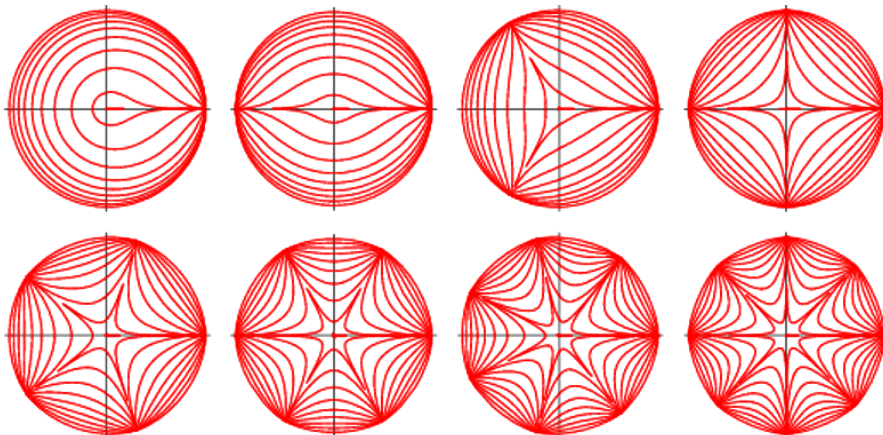
### Superelipsy ve 3D

(D. Bayer – POV 3.1)



Glies (2003) zavádí další modifikaci superelipsy (s 6 parametry !!!)

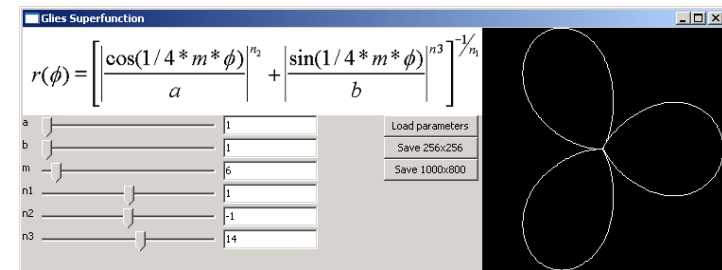
$$r(\theta) = \left[ \left| \frac{\cos(\frac{1}{4}m\theta)}{a} \right|^{n_2} + \left| \frac{\sin(\frac{1}{4}m\theta)}{b} \right|^{n_3} \right]^{-1/n_1} \quad \text{Gliesova superfunkce}$$



Př. Pro  $p = 1, \dots, 4$  a  $q = 1, \dots, 4$       $a = b = 1, n = n_1 = n_2 = n_3, n$  var. 0 až 2,  $m$  var. 1 až 8.

### Interakční a automatické stanovení koeficientů Gliesovy funkce - M. Lichvár (VIN VUT 06)

a)

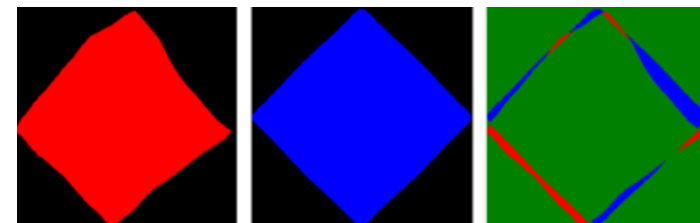


b) Hledání koeficientů Gliesovy funkce genetickými algoritmy

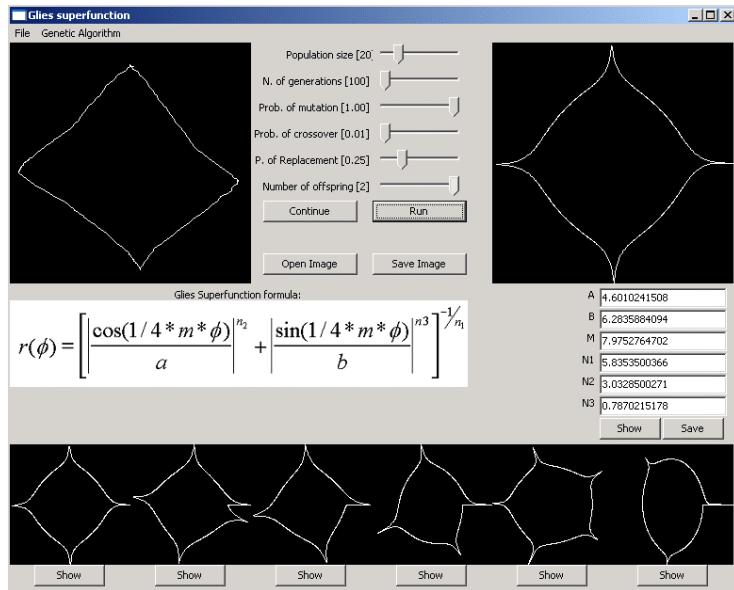
cílový obrys

mezivýsledek

shoda (chyba)



### Okno programu pro hledání koeficientů Giesovy funkce genetickými algoritmy



21

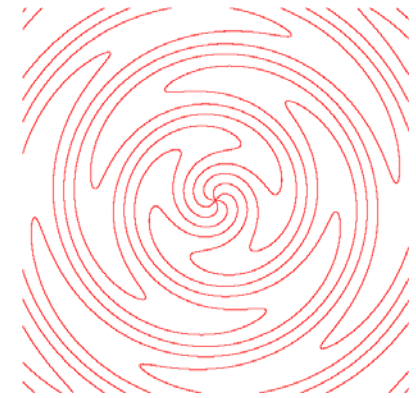
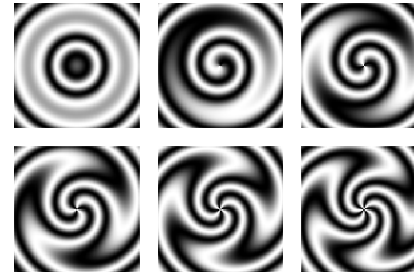
### Jednoduché vírové spirály

Rovnice v polárních souřadnicích

$$f(r, \theta) = \sin(R \cos r - n\theta)$$

Př.  $n = 3, R=6$

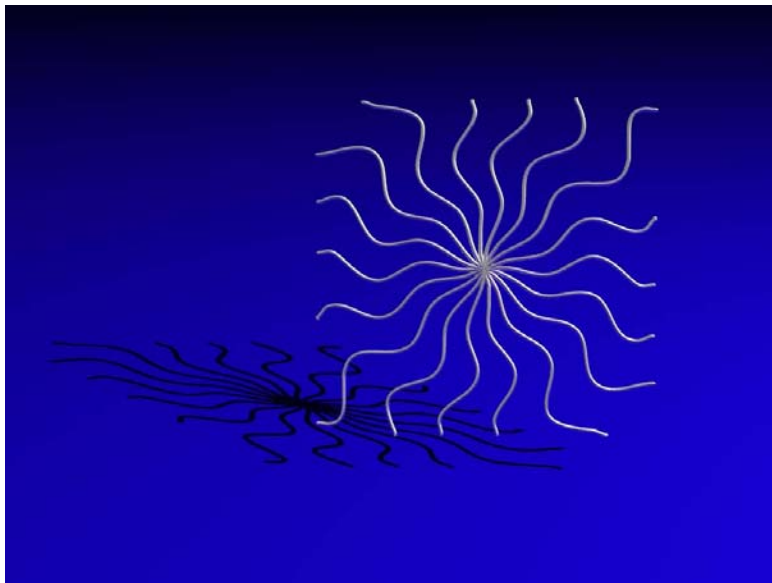
Variace  $n, R=6$ :



22

### Verze 3D

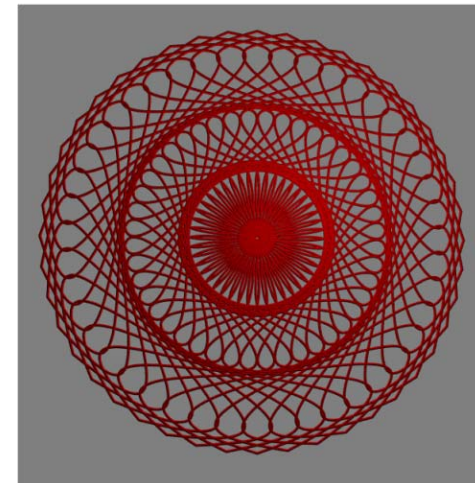
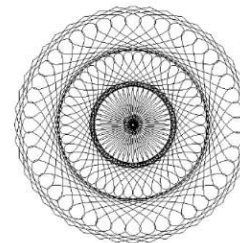
Př. 1  
 $R=1, n=9$



23

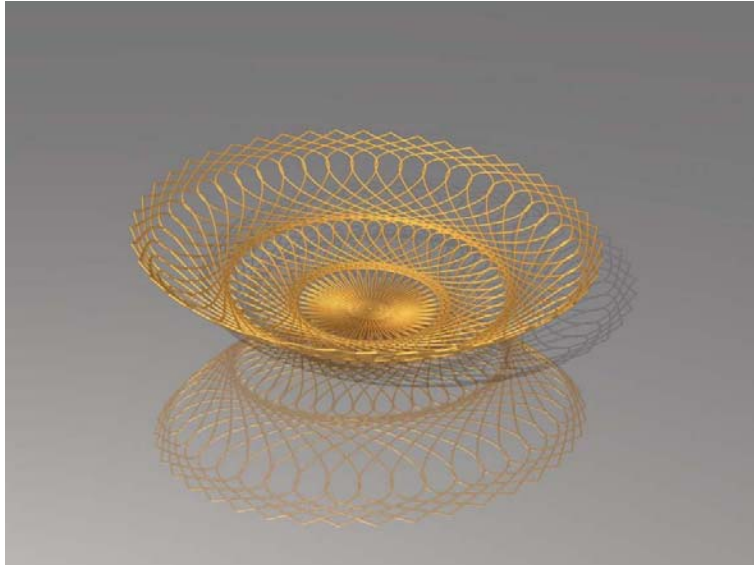
### Př. 2. Rotující křivka

Př. Z 2D do 3D



24

Výsledek

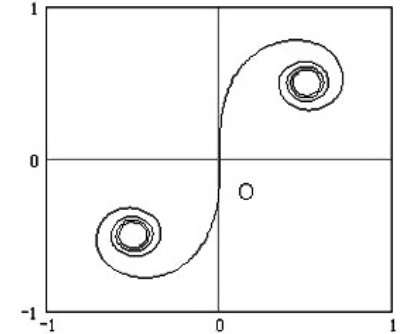


Dekorativní Eulerova spirála

Jako parametrická křivka v pravouhlých souřadnicích je zapsána Fresnelovým integrálem

$$\begin{cases} x(t) = a \int_0^t \sin(u^2) du \\ y(t) = a \int_0^t \cos(u^2) du \end{cases}$$

pro  $a = (2/\pi)^{1/2}$ :



Délka oblouku křivky je  $s = ta$  ( $-\infty < t < \infty$ ), měřeno od počátku O.

Argument lze zobecnit a zapsat jako polynom řádu  $n$

$$p(u) = \sum_{k=0}^n c_k u^k \quad c_k (k=0, 1, \dots, n)$$

$$\begin{cases} x(t) = a \int_0^t \sin(p(u)) du \\ y(t) = a \int_0^t \cos(p(u)) du \end{cases}$$

Takto zapsané křivky se vyznačují značnou výtvarnou versatilitou.

Nemusíme se omezovat na polynom, vyhoví i jiné spojité funkce  $f(u)$  se spojitou první derivací.

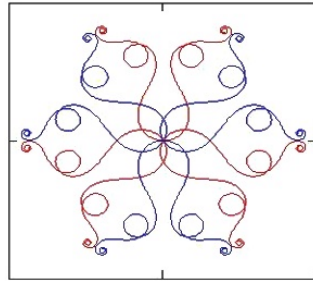
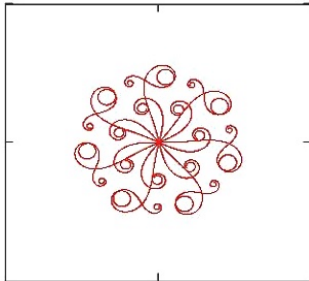
Tato derivace určuje křivost spirály

$$\kappa(u) = -\frac{1}{a} \frac{df(u)}{du}$$

Takto vygenerovanou křivku můžeme považovat za „mateční“

a její rotaci kolem středu O získáme další křivky. Vykreslujeme až celý soubor  $N$  křivek

Př.  
Kreace  
G. Lucca



$p(u)$	$N$	$[t_{min}, t_{max}]$
$2u^5 - 10.5u^3 + 4u^2$	7	[-1.005, 2.042]

$p(u)$	$N$	$[t_{min}, t_{max}]$
$u^5 - 6.u^3 + 5.4u$	6	[-2.356, 2.356]

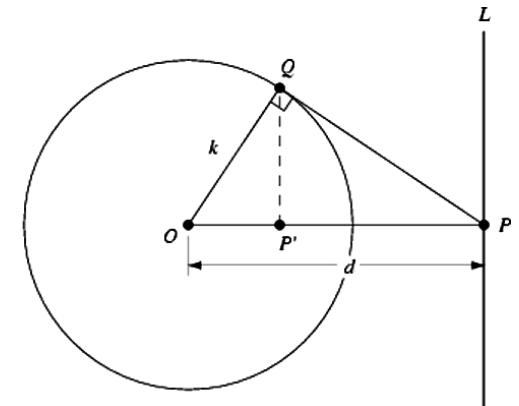
Efekty inverze podle kružnice

Transformace  $P \Rightarrow P'$

$$O = (x_0, y_0)$$

$$x' = x_0 + \frac{k^2(x - x_0)}{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$$

$$y' = y_0 + \frac{k^2(y - y_0)}{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$$



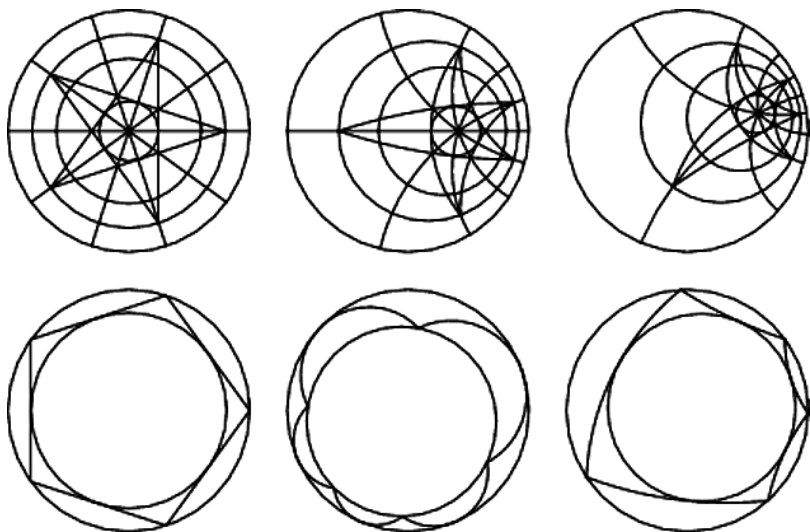
Poznámka: Inverzi lze aplikovat i ve 3D

Transformaci zapíšeme vektorově

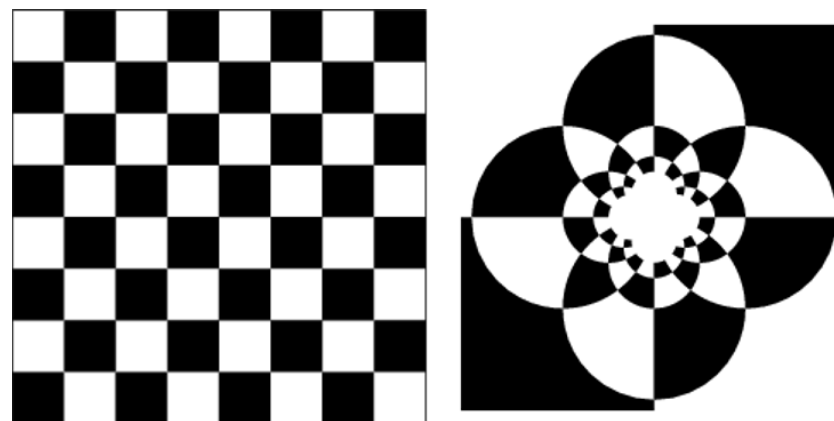
$$\mathbf{x}' = \mathbf{x}_0 + \frac{k^2(\mathbf{x} - \mathbf{x}_0)}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_0|^2}$$

Př. 1. Výsledky inverze:

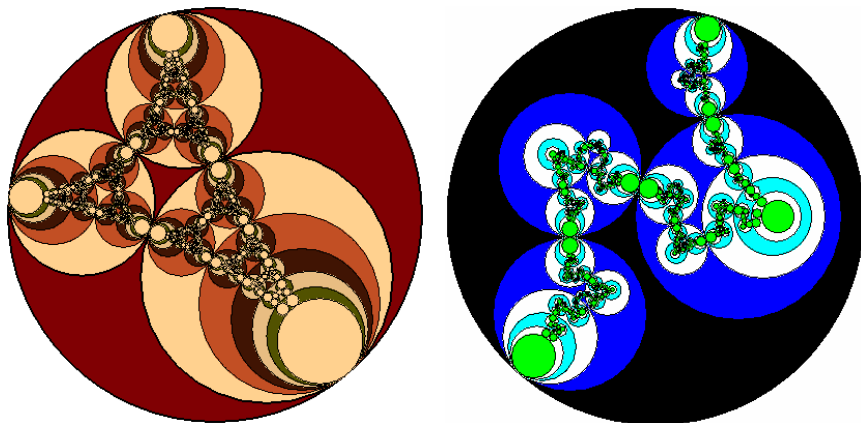
Poznámka – inverzí kružnice je kružnice



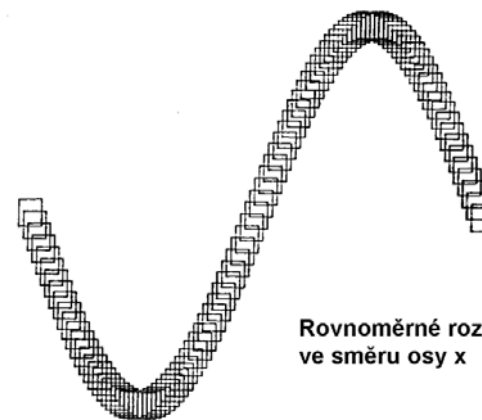
Př. 2. Inverze šachovnice (Gardner 1984, Dixon 1991)



Inverzní kružnice (William Gilbert – Fractal Gallery)



Rozmíst'ování objektu po křivce



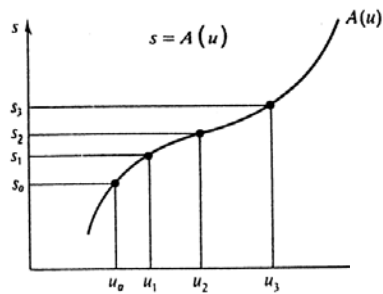
Rovnoměrné rozmíst'ování  
ve směru osy x

Rovnoměrné rozmíst'ování podél oblouku  
vyžaduje předzpracování.

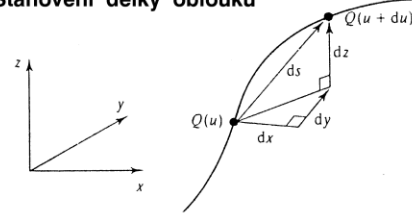


## Rovnoměrné rozmístění objektu po kubice

$du \neq ds!$  u parametr křivky



## Stanovení délky oblouku



$$ds = (dx^2 + dy^2 + dz^2)^{1/2}$$

$$= \left( \left( \frac{dx}{du} \right)^2 + \left( \frac{dy}{du} \right)^2 + \left( \frac{dz}{du} \right)^2 \right)^{1/2} du$$

$$s(u) = \int_{u_0}^u \left( \left( \frac{dx}{du} \right)^2 + \left( \frac{dy}{du} \right)^2 + \left( \frac{dz}{du} \right)^2 \right)^{1/2} du$$

Předpokládejme:  $Q(u) = au^3 + bu^2 + cu + d$

33

$$x(u) = a_x u^3 + b_x u^2 + c_x u + d_x$$

$$y(u) =$$

$$z(u) =$$

$$s(u) = \int_{u_0}^u (Au^4 + Bu^3 + Cu^2 + Du + E)^{1/2} du$$

$$A = 9(a_x^2 + a_y^2 + a_z^2)$$

$$B = 12(a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z)$$

$$C = 6(a_x c_x + a_y c_y + a_z c_z) + 4(b_x^2 + b_y^2 + b_z^2)$$

$$D = 4(b_x c_x + b_y c_y + b_z c_z)$$

$$E = c_x^2 + c_y^2 + c_z^2$$

Integrujeme

Simpsonovou metodou:

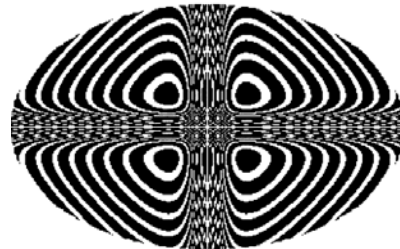
$$\int_a^b f(u) du = h/3 (f_0 + 4f_1 + 2f_2 + 4f_3 + \dots + 2f_{n-2} + 4f_{n-1} + f_n) + O(h^4)$$

$$f_i = f(u_i) \quad u_i = a + \frac{i}{n} (b - a) \quad h = \frac{1}{n}$$

pozn. n sudé

34

## Efekt binárního kvantování fce $f(x, y)$



Zobrazení funkce

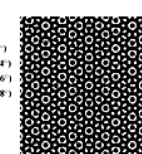
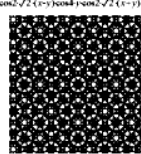
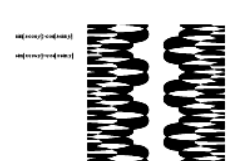
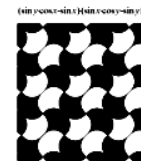
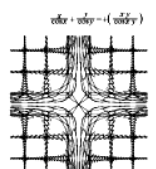
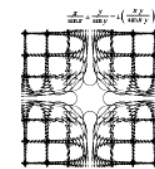
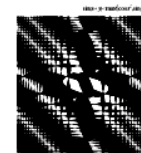
$$1 + \cos((x + 40/(y/16) + (y + 40/(x/25))) / 2)$$



Zobrazení funkce  $1 + \cos(10 * (\sin(x/25) + \sin(x/16)))$

35

Grafy jednoduchých funkcí  
GrafEq



$$A = B + C, D = E = 0$$

$$A = \cos(x)$$

$$B = \cos(\cos(72^\circ - y \sin(72^\circ)))$$

$$C = \cos(\cos(44^\circ - y \sin(44^\circ)))$$

$$D = \cos(\cos(216^\circ - y \sin(216^\circ)))$$

$$E = \cos(\cos(288^\circ - y \sin(288^\circ)))$$

36

Forests\_Edge-Relation #1 (Algebraic)  
Relation #1 | Active | Color: 5 | Font Size: 24  
$$y < \frac{1}{4} \sin(x-9)^2 + \frac{1}{2}$$
$$y < x-8$$

Forests\_Edge-Relation #3 (Algebraic)  
Relation #3 | Active | Color: 2 | Font Size: 24  
$$\left(\text{mod}\left(x+\frac{\pi}{2}, 2\pi\right)-\pi\right)^2 + \left(y-7-\frac{x^2}{80}\right)^2 < 5$$
$$x < 11$$

Forests\_Edge-Relation #4 (Algebraic)  
Relation #4 | Active | Color: 3 | Font Size: 24  
$$\left(\text{mod}\left(x-\frac{\pi}{2}, 2\pi\right)-\pi\right)^2 + \left(y-8.5+\frac{x^2}{80}\right)^2 < 5$$
$$x < 8$$

Forests\_Edge-Relation #2 (Algebraic)  
Relation #2 | Active | Color: 4 | Font Size: 24  
$$y \leq \text{Arctan}(10-x)$$

Forests\_Edge-Relation #5 (Algebraic)  
Relation #5 | Active | Color: 3 | Font Size: 24  
$$y > \sin x$$
$$y > \cos x$$
$$y < \tan x$$
$$y < \sin x \cdot x + 7$$
$$x < 9$$

Jeff Tupper: GrafEq

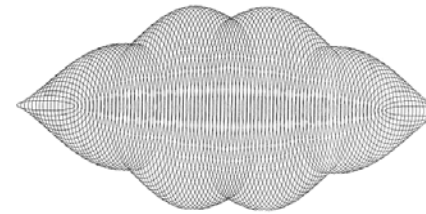
Forests\_Edge-View #1  
View #1 | Graph (Finished)  
1 2 3 4 5

37

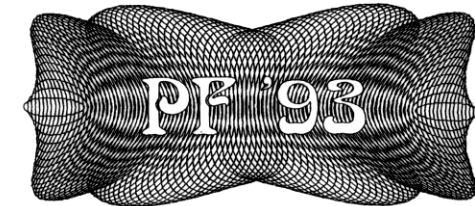
## Jiné způsoby repetice kresby

### Bankovní podtisky - giloše

1. fáze vytvoření základní struktury čar



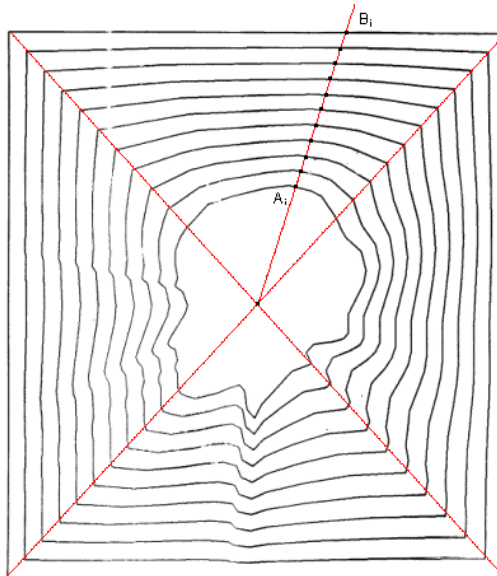
2. fáze tvarování (morphing)



38

## Interpolace obrysů

Poznámka:  
Nelineární interpolace  
skýtá další efekty



39

## Opakovaná transformace

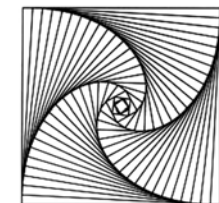
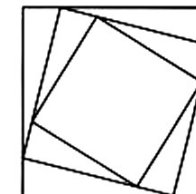
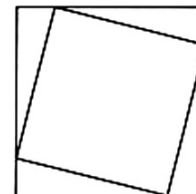
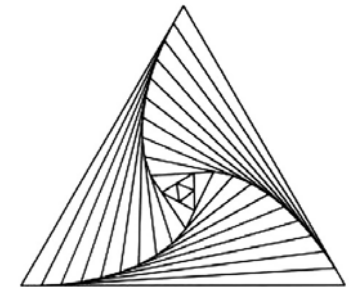
Populární jsou mizející trojúhelníky Rutheforda Boyda (1882-1951).

Francouz Henri Brocard (1845-1922) řešil zjednodušenou úlohu střetnutí pronásledovatele a cíle.

John Sharp (chemik) kolem 1960 se věnuje Op-Artu a zdokonaluje kreace variacemi křivky pohybu cíle a střídá směr sledování apod.

Bob Brill (programátor) kolem 1970 zavádí další parametry (Lissajous Pursuit) atd.

Startovacím obrazcem může být libovolný n-úhelník.

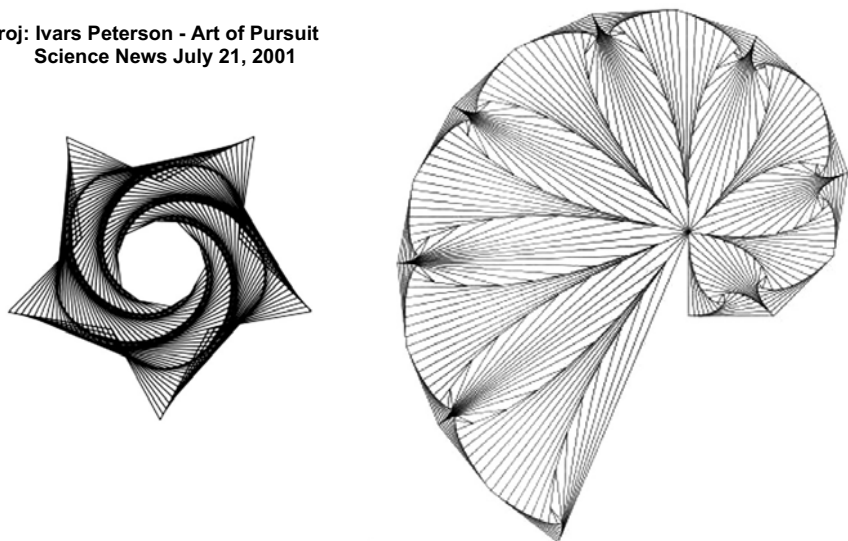


Sled „snímků sledování“ čtyř párů pronásledovatel-kořist.

40

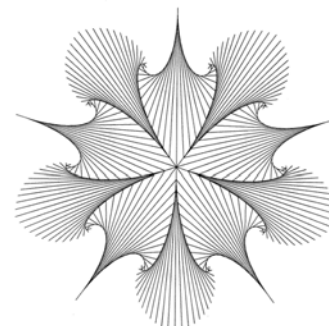
Kreace J.Sharpa

Zdroj: Ivars Peterson - Art of Pursuit  
Science News July 21, 2001

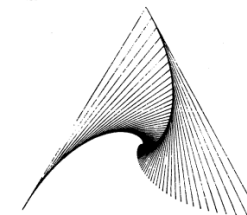
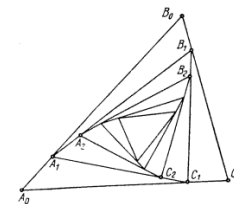


41

Efektívny testy rovinných vektorových zapisovačů fy. CALCOMP



Opakovaná transformace trojúhelníka

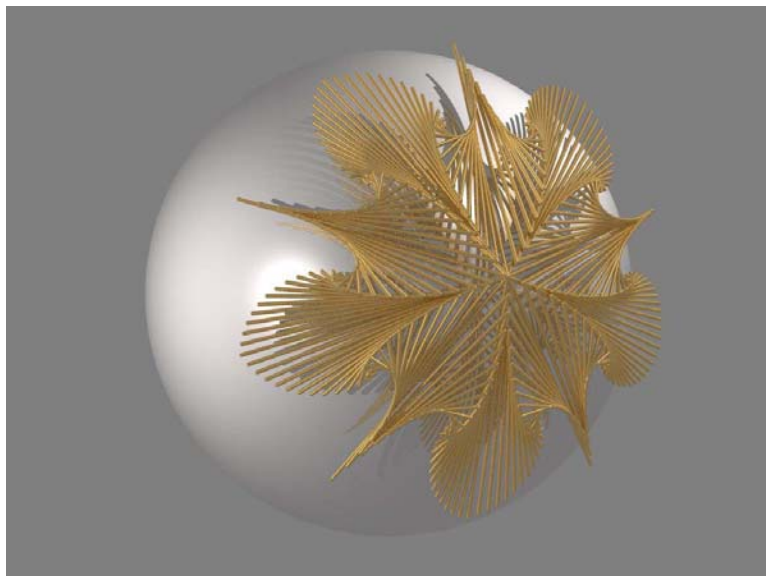


Efektívny testy jsou nevyčerpatelné a mají vždy silný „výtvarný náboj“.

Jednoduché liniové kreace jsou později polotovarem.

42

Provedení 3D:



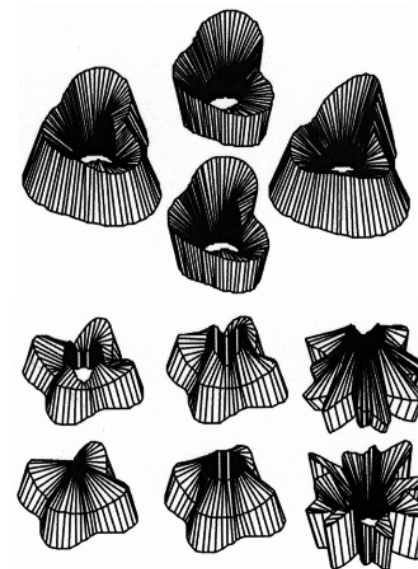
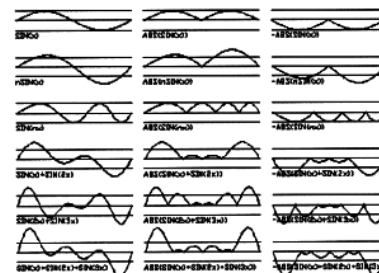
43

Jednoduché prostorové objekty

Modulace parametrů prstence

(R. J. Krawczyk)

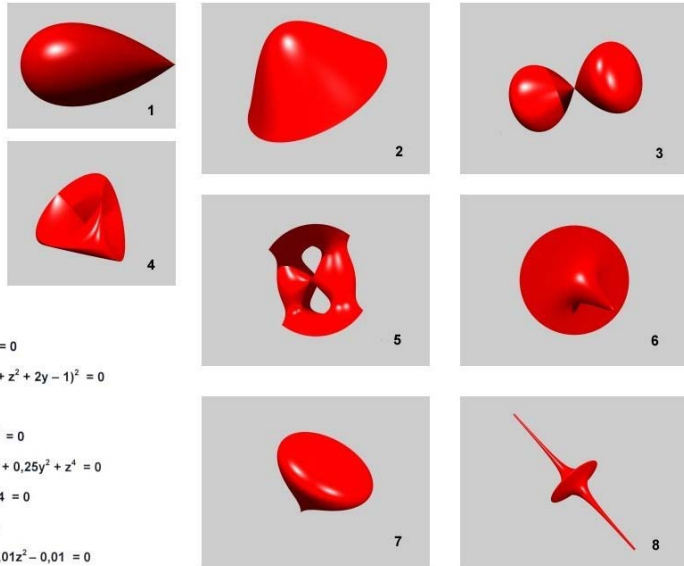
jednoduché modulační funkce:



44

Ušlechtilé tvary ploch vyšších stupňů

Př. Kvartiky



- 1  $0,5x^3 - 0,5x^2 - y^2 - z^2 = 0$
- 2  $y^2 - (x^2 + z^2)y^2 - (x^2 + z^2 + 2y - 1)^2 = 0$
- 3  $x^4 - x^2 + y^2 + z^2 = 0$
- 4  $x^2y^2 + x^2z^2 + xyz + y^2z^2 = 0$
- 5  $x^4 + 2x^2z^2 - 0,36x^2 - y^4 + 0,25y^2 + z^4 = 0$
- 6  $x^2y + 4z^2 + 0,04y + 0,04 = 0$
- 7  $4x^4 - 4x^3 + y^2 + z^2 = 0$
- 8  $x^2y^2 + 0,01x^2 + y^2z^2 + 0,01z^2 - 0,01 = 0$

45

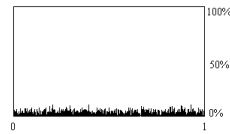
## Generátory pseudonáhodných čísel

představují velmi účinné obohacení esteticky produktivních algoritmů.

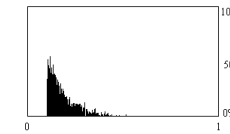
Náhodně lze ovládat parametry kreslicí plochy i parametry kreslených objektů (geometrii, barvy)

Varieta možností je podpořena použitými typy rozložení a volbou parametrů.

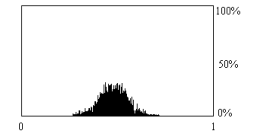
Uniformní rozložení



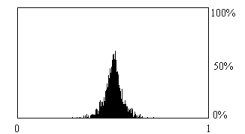
Exponenciální rozložení



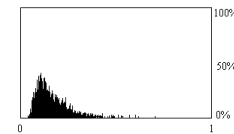
Beta rozložení



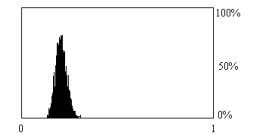
Dvojexponenciální rozložení



Fisherovo rozložení



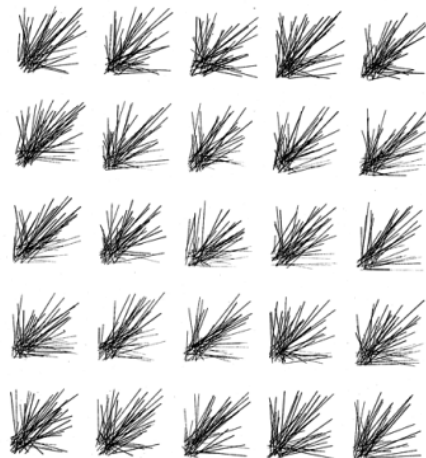
Gama rozložení



46

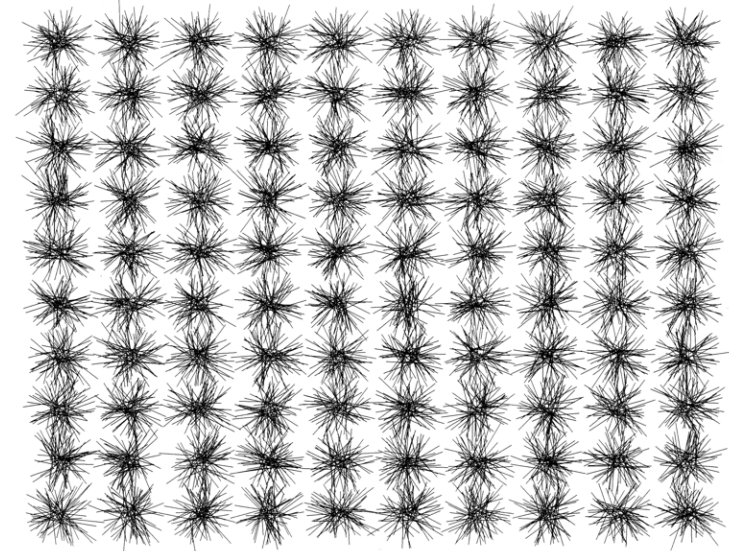
## RANDOMPainter

Př. Pravoúhlé souřadnice



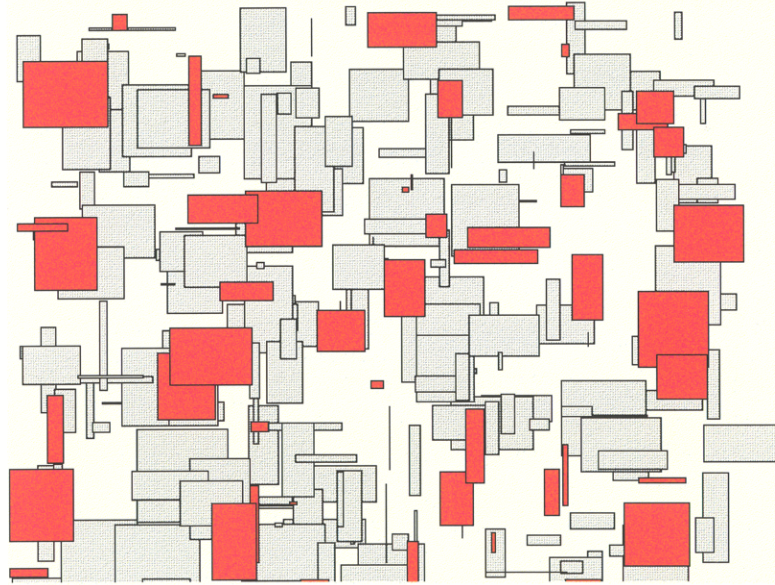
47

Př. Polární souřadnice



48

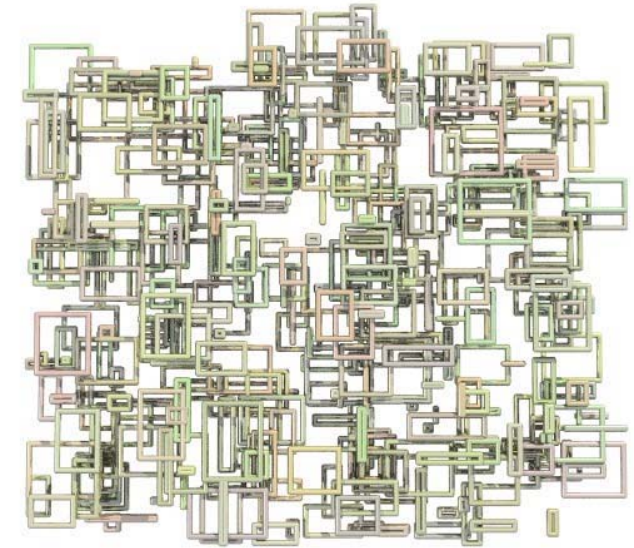
Př.  
Dvě vrstvy



9

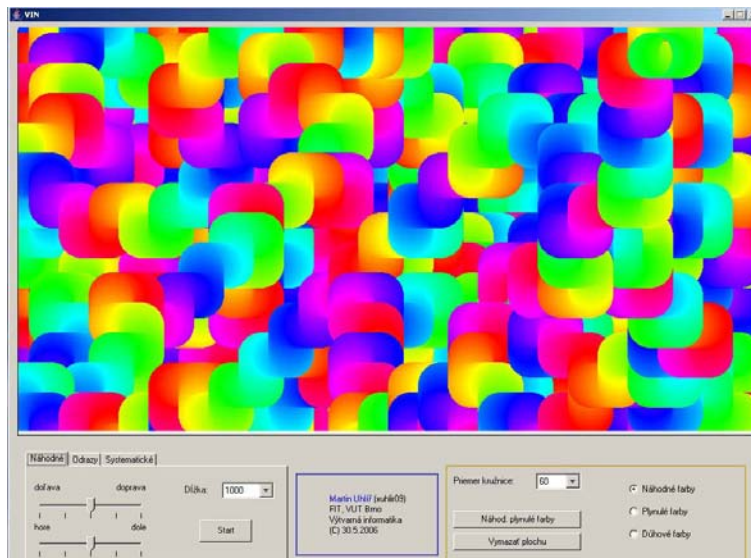
Př.

Náhodná hloubka  
objektů ve 3D  
a náhodný barevný  
odstín



50

RND Painter M. Uhlíře (VIN VUT 2006)

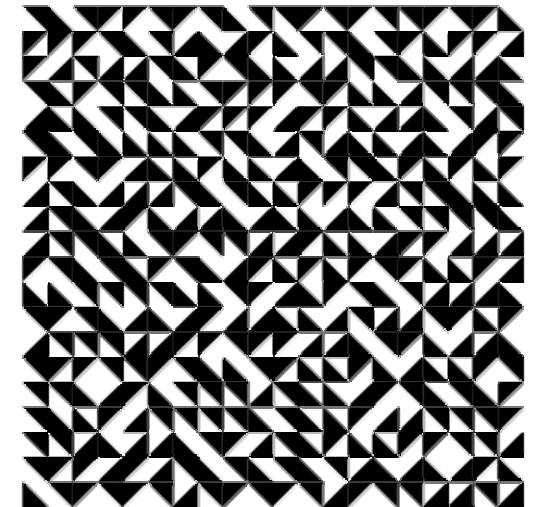


51

„Náhodné“ dlažďení S. Trucheta (1657 – 1729)



jediná dlaždice



52