

# VÝTVARNÁ POČÍTAČOVÁ GRAFIKA

včera a dnes

Tomáš Staudek

[tomas.staudek@napric.cz](mailto:tomas.staudek@napric.cz)

TIM FF MU • říjen 2009





# Výtvarná tvorba podporovaná počítačem

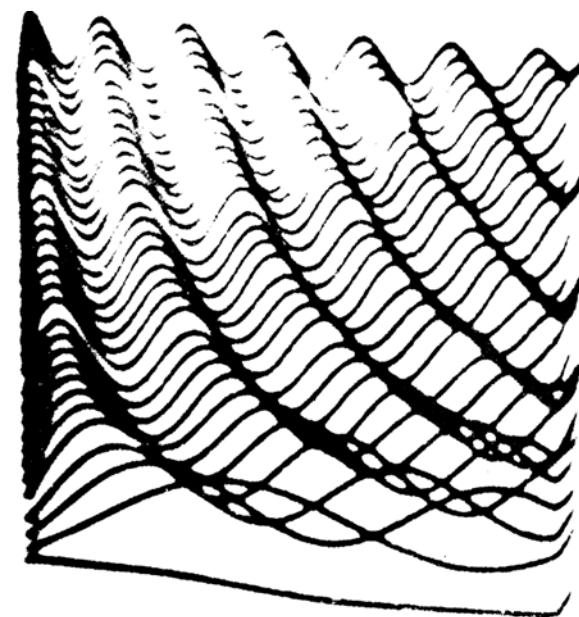
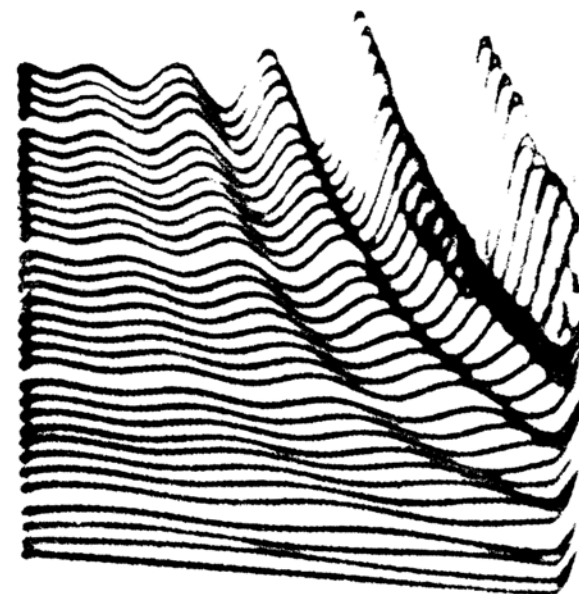
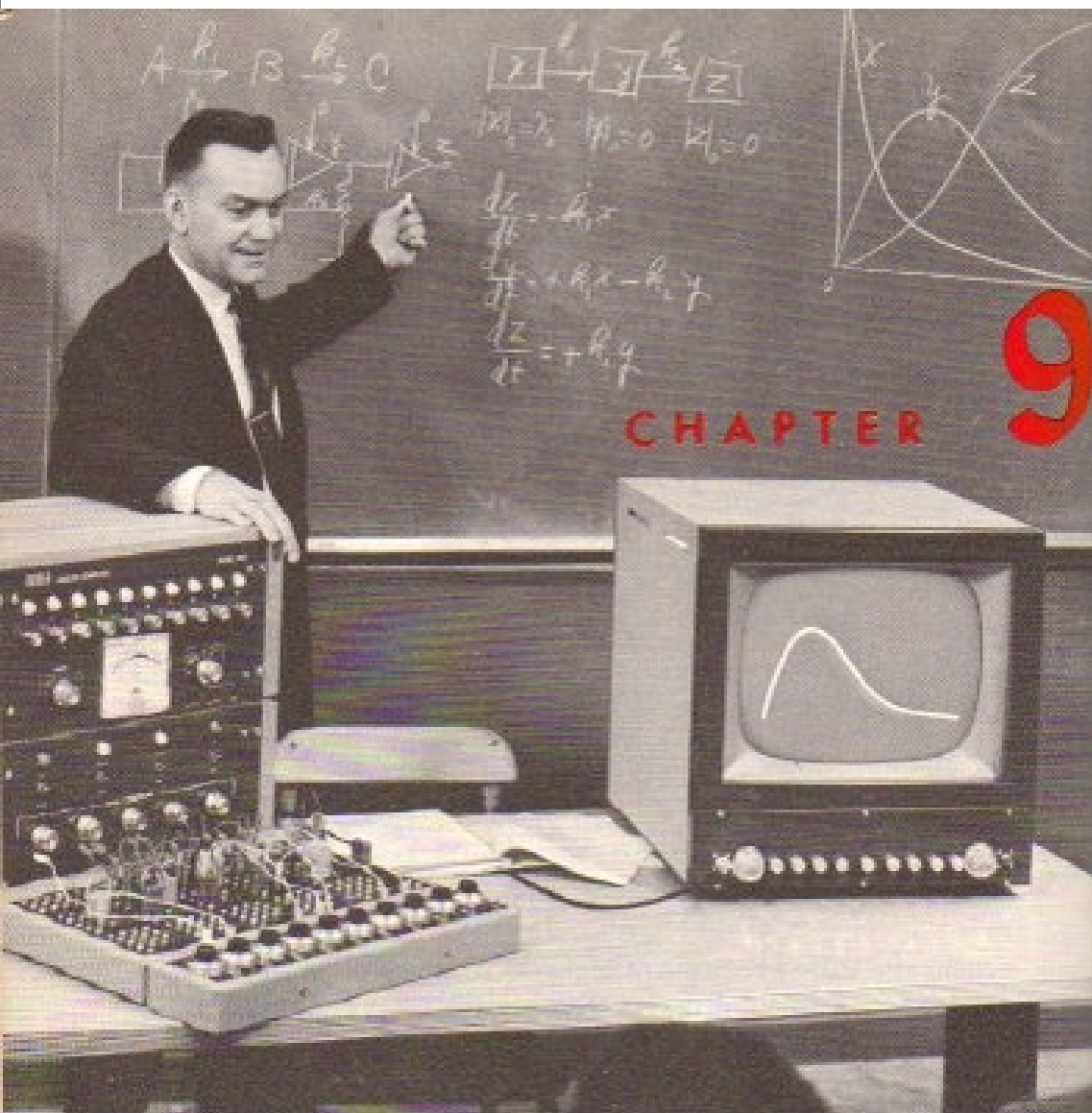
*od pol. 50. let XX. st.*

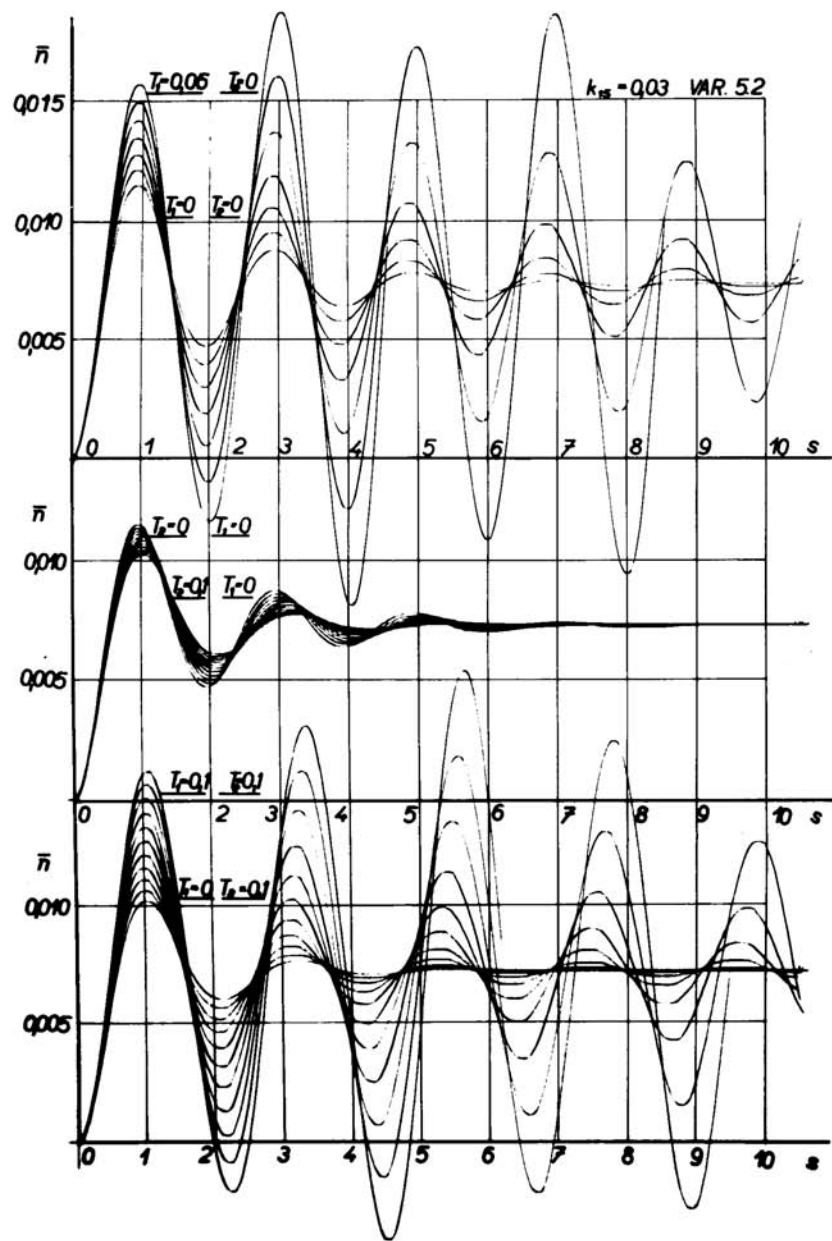
## Analogové počítače

- řešení vědeckotechnických výpočtů,  
počítání nelineárních diferenciálních rovnic,  
simulace a automatizace složitých systémů

## Grafický výstup

- **osciloskop** (obrazovka)
- **plotter** (kreslítko)

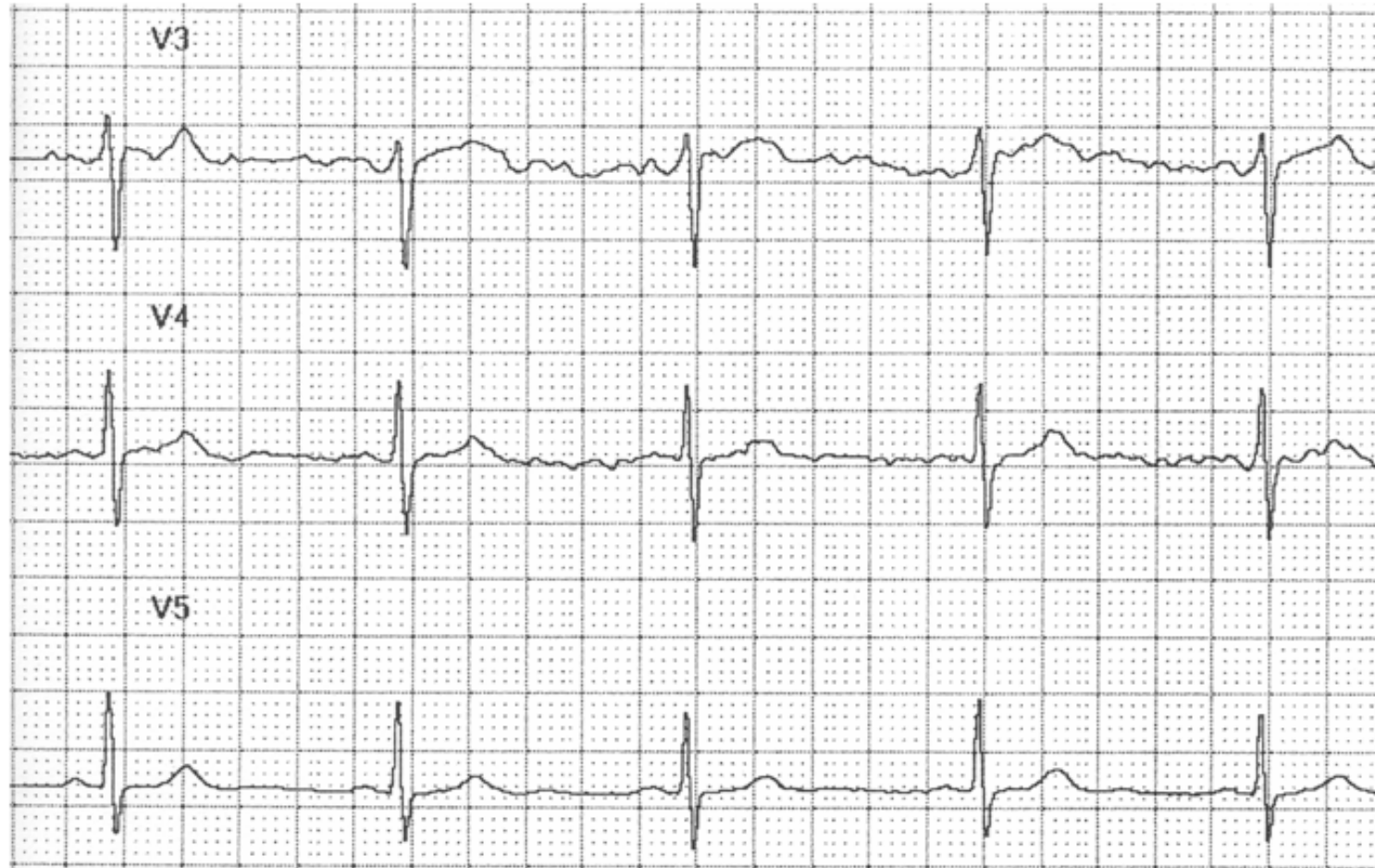




Řešení některých  
matematických úloh  
jsou esteticky působivá —  
**krása ovládaná rovnicí**

## Rytmus

pravidelnost, fáze, repetice, jemné vedení a přesný souběh linií





## Periodické funkce

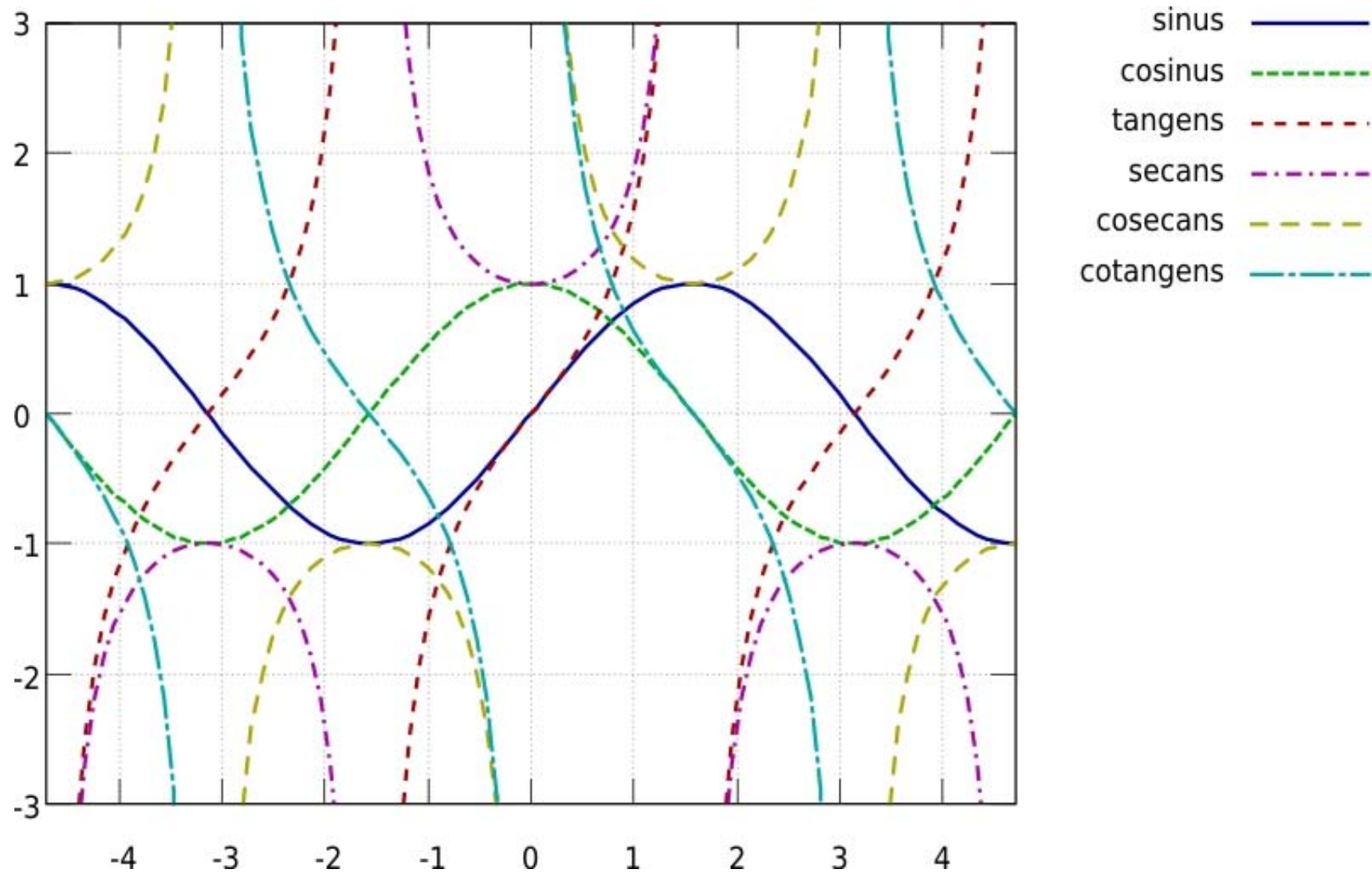
opakují své hodnoty po určité konečné periodě,  
vztažené k nezávislé proměnné

$$\forall x, p \in E, n \in Z: f(x+np) = f(x)$$

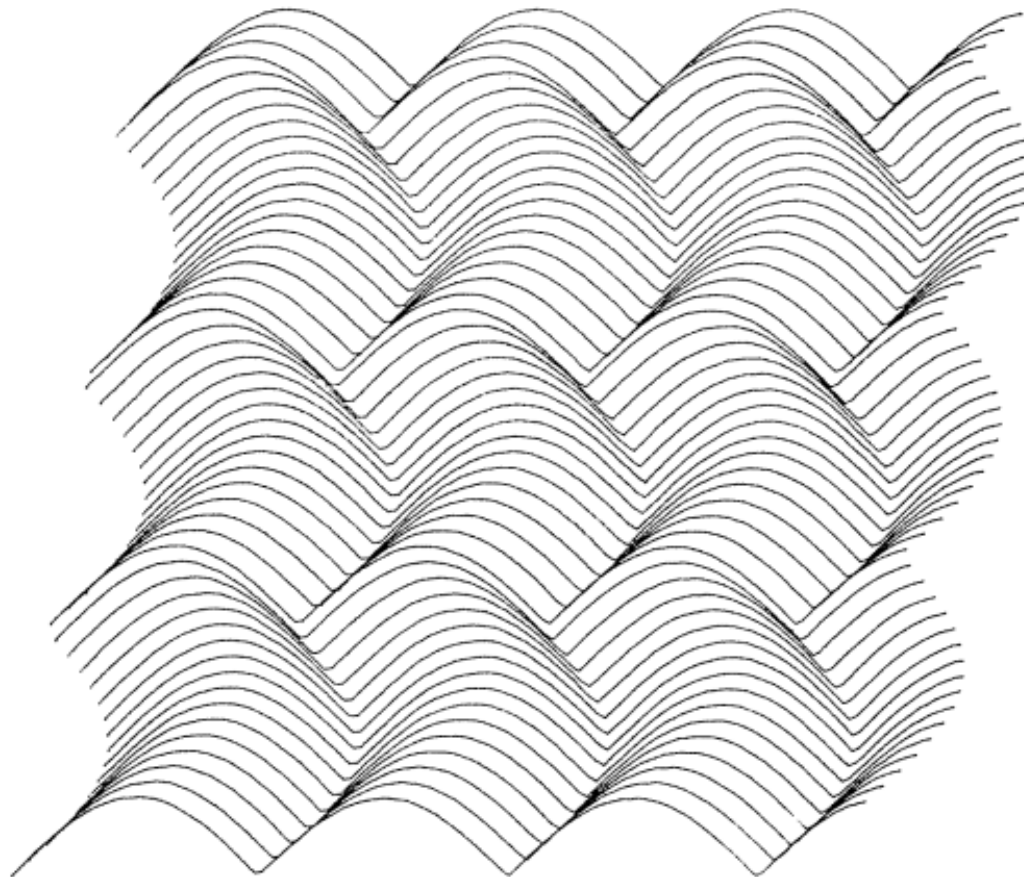
## Goniometrické funkce

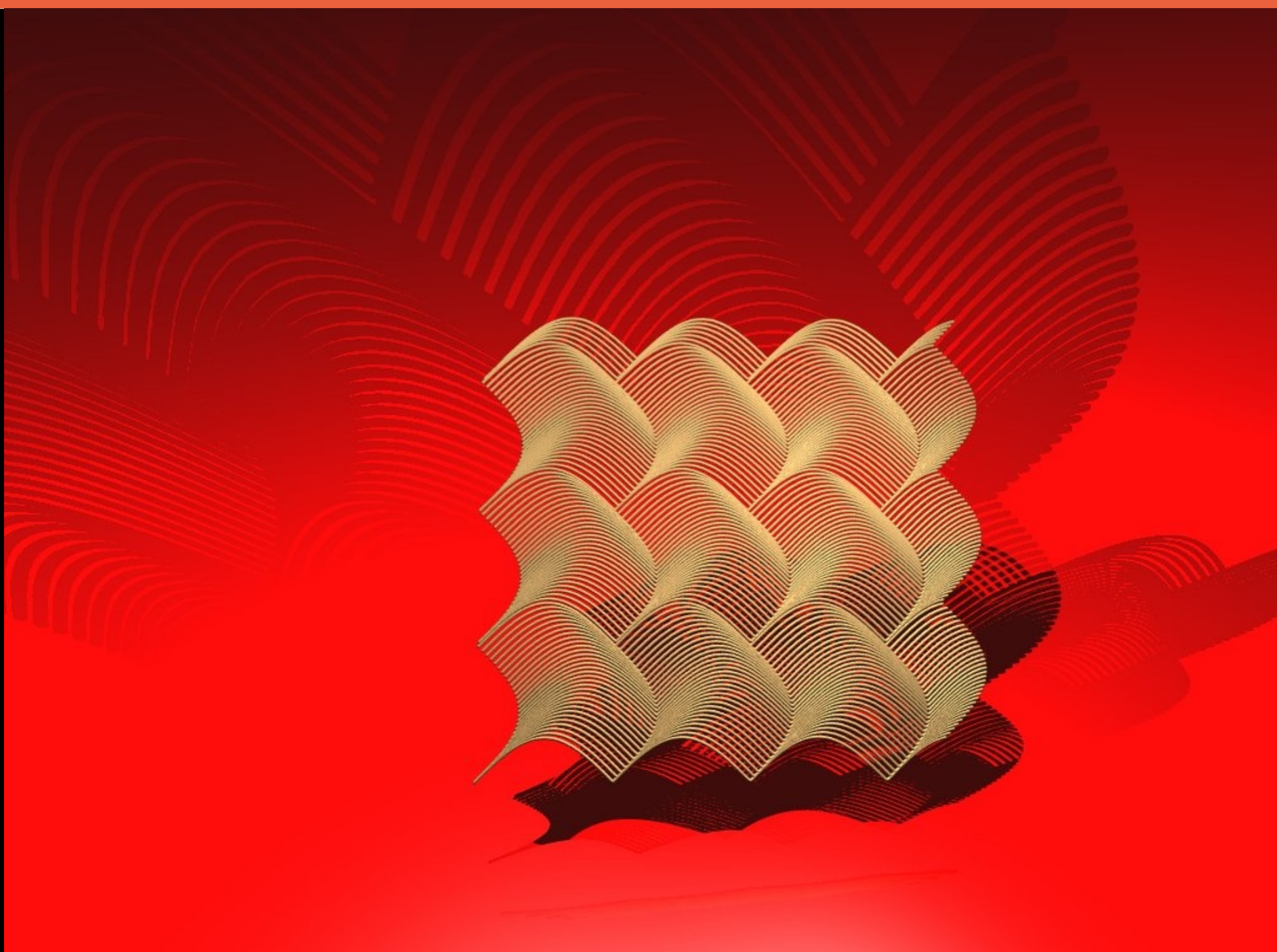
funkce velikosti úhlu s periodou  $2\pi$  nebo  $\pi$

*sinus, cosinus, tangens, cotangens, secans, cosecans*

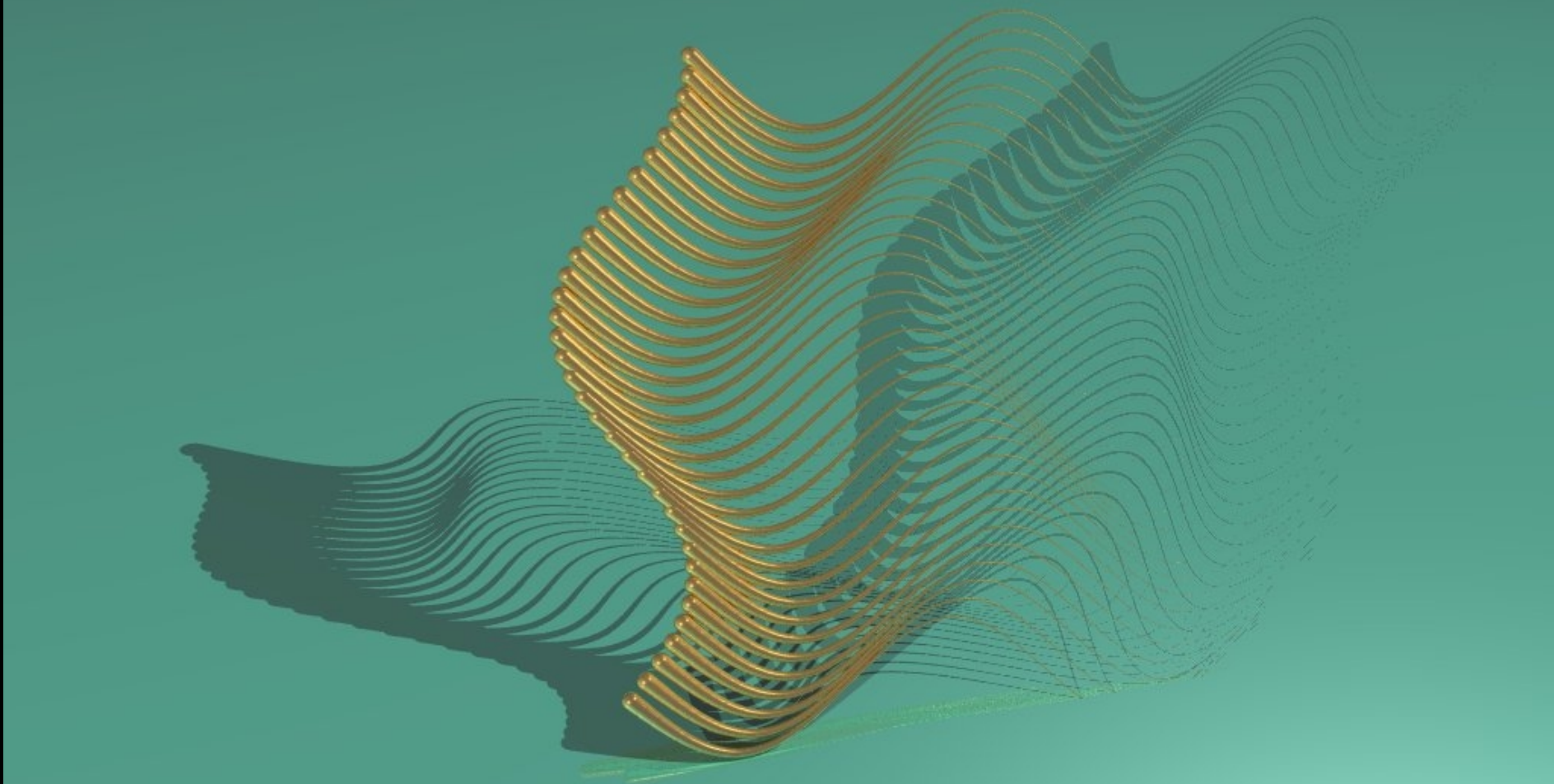


## Prostý efekt absolutní hodnoty aplikované dvakrát na funkci $\sin x$ s posunutím









## Vírové spirály

### Periodické funkce v polárních souřadnicích

$r$  vzdálenost od počátku

$\theta$  úhel k ose

***kartézské  $\rightarrow$  polární***

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta = \arctg y/x + k\pi$$

***polární  $\rightarrow$  kartézské***

$$x = r \cos \theta$$

$$y = r \sin \theta$$

Další parametry:

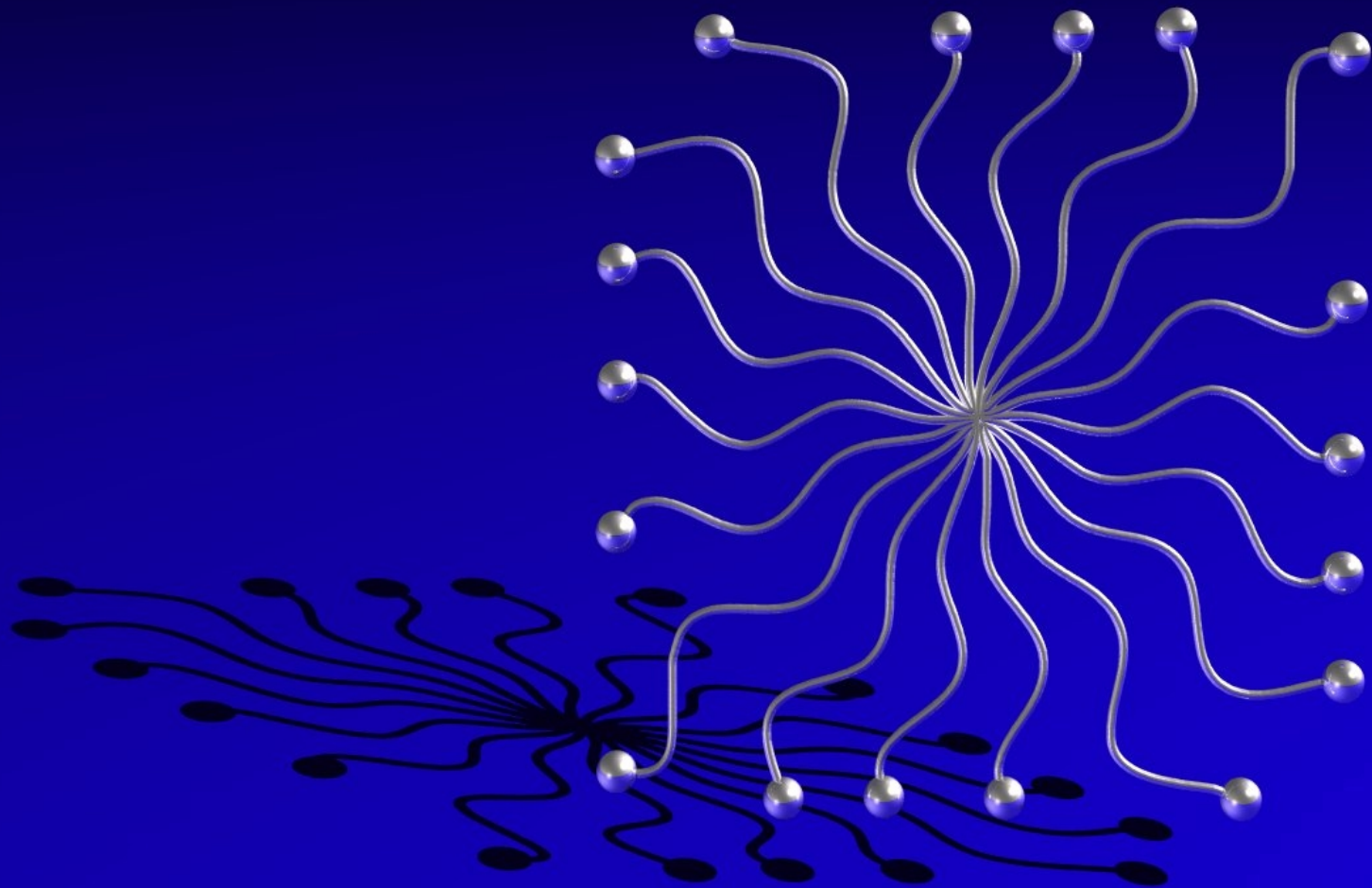
$R$  zakřivení

$n$  složitost

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



**$R = 6, n = 5$**



$R = 1, n = 9$



## Cyklické křivky

trajektorie bodu při valivém pohybu křivky  
po základní křivce

### Cykloida

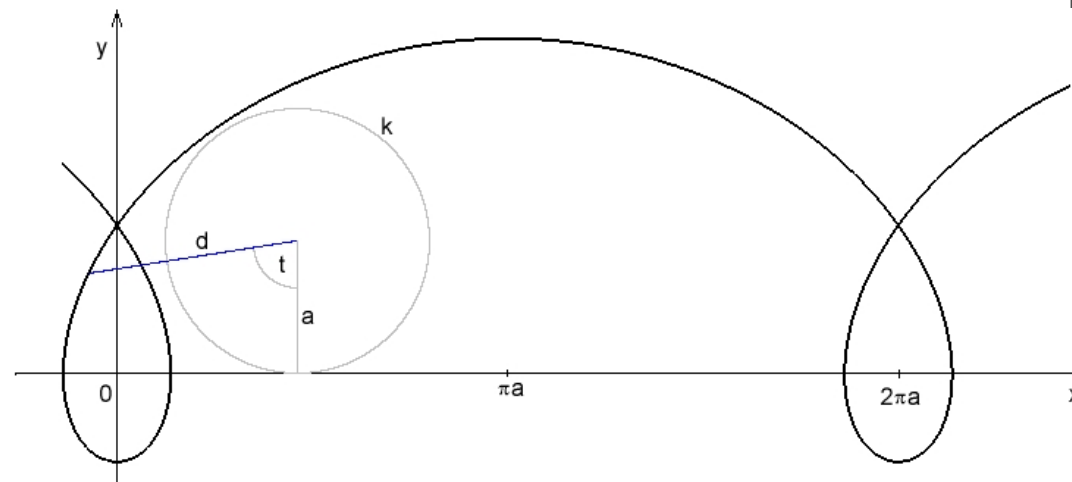
pohyb kružnice  
po pevné přímce

$$x = at - d \sin t$$

$$y = a - d \cos t$$

$d < a$  : zkrácená

$d > a$  : prodloužená



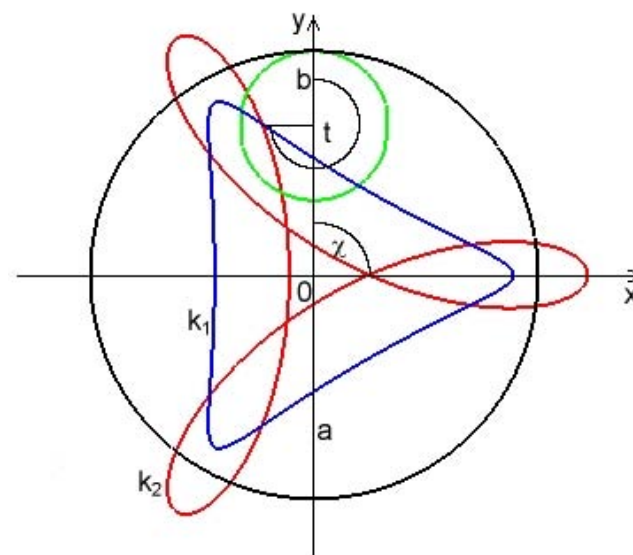
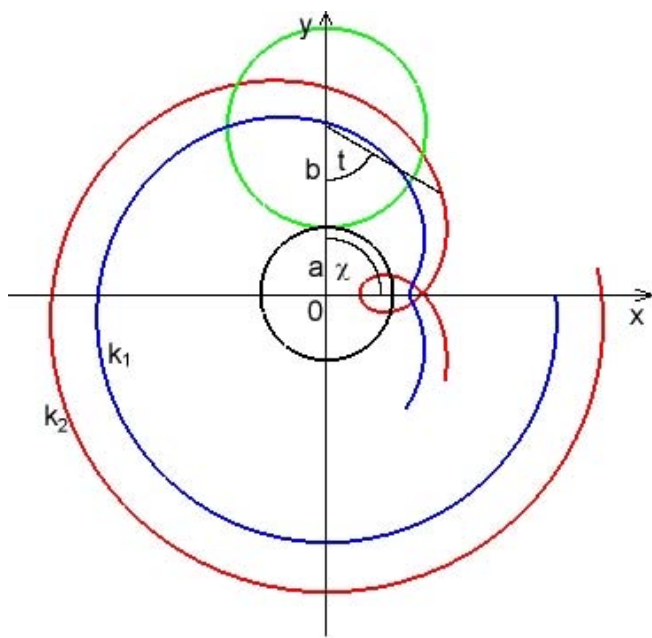
$$p = 2\pi a$$

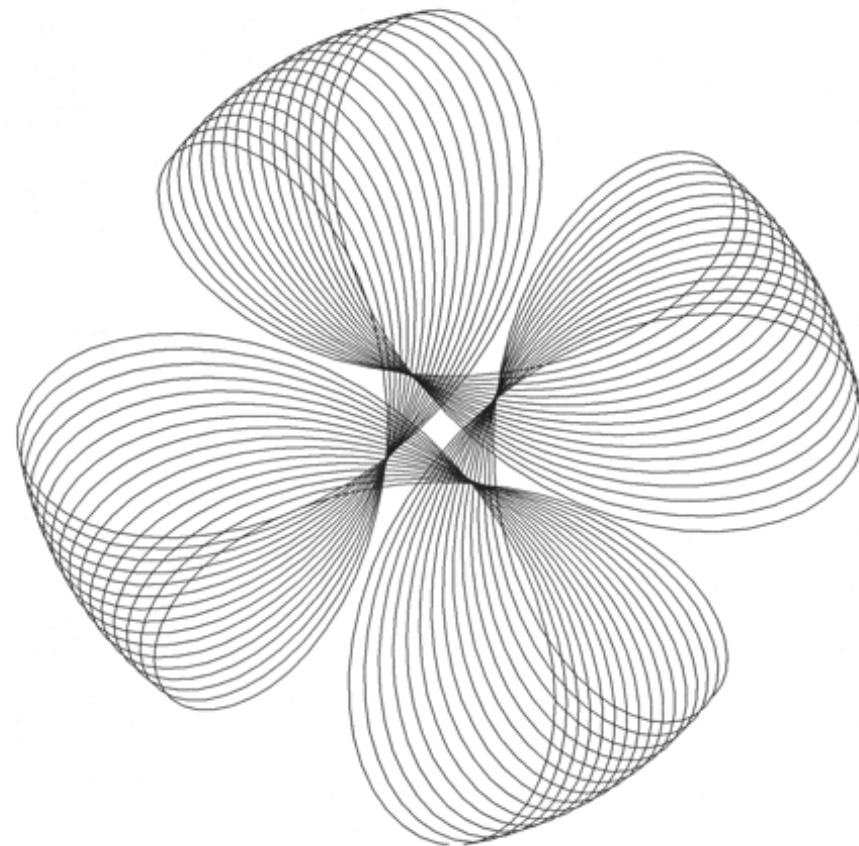
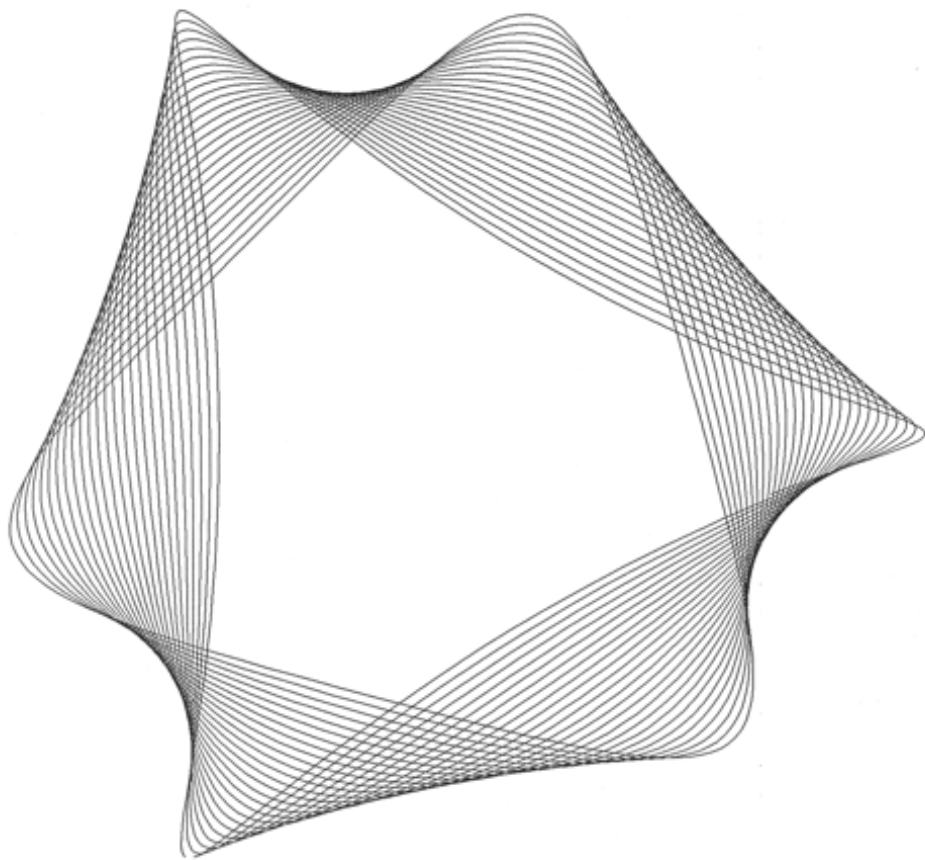
## ***Epicykloida***

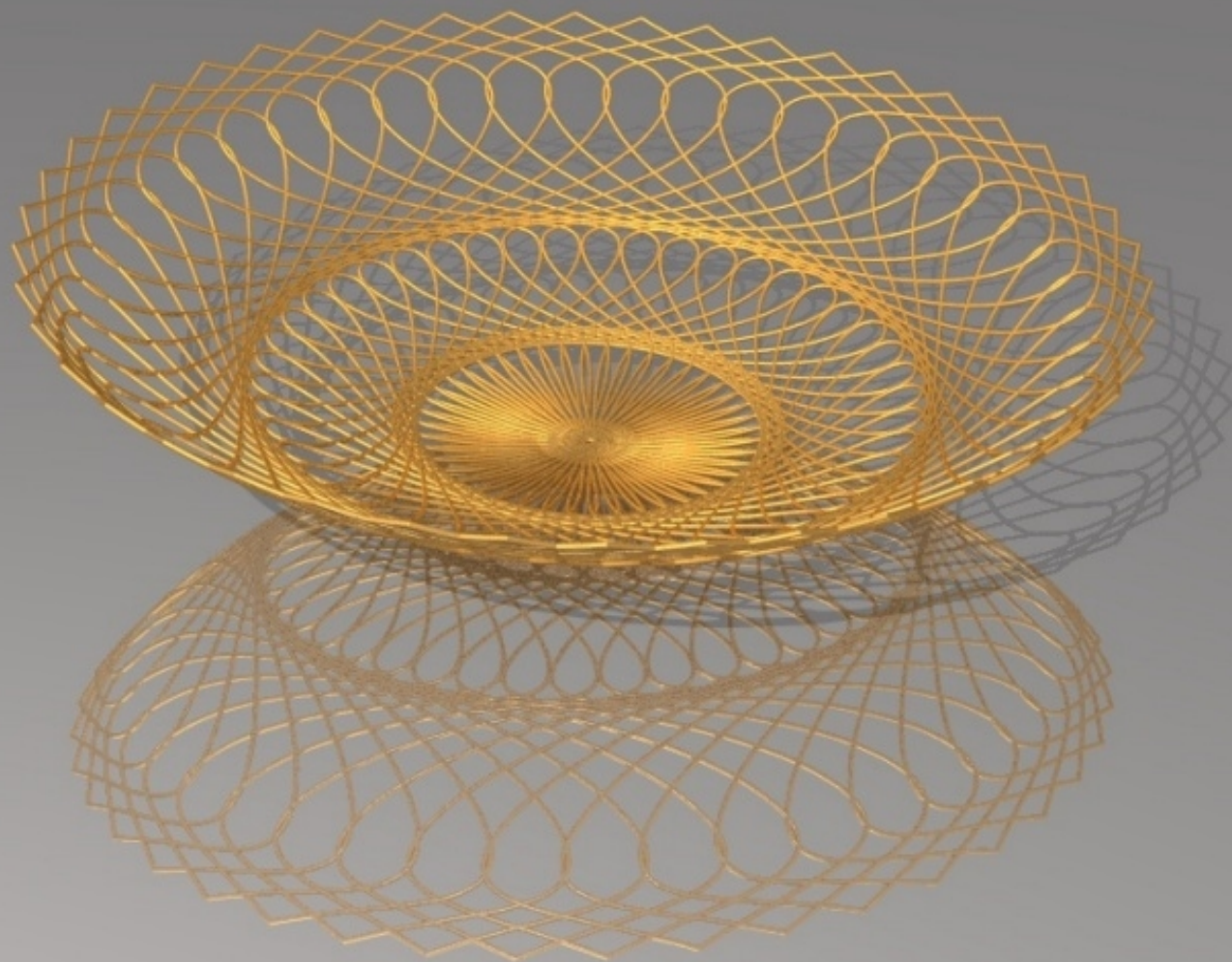
**pohyb kružnice vně základní kružnice**

## ***Hypocykloida***

**pohyb kružnice uvnitř základní kružnice**



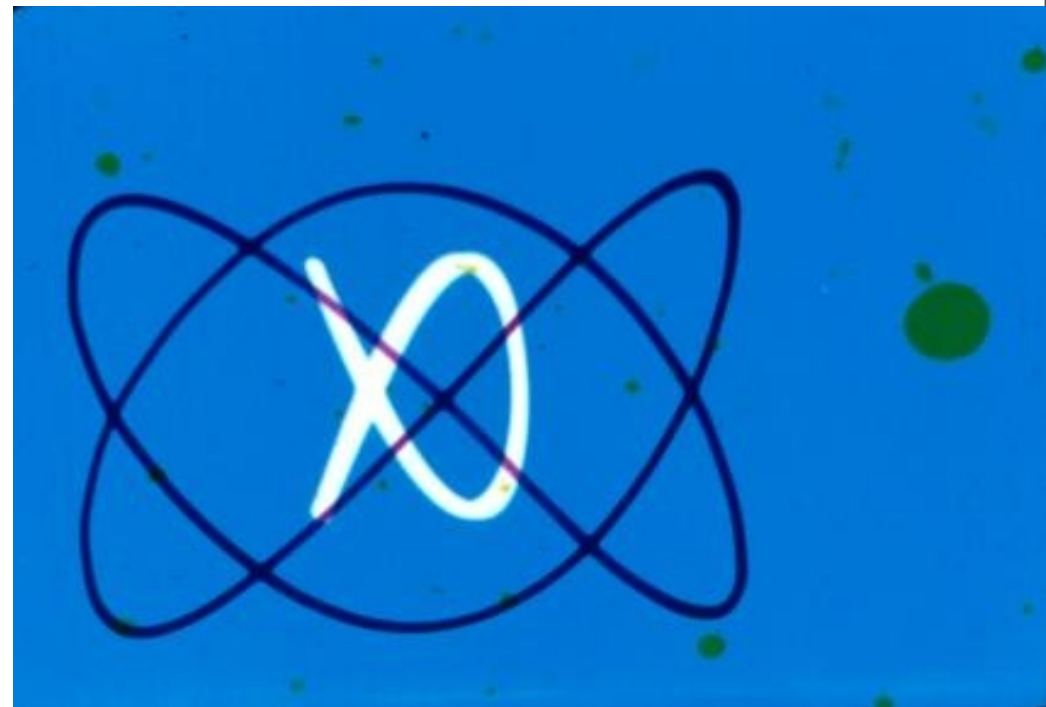
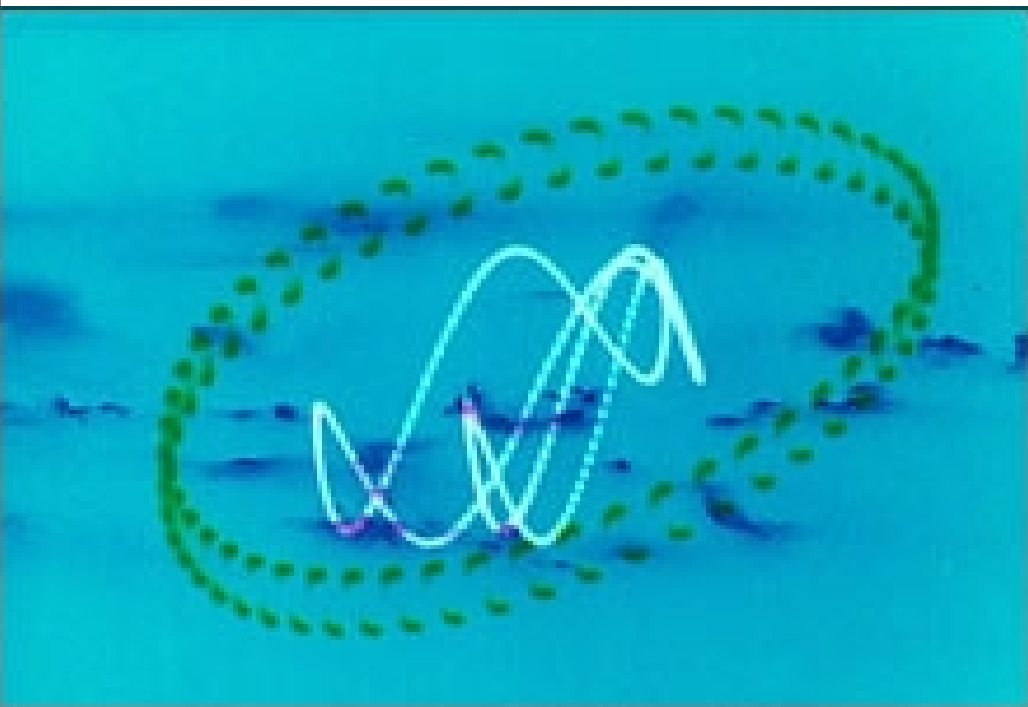




I. Serba



## Matematická grafika použita nejprve ve filmech

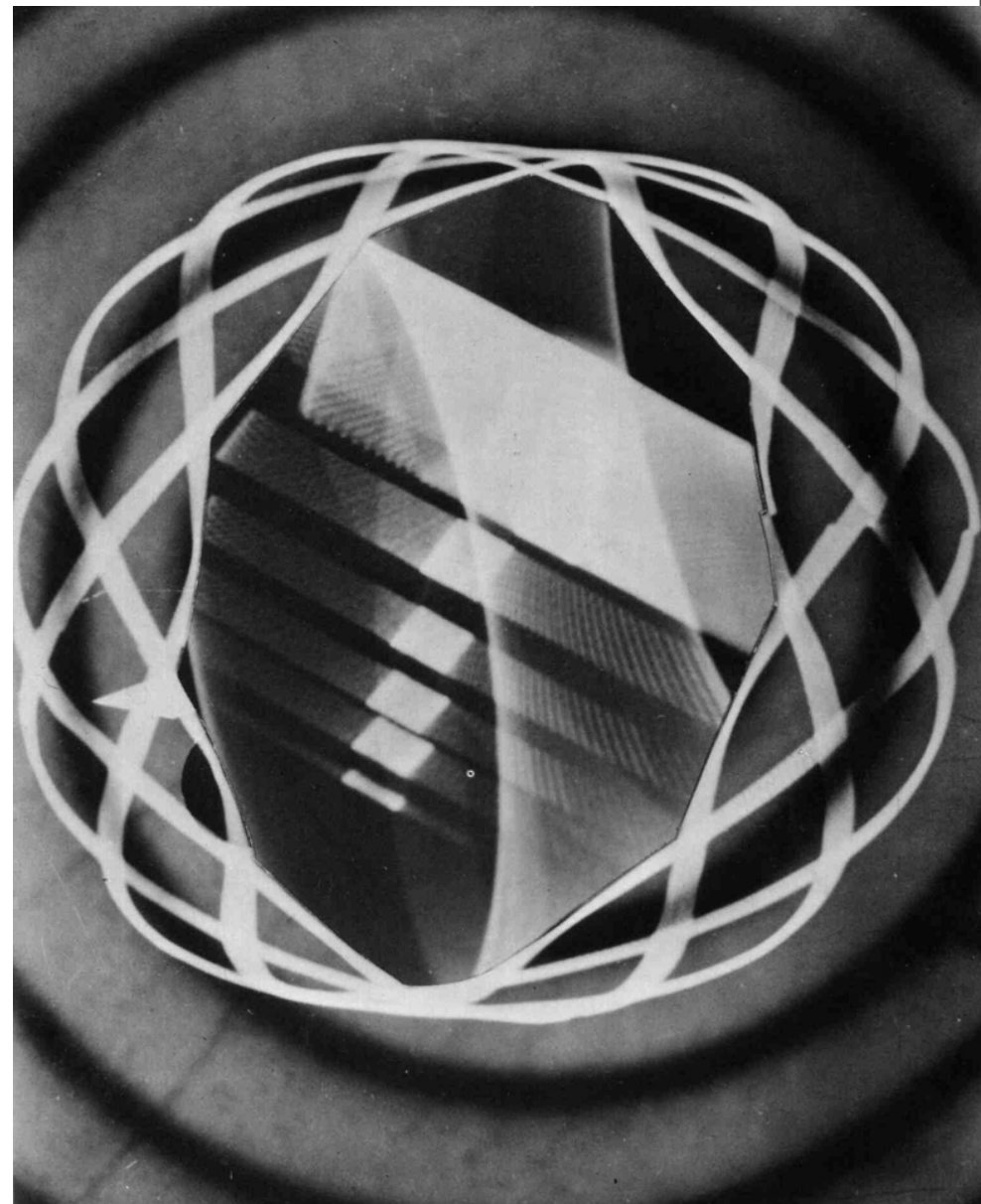


N. McLaren: Around Is Around



**H. Hirsch: Come Closer**

## M. E. Bute: Abstronic

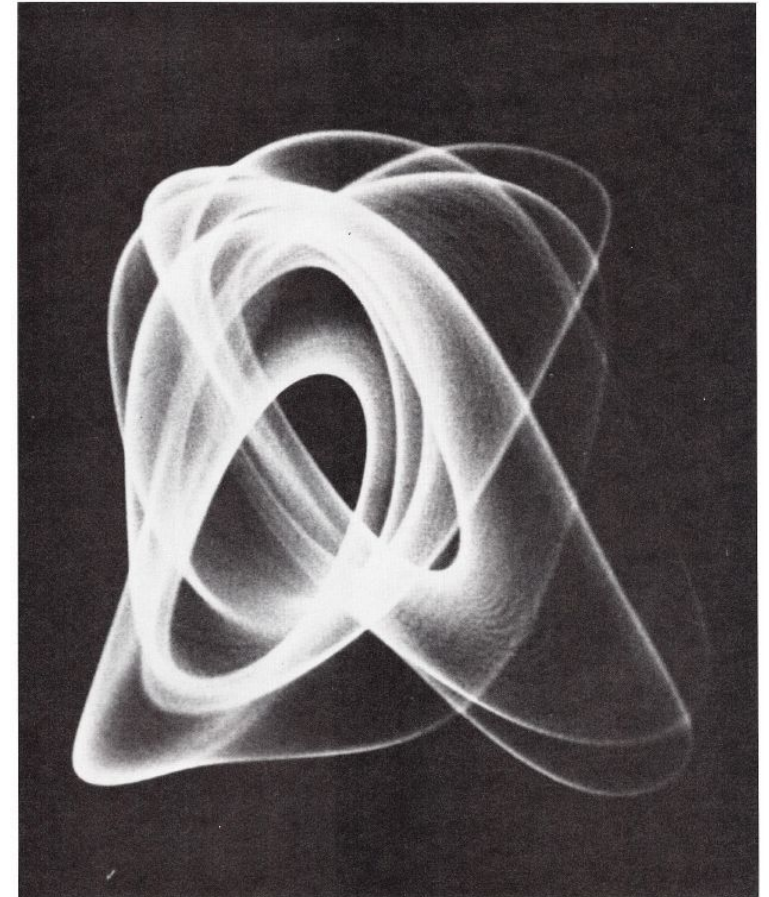
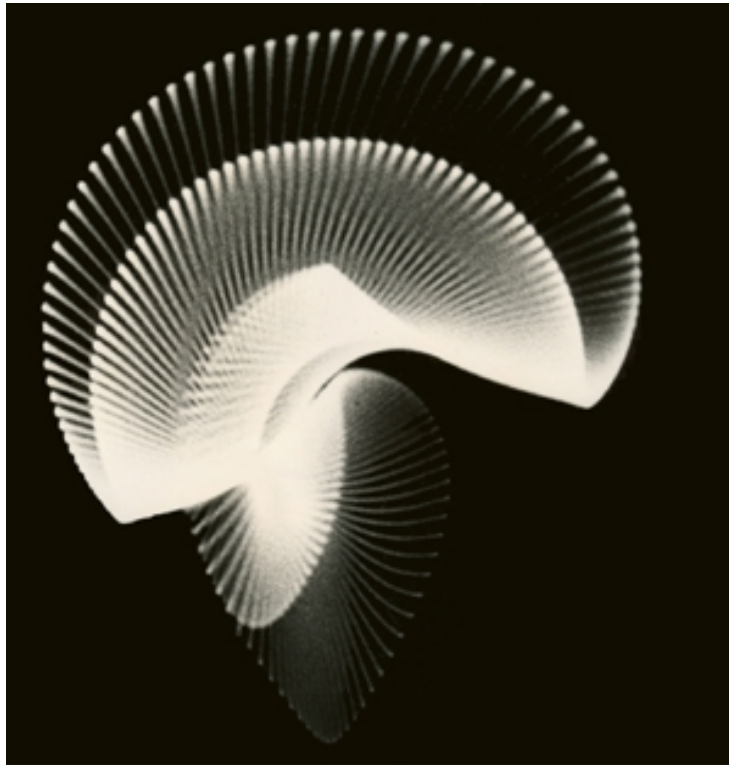


**1955–1965**

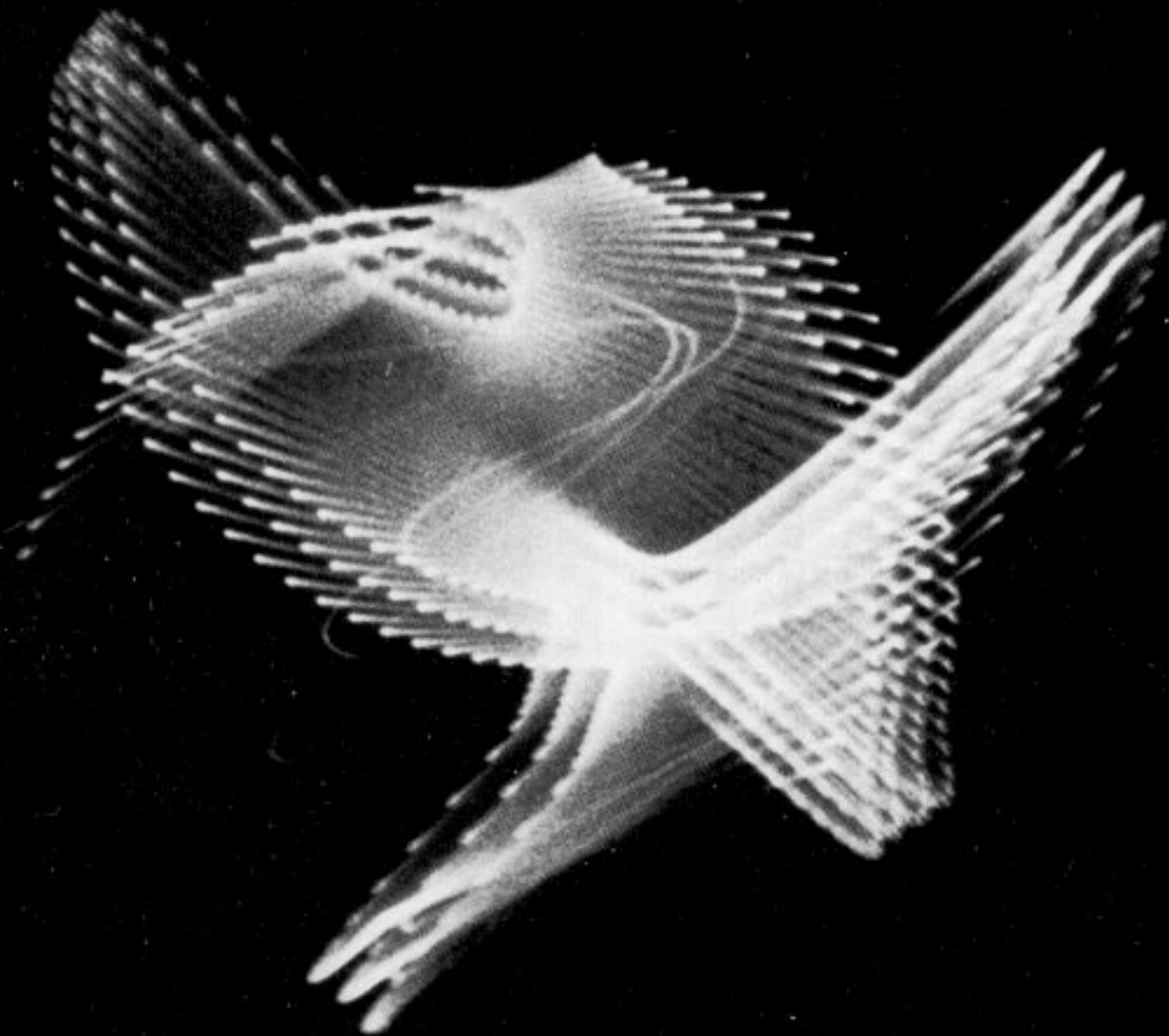
**Oscillons – záznamy (fotografie) osciloskopů**

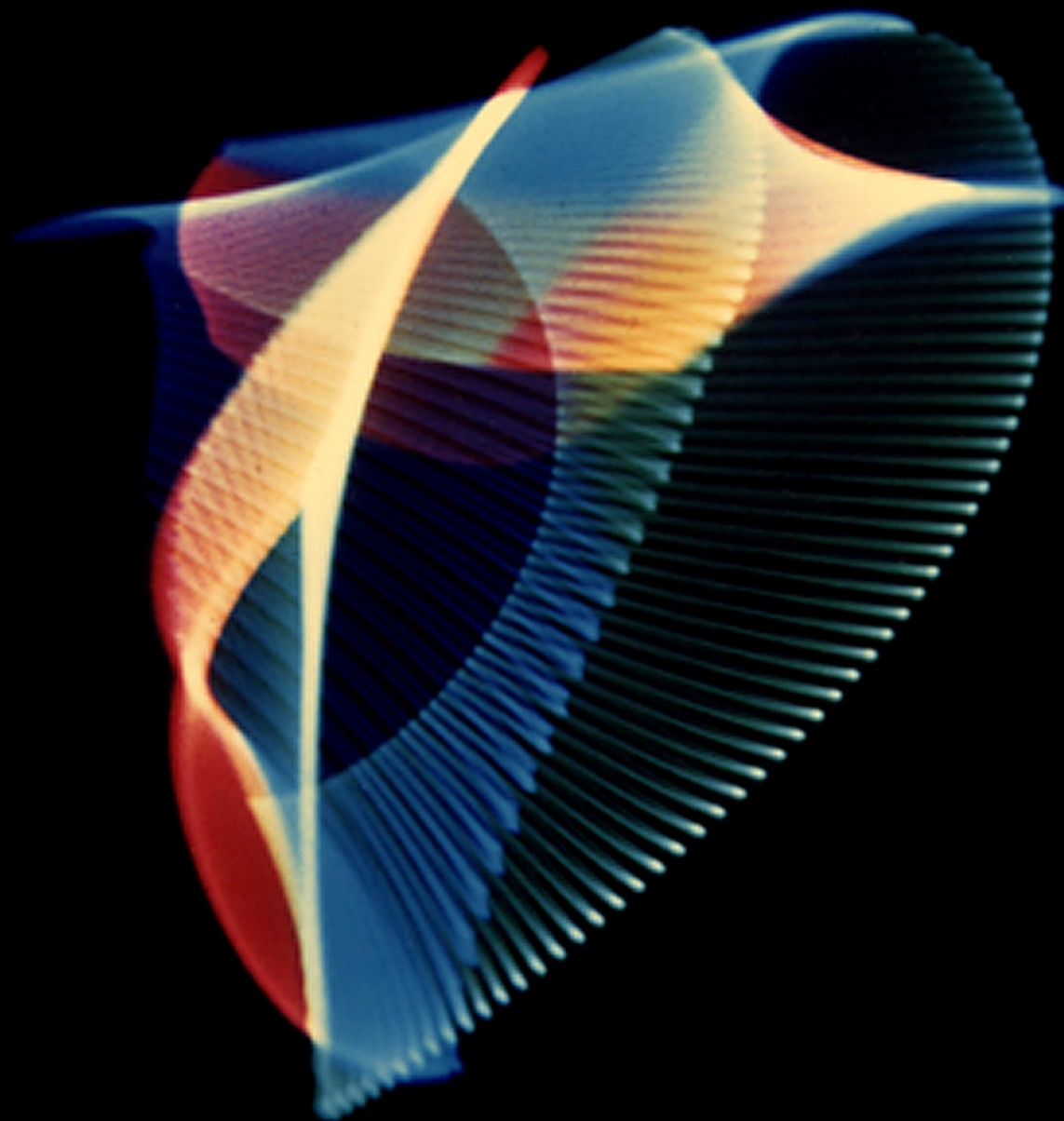
Ben Laposky

výstava *Experimentale Ästhetik*  
ve Vídni (1959)

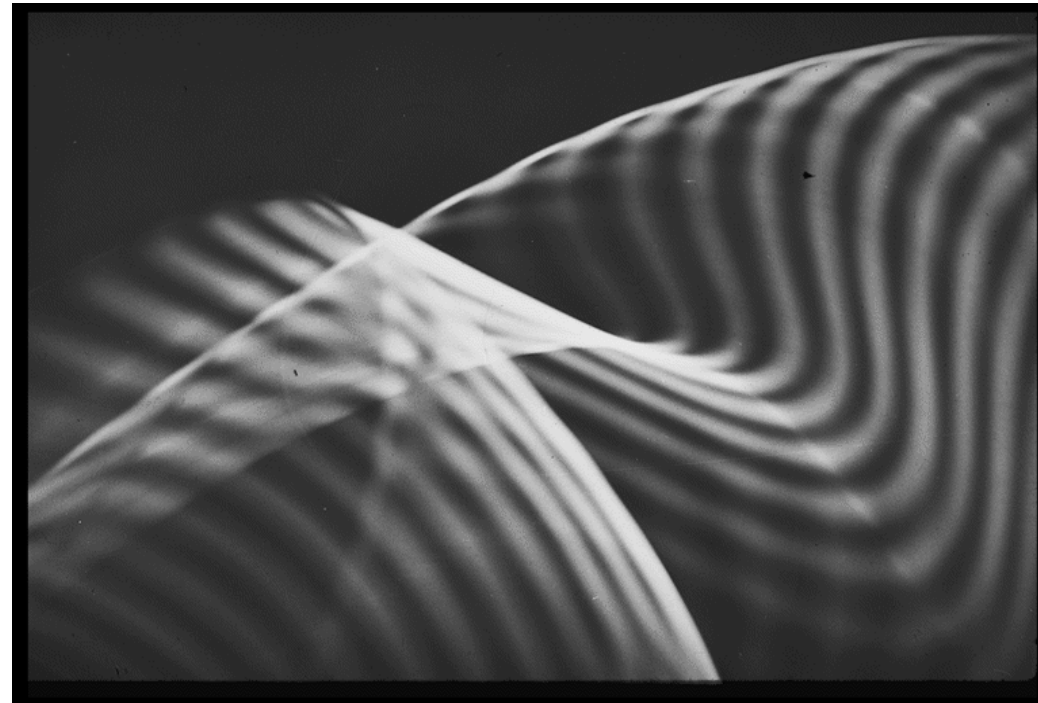








# Forma evokuje konstruktivistickou avantgardní fotografii u nás např. J. Funke, J. Rössler, F. Drtikol



H. Franke: Lichtformen / Oszillogramme

# Computer Graphics

## Počítačová grafika

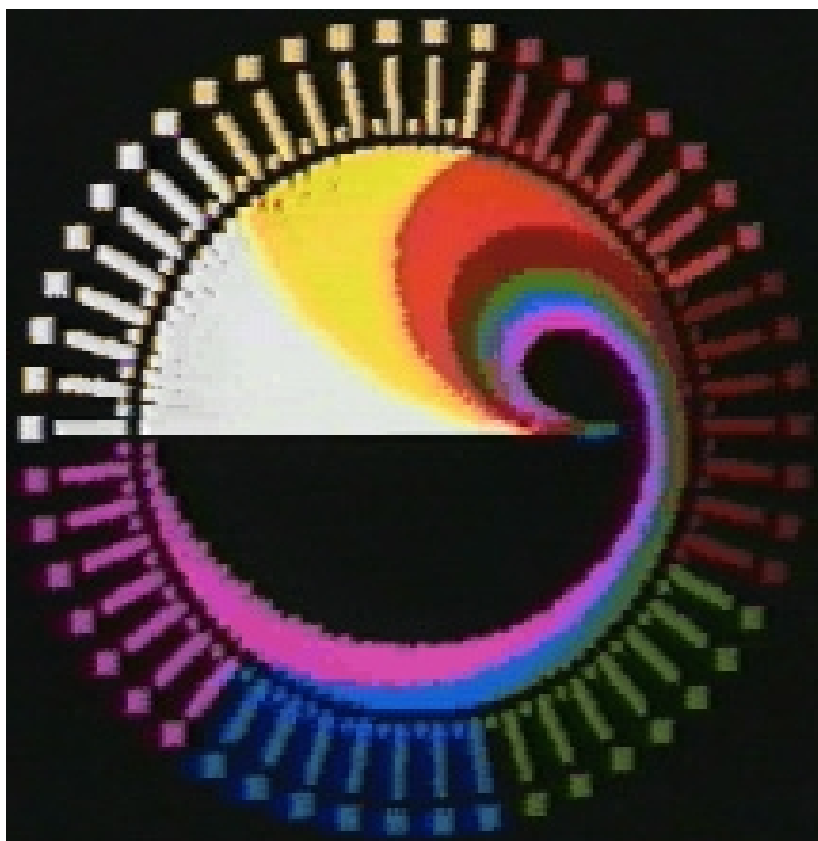
**1960 : William Fetter,**  
**šéf Boeing Computer Graphics Group**

## Multimédia ještě jméno nemají

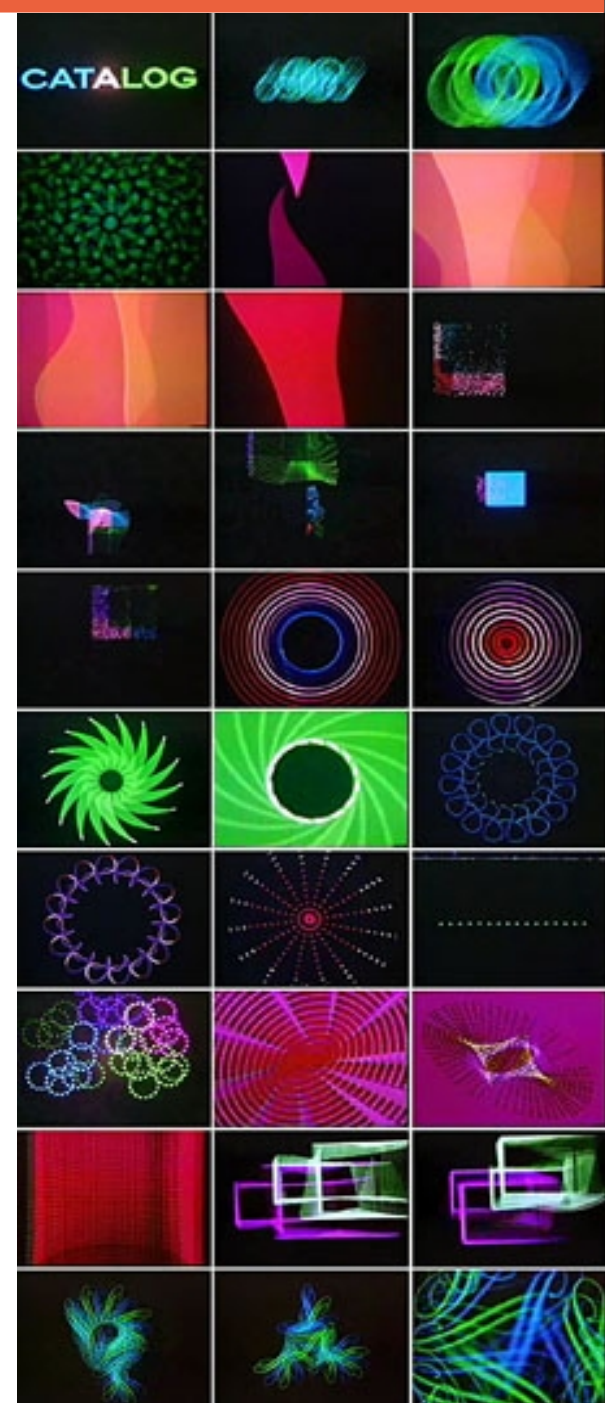
ale Andy Warhol ve své Factory (1963–1968)  
spojuje výtvarno, hudbu, film, performance...

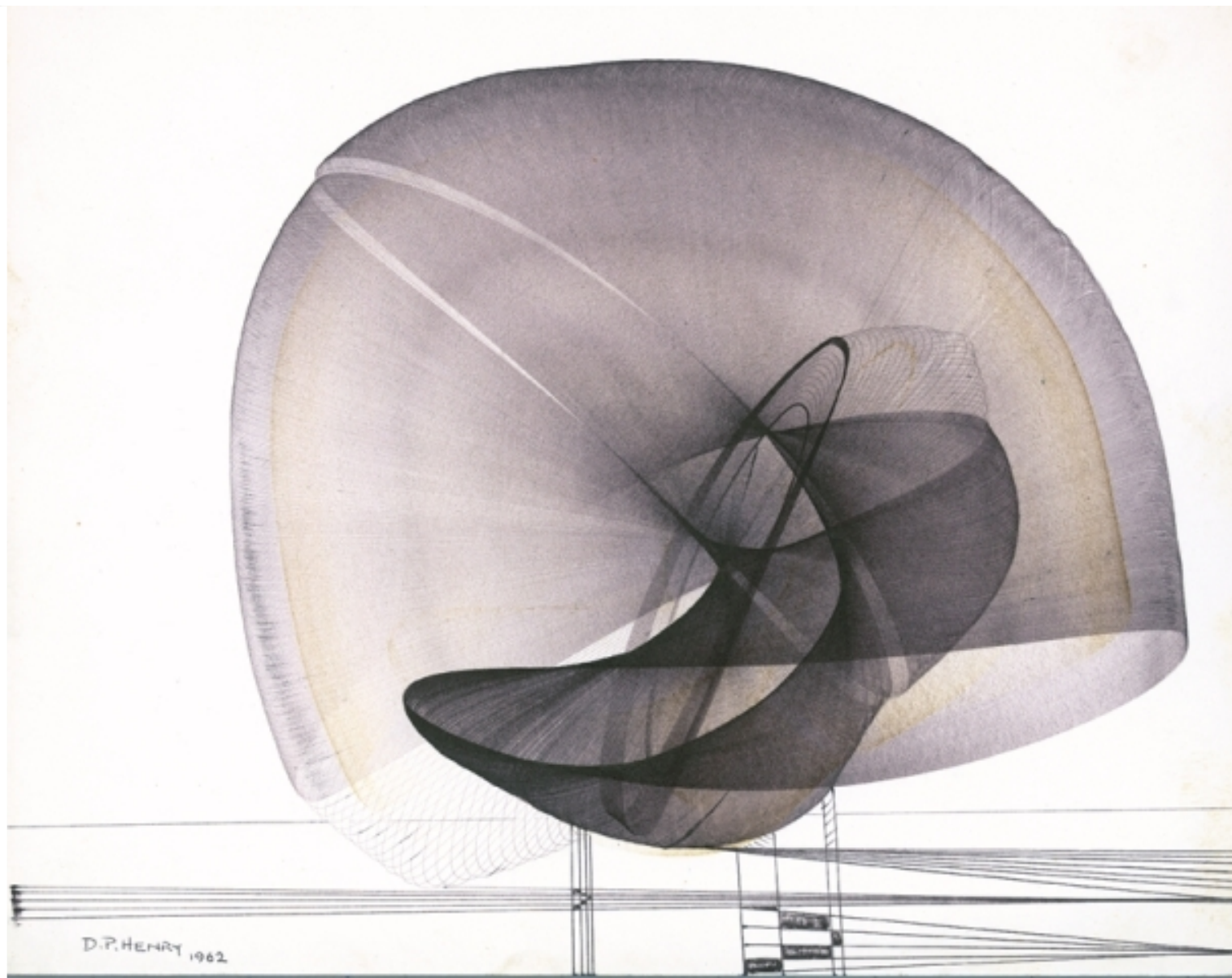
**Dobové počítače často využívány v umění**  
**jako ‚řadiče dějů‘ napříč různými médii**





J. Whitney: Catalog





**D. P. Henry: Print #3**

## 1965–1970

### **Analogové počítače ustupují digitálním**

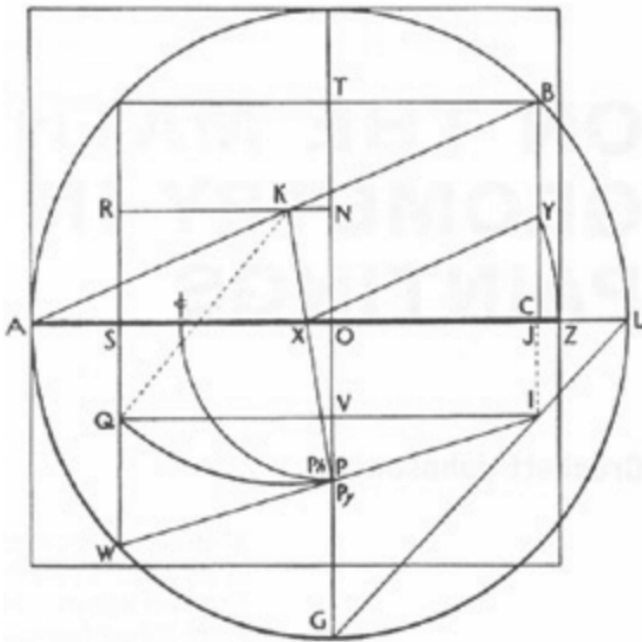
Ty jsou přesnější, ale pomalejší, neumožňují (zatím) interakční práci v reálném čase a zejména postrádají rozumný grafický výstup

### **Snaha o ‚skryté umění‘ ve světě matematiky a geometrie**

**Soutěž časopisu *Computers and Animation* zaměřenou na použití počítače v umění vyhrává A. M. Noll (1965) a F. Nake (1966)**

# Umění geometrie – návaznost na ruský konstruktivismus a německý Bauhaus

V. Tatlin, K. Malevič, V. Kandinskij, P. Klee, W. Gropius,  
L. Moholy-Nagy, O. Schlemmer, J. Itten, L. Mies van der Rohe



$$\begin{aligned}
 SC &= \sqrt{2}(1-414214) = TH \\
 AC &= 1 + \frac{\sqrt{2}}{2} (1-707107) \\
 BC &= \frac{\sqrt{2}}{2} (0-707107) = TO = OC \\
 AB &= \sqrt{2 + \sqrt{2}} (1-847759) \\
 KN &= AO(1) - \frac{AC}{2} = \frac{2 - \sqrt{2}}{4} (0-146447) \\
 NP &= \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{4} (0-853553) \\
 \left(\frac{KN}{NP} = 0-171573\right) \\
 OP(0-5) \cdot \frac{KN}{NP} &= XO(0-085787) \\
 AO(1) - XO &= AX(0-914213) \\
 OC + XO &= XC(0-792894) \\
 XY \parallel AB \left(\frac{AB}{AO} = 1-082392\right) \\
 XC \cdot \frac{AB}{AO} &= XY(0-858222) = XZ \\
 AX + XZ &= AZ(1-772435) \\
 AZ &= \sqrt{\pi} - 0-00001
 \end{aligned}$$

74 Rowayton Avenue,  
Rowayton, Conn.

CROCKETT JOHNSON



C. Johnson: geometrické vzory podle  $\sqrt{\pi}$



# ASCII Art

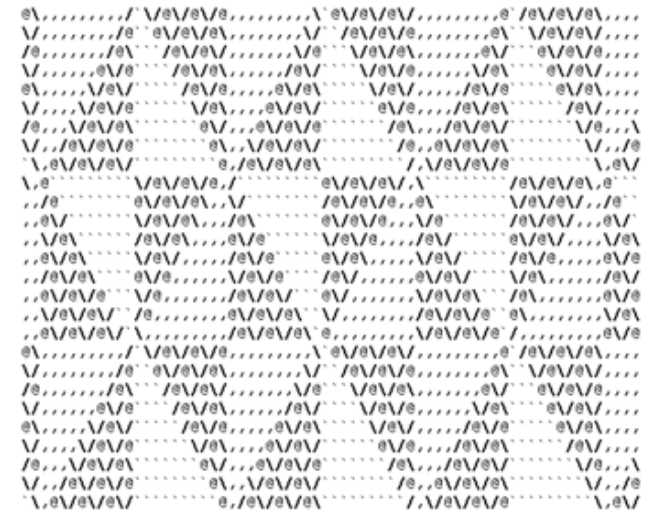
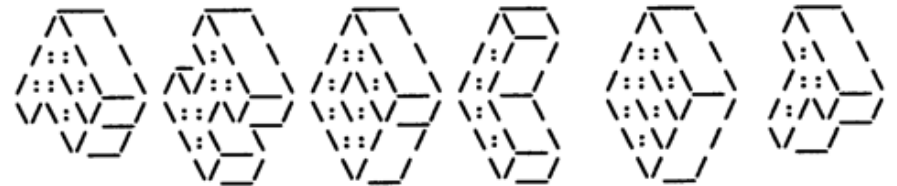
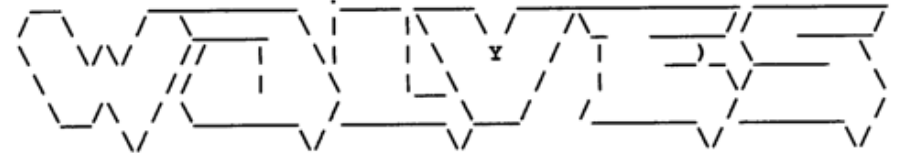
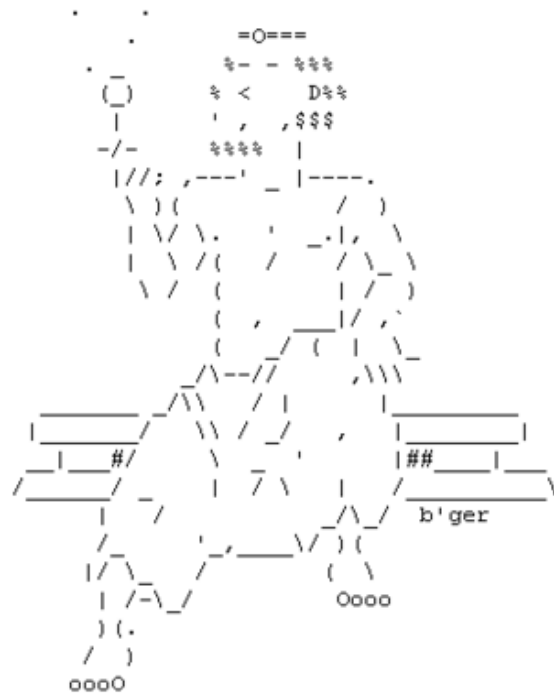
## Znaková grafika

*oldskool* : 95 znaků

*high ascii* : 128 znaků

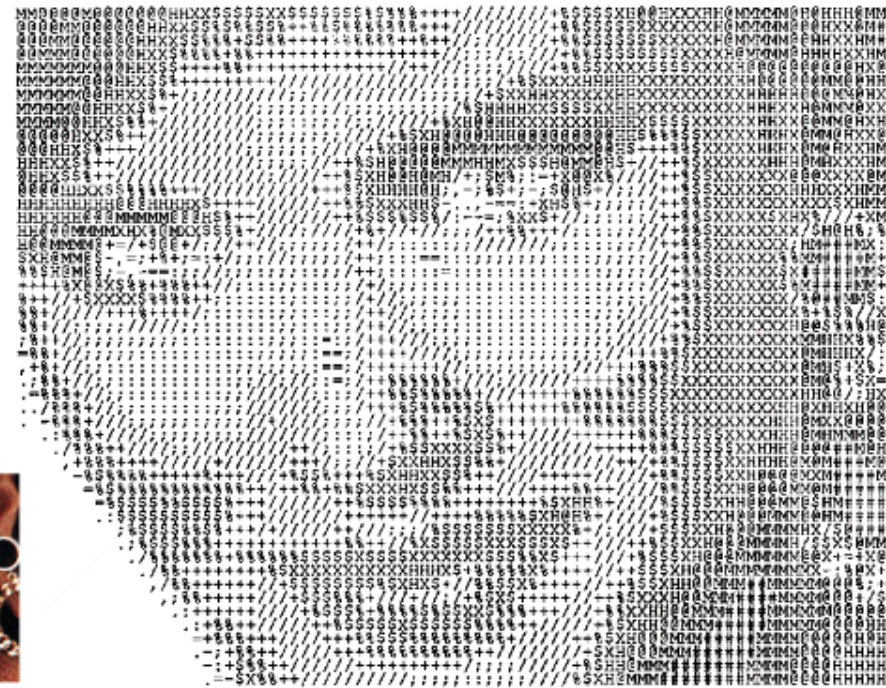
často používané znaky pro obrysy:

`\|_-.:.'`"~<>()[]`



# Šedá stupnice pomocí znaků s různou ‚hustotou‘

\*WMB8&%\$#@  
oahkbdpqwm  
LCJUYXZO0Q  
rcvunxzjft  
/\|()1{ }[]  
- +<>i!lI?  
. , ^ : " ; ~

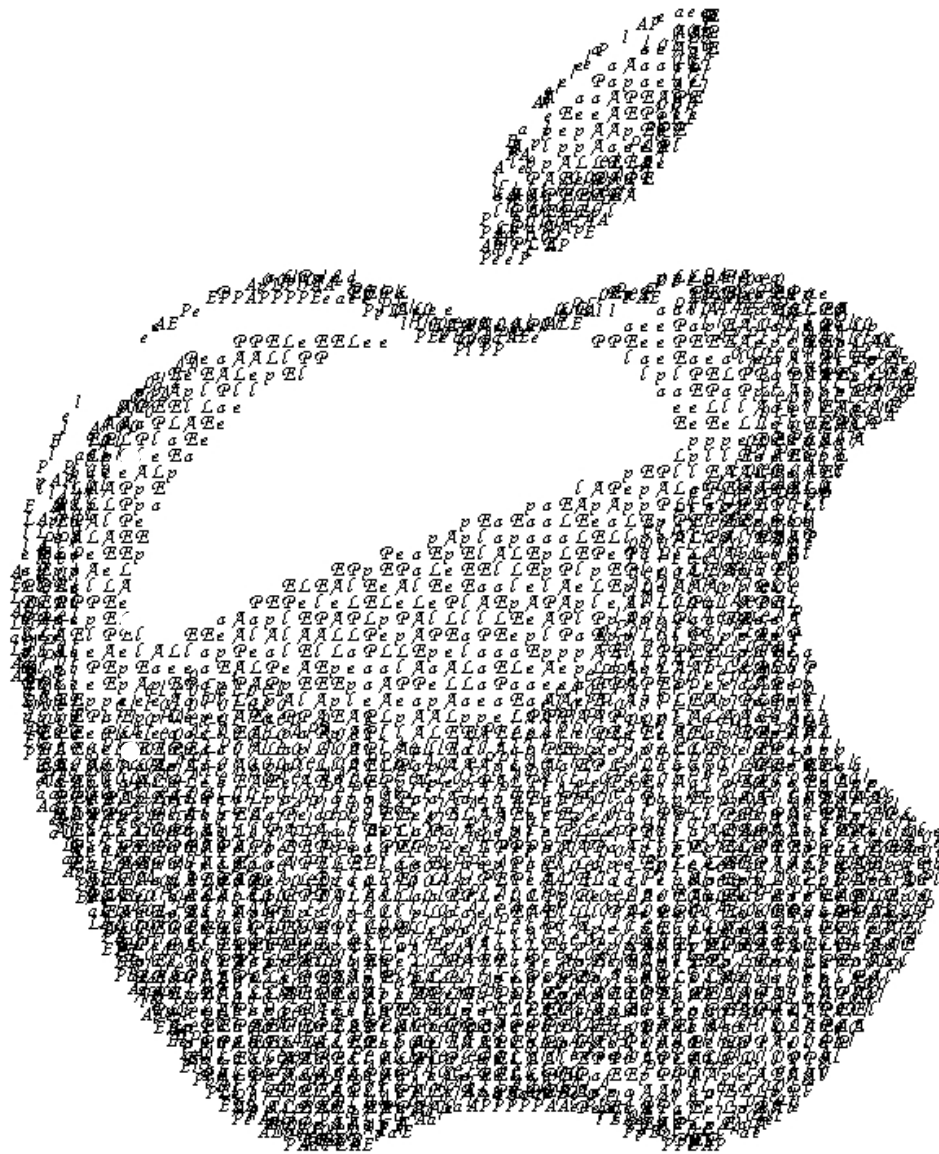


## Kvalitnější šedou získáme přetiskem znaků

M M M M M M M H H H H H X H X O Z W A H 0 0 3 = I \* + + = + - . - ^  
W W W W W W W # # # \* + + - - - - = - -  
# # # # # # 0 0 + -  
0 0 0 0 0  
0 0 +  
+







➔ [computatorvision.zip](#)

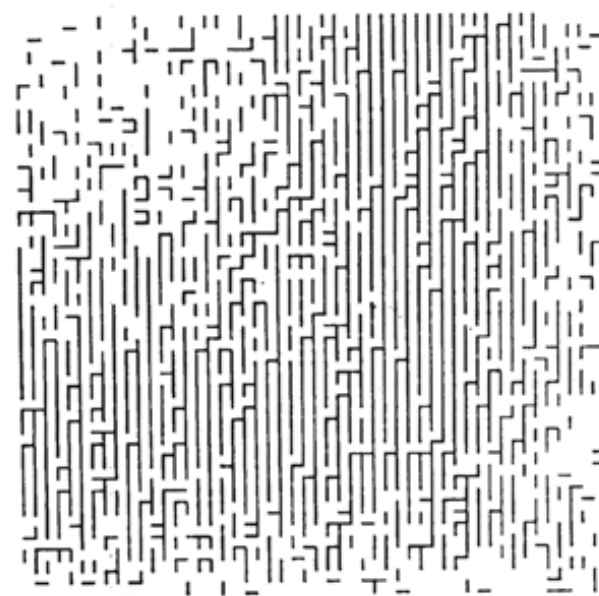
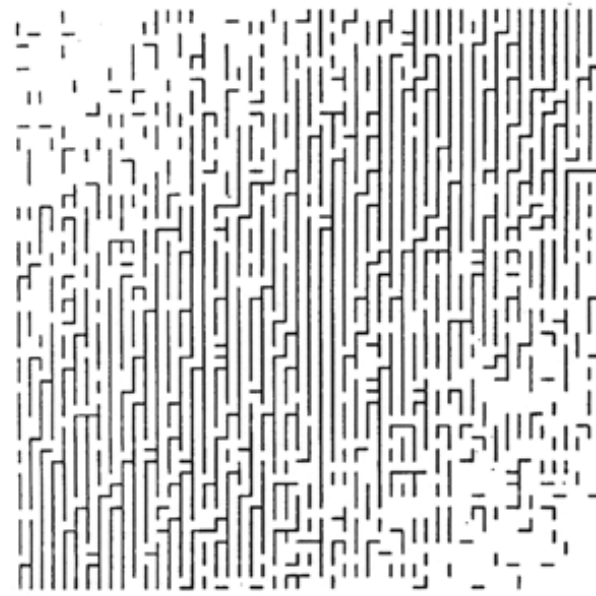
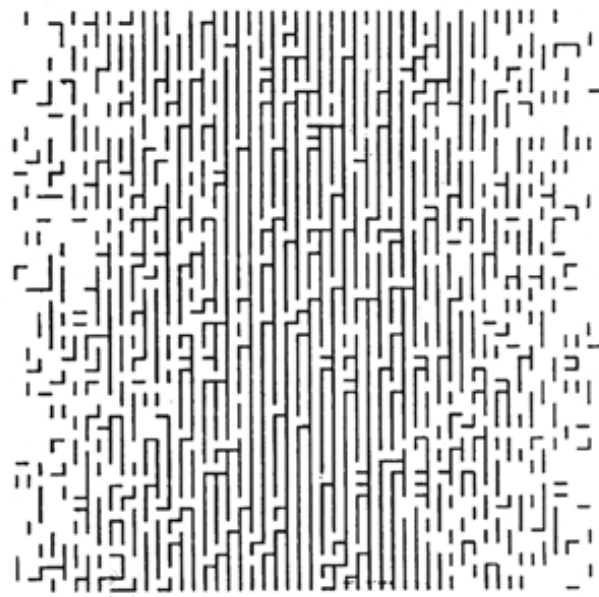
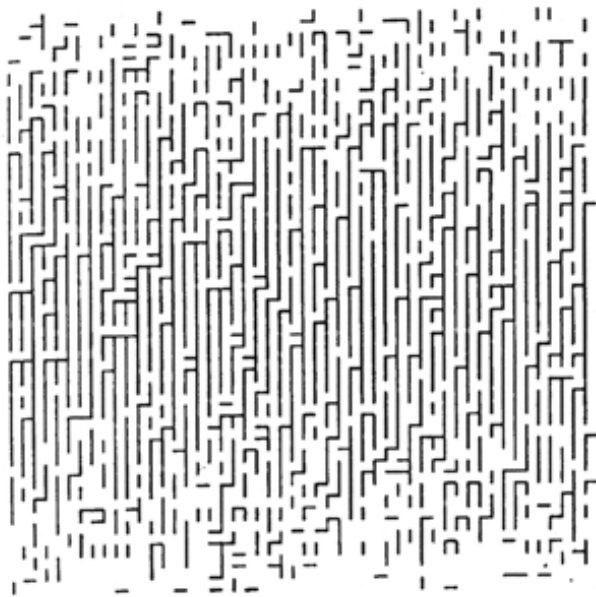
➔ [jave.zip](#)

➔ [pablodraw.zip](#)

➔ [calligraph.zip](#)

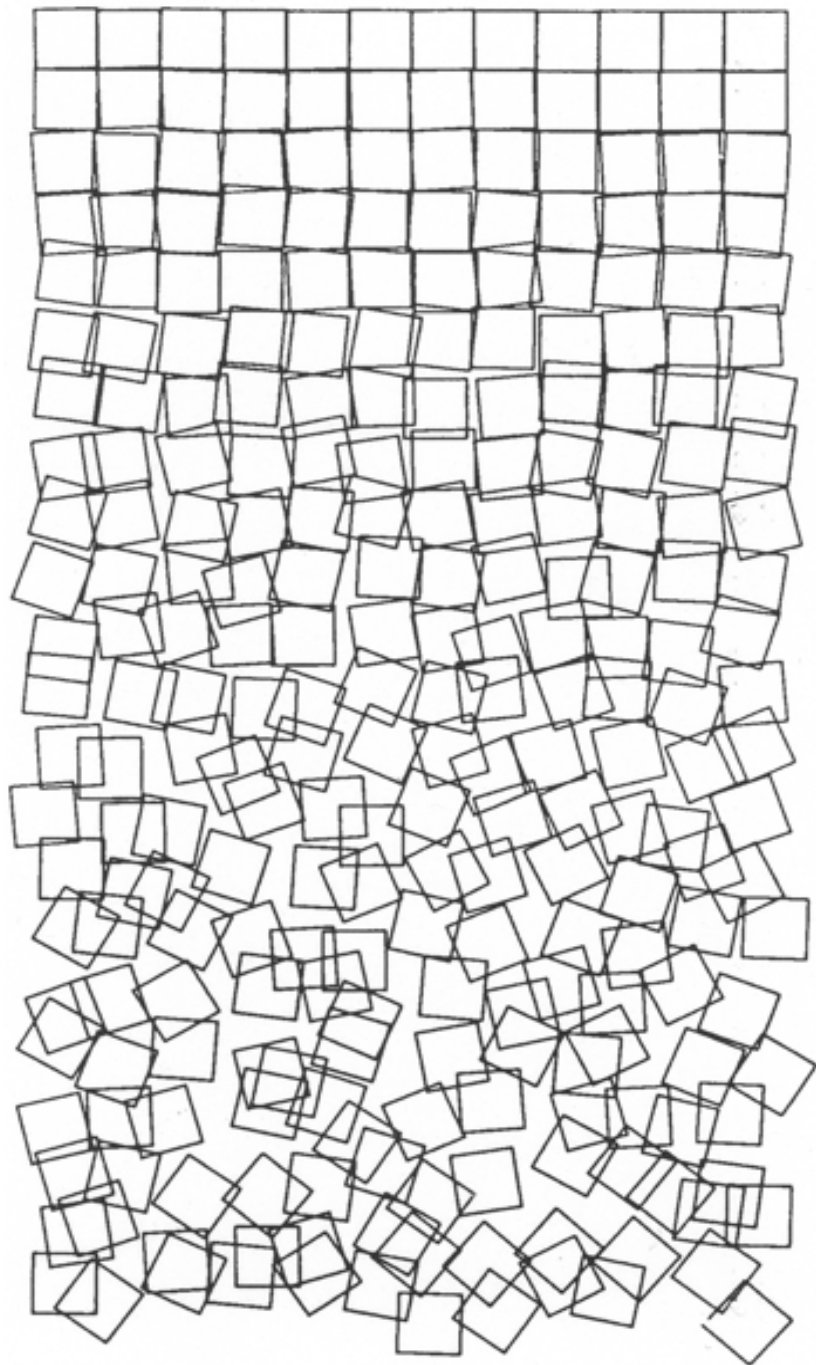


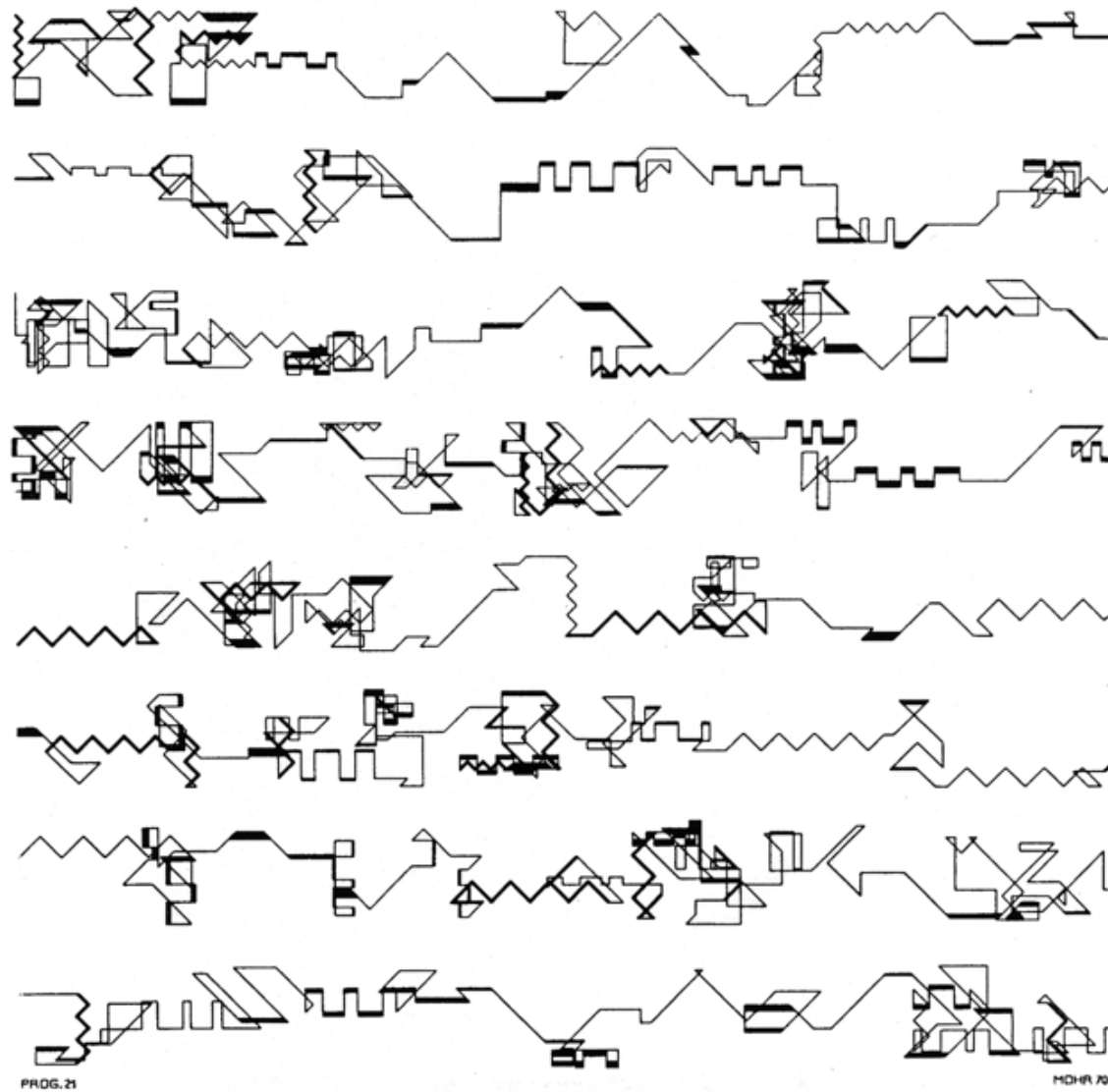
"<\+ } , \_ . j d { . d g m ] Q ( ] # g d H ) Q Q H G ? ' 1 1 3 ? ? ! ^ P " ^ y i 3 % X V 1 V T I ! 1 1 % 1 ~  
, \* a k . < \$ k q ; W G ] Q t H A Q E ] # ) d ~ ] \ 9 H 8 s , ; m m q q a a a a u , \_ " y ~ m W A n 7 ^ ^ ! 1 % X V ^ '  
? ? ~ ^ M \_ 1 e 9 d # m 9 X Q D < # K H M # E d Y d E \ d a # U U W % 1 U # Q r ` Q W k M N 7 ? A g , ? X V ( = j ; V % X X P  
, x a d U \* - - i k X Q A Z d # 8 d # k d A F J F J ? \ # 3 # k y 4 Q Q a W Q Q M H H H H 9 H M 8 U D G a 3 ? 9 \* < 4 U X Y ? ~  
# Y ? ' ' , a q G r ' U ( ] Q # ( 4 # P < P T U F j e I M ] W d Q N Q P A P j U ~ - W Q \_ J F d 1 z , t \_ ^ ? Y g ( '  
' : , d Q H Y ^ \ , x \_ - U 0 # [ ] D X j d Y } Y Z J R - Q 5 w t - . i # a Q V d P N U ~ S d # F k - d T Z ~ ; ~ ' ' Y ) \\  
a a # e ~ ` j a M Y ~ , a 1 y j Y \ d Y \ 2 F , Y / j Q F ] C = [ ? ] } V W h d P q W e E d # e F j P \ Z 5 a Y U w d / ? , d  
Q # P ` = j Q P ~ j d P ~ a P ~ a e ~ j P \ d f d T d # F d k \* } ? a d A 2 1 d e F j M F y Q e ^ j Y \ P \ d T j \ M d z 7 1  
# Y ' d j W T : q W P q d ~ j d P ' j F j 2 d j [ = # R j Q ( ' ? q K ] P = d # F } W F + j Q F 9 " j Y ' ] X ' ( d P \ ` k ' ^  
^ # } d e ~ d j # F i U ~ q # P J Y j P ] ( W E ] W F ] C ^ < k U ( d K ? # # ) W A i . W D t k d E ] [ } r ] i / a = z \\  
d j M F ; Q P ^ j M E i # C ^ j F q P j e } D . ] M M ] E < \* ] 9 k Q # ( 4 C 4 E Q s 3 # F J M F . d E 4 E ] ( \ < r < \_ M k  
W Y ^ j d e ~ l d H ^ i Q P ^ j ~ j W E ] ~ W E = ] Q \_ ? ^ ! y U d [ ] M A J Q d # # # A # a s 9 Q k d P U : ] L ? g \ \_ 5 z \\  
~ ` j # Y ' j d # ~ q Q M E q e : ] M \ ] % # E = 9 # ( \ Z | J K # k < H M 1 # U ? ? ? " Y 9 P \ z j ; P ' j { } E 1 / L ' 1 g ^  
d j # ( : j Q # ( : d # ( - Q [ W Q U " ~ Q G . = T \_ a % ; Q 4 Q \$ d 9 C } D 8 k = y x k d " 1 j Q C ' - W [ 4 F ] T L < g ? Q g r  
d e ~ } a H # e ' ] # P ^ d M ^ 1 H Q ( ' # C ` ^ W 9 e ] 4 K Q P 9 ! ? F d e 4 U t d M ] d N Q ( y \_ J # L ] r ] ( % 4 r ] \$  
Y K x M T d M F - W # F j # K k V U # r y U # b k < Q U t q # W e 5 Q 9 k } 8 5 W U 1 x \_ < g ' ~ 3 W k ] r ] # K ` C ] ( 4 k ? % ' ~  
q d P ' J Q ( ] 8 F : ] Q E 3 Q ( y } Q A k = C ] K J Q M ~ a e d H W U ] W # a s T ! I T I i 9 # G = J N Q k 9 g ( 4 k ? V  
Q P ] J # e t ' d e ' Q J # t # = ] # [ ( ] # Q i < t ] C Q # F d Q C 0 e M t % " Y # Q Q Q A w d 4 2 M D m e ] W k ] e l ] ( = r  
e ' q Q # ~ d . Q F - V U # ( ' ] W [ : # # Q \_ : 4 / } # F J # Q ( : 5 " q a x = ? 9 Q # Q Q # 9 A ? M # m s 9 # { < ( 3 ] [ ] \$ r  
= W # F ' = ] e ' = # Q K ' 0 ] Q [ k k H # [ % ] k ] P } W # P S g S 1 W Q Q A a - V Y M Q # k Q \$ I 9 # c ] W L . L I ; L < ]  
M d # e r d V d [ + ] Q # r % % ] # t s = ] W Q \_ ] Q W \* W D # E a r i U Q # Q # Q Q m X U ! Y # ? # A z 3 A { 9 8 k X I ( k 2 =  
j # # ~ = V } # [ 1 ] Q Q ( ' ] # # g U 9 # [ 4 # e ] W Q E ] W K = I 9 e Y Y 9 9 # # b x i I N ? W Q z 9 b Z Q L ] } \* { x =  
Q # P \ d = d Q ( 1 I ] Q # [ = d ] # # b = d ] Q E ] # D W # M 5 W Q F S < ? N I 1 ; a Q Q M Q Q A x o ? H A / N L ] G < V 4 1 `\  
# e F # j W M ' ] W Q b - : ' H Q Q L # ] # k ? # Q Q Q E ] D Q E e ? t : q d # # Q # # Q # # # \$ s ? H Q 7 # r M r C V T \*  
# E ' y # # e # d 3 # # D ^ < ] W # # r 9 # Q ( 3 # # # ( U Q e } 8 } P } J # # Q e Y ! ? M Q # # Q g d H b 3 G } b ] } 1 ( \  
# E = d ] Q Q E Q . ] # # Q L = V 3 # # A . # # \$ z 9 Q # 5 Q # t ] L ' 6 d H M M V P H I ) W O T Y H 8 { ! Y H 4 ( 9 z V V K  
M F = ^ ] Q # [ ' = d ] D Q # t M ^ ' H # # < ? Q Q Q g 9 Q ] # # r 4 Q F ? ( d U T h ; a G q m ; Q i I Y V ) s V s T q a a a r k  
Q T ] # 4 # # b = : = ' # # # a \_ = = ? Q # b Y # # # x ? 3 Q # L 4 # F = \$ . ~ U j d # # M V Y ! u q Q Q A q q q Q W Q Q M n \_  
Q { = 4 # # Q i d U 8 ] # Q # Q Q a k 9 # Q \$ g " 9 Q Q Q b 9 Q k ] 8 L i ) k h j Q e 9 \$ w a w d # # Q # # # H Y N # # # # 8 C \_  
# e ( r 3 # Q # r ' r ^ ' 9 # # Q # # k % ? N Q # # A V H Q H Y I 9 Q g 9 A Q < I k ? 5 d W # Q Q H Y N Q # M 9 1 \* I 0 9 ? Y ? ? ~ 1 k  
# c e \* ] Q # # Q a \_ = < 9 # # Q # Q a \_ ? 9 Q Q Q U U U V m U X ? A / # F N 9 t M " Y H M Y T ? ? ? ' ; s m d { % ? 9 3 % T T \$ ,  
# K 1 V ? H # # Q Q \$ r O Q Q ? # # # # # \$ a \_ ? ? M e Y S U Y ^ ' J F # R 4 ( D = r . , a a q W Q A m d D V 3 1 d x 3 N 3 < I Q 3 k



## F. Nike: Random Structure

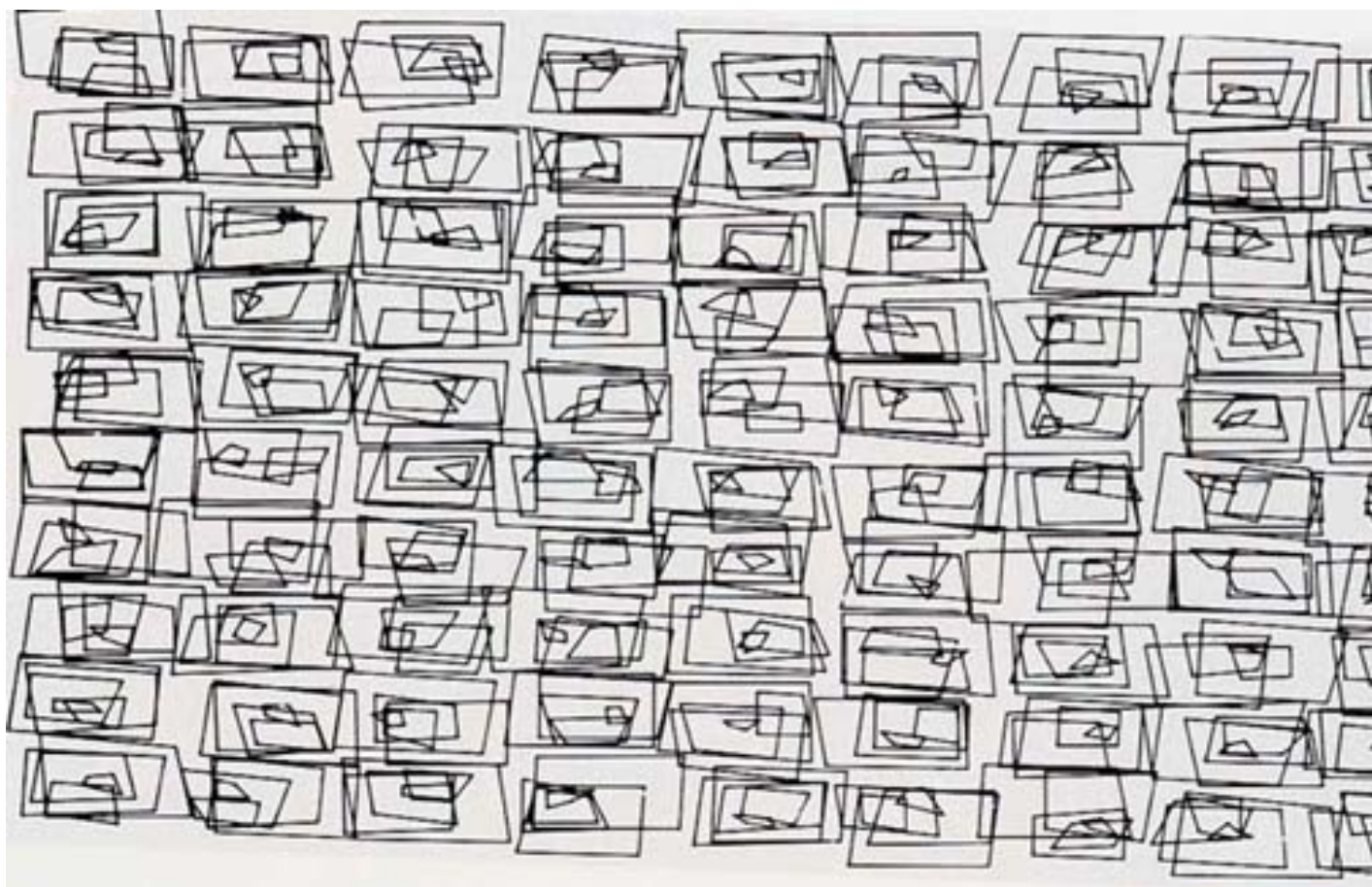
**F. Nake:  
Gravel Stones**



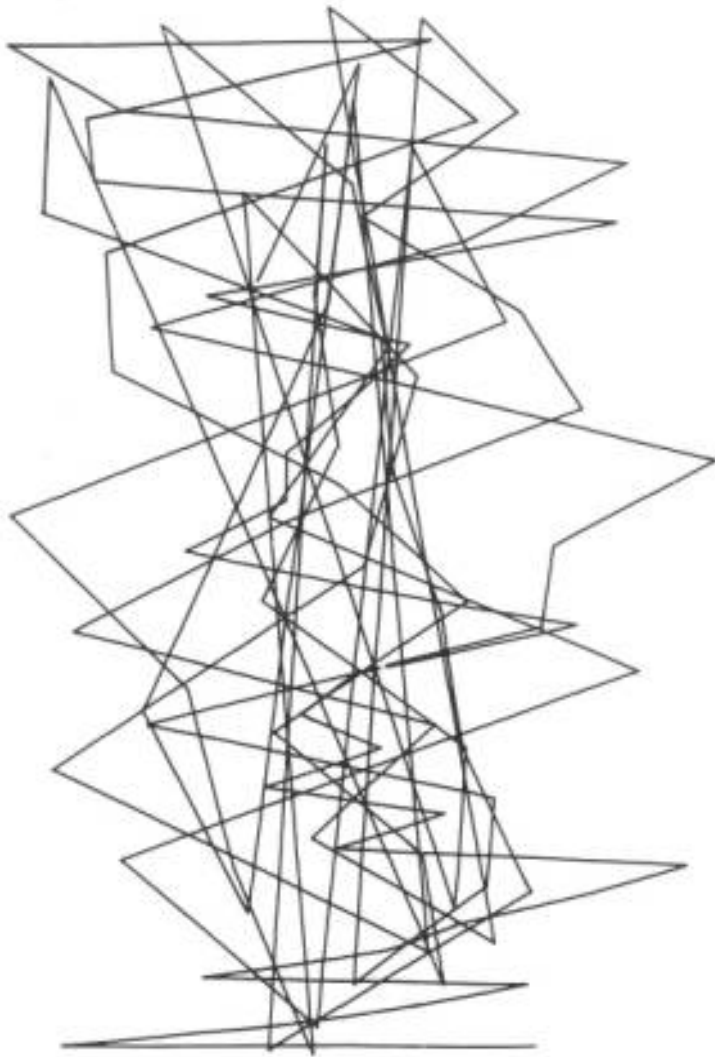


## M. Mohr: Letter

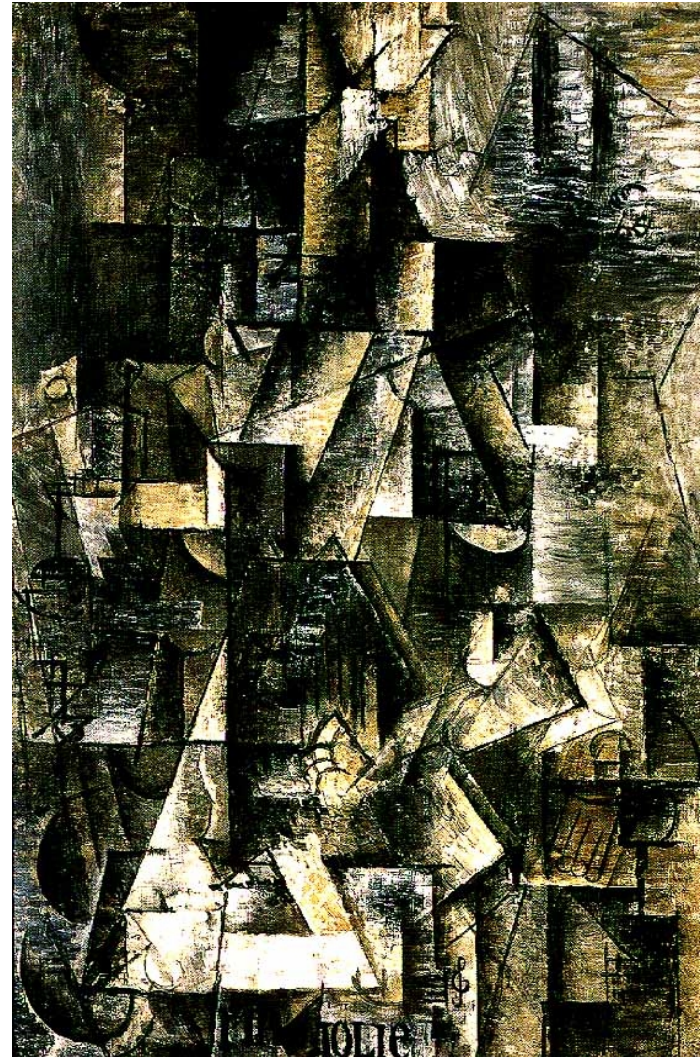




## V. Molnar: Parcours

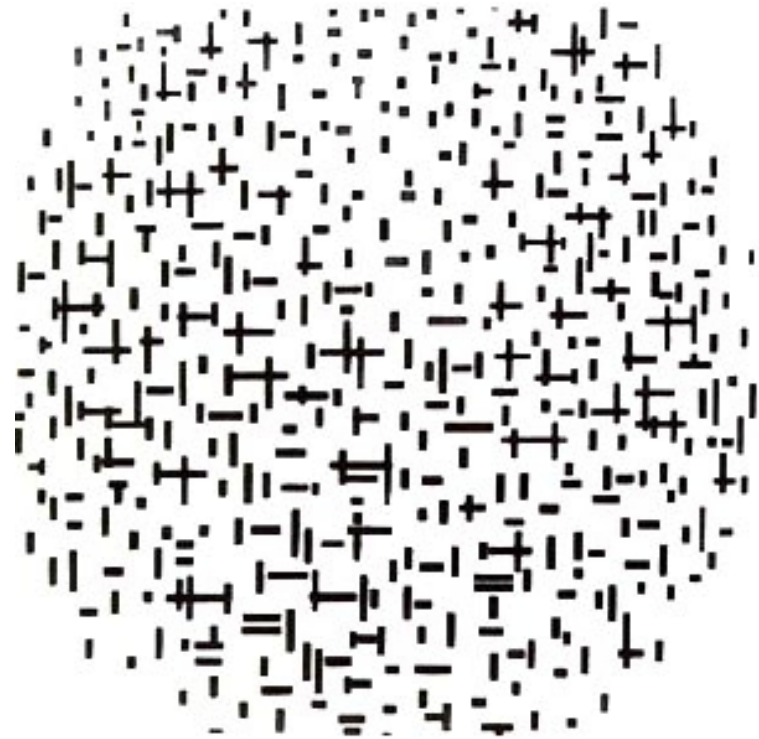


**A. M. Noll:  
Gaussian-Quadratic**



**P. Picasso:  
Ma Jolie**

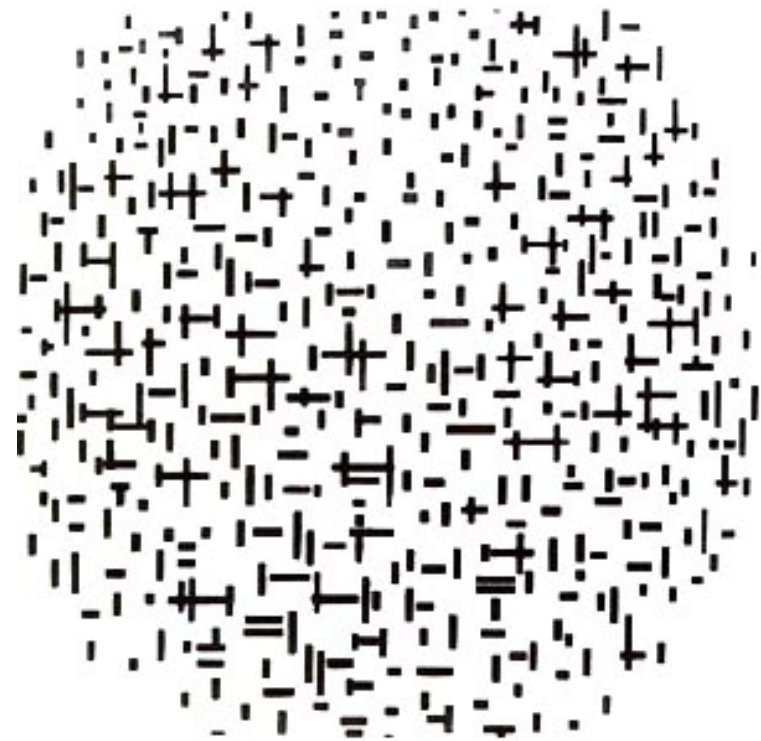




**Který obraz je od P. Mondriana — *Composition with Lines* (1917)  
a který od A. M. Nolla — *Computer Composition with Lines* (1964) ?**



A. M. Noll



P. Mondrian

**28 % respondentů odpovídá správně,  
56 % respondentů považuje Nollův obraz za hezčí (!)**



**Doufání v ‚nové umění‘ —**

**Lze pomocí algoritmů a parametrizovatelných příkazů vytvořit estetický objekt?**

**Počítač je inteligentní partner, dokáže tvořit**

**A. Michael Noll**

**...a navíc dokáže dle zadaných kritérií vytvořené dílo i zhodnotit, případně upravit parametrický prostor tvůrčího programu tak, aby výstup co nejlépe odpovídal očekávání**

**Max Bense**

## Exaktní estetika

### Počítač jako analytický nástroj pro studium vnímání a hodnocení estetična



– Harold Cohen: *Bez názvu, 1987. Kresba generovaná počítačem, nakreslená plotterem a ručně kolorovaná. Od počítačového modelování dětské kresby dospěl H. Cohen k hledání vývojových zákonitostí, například růstu rostlin.*

**Benseho estetická škola**  
Georg Nees, Abraham Moles  
aplikátor: Harold Cohen



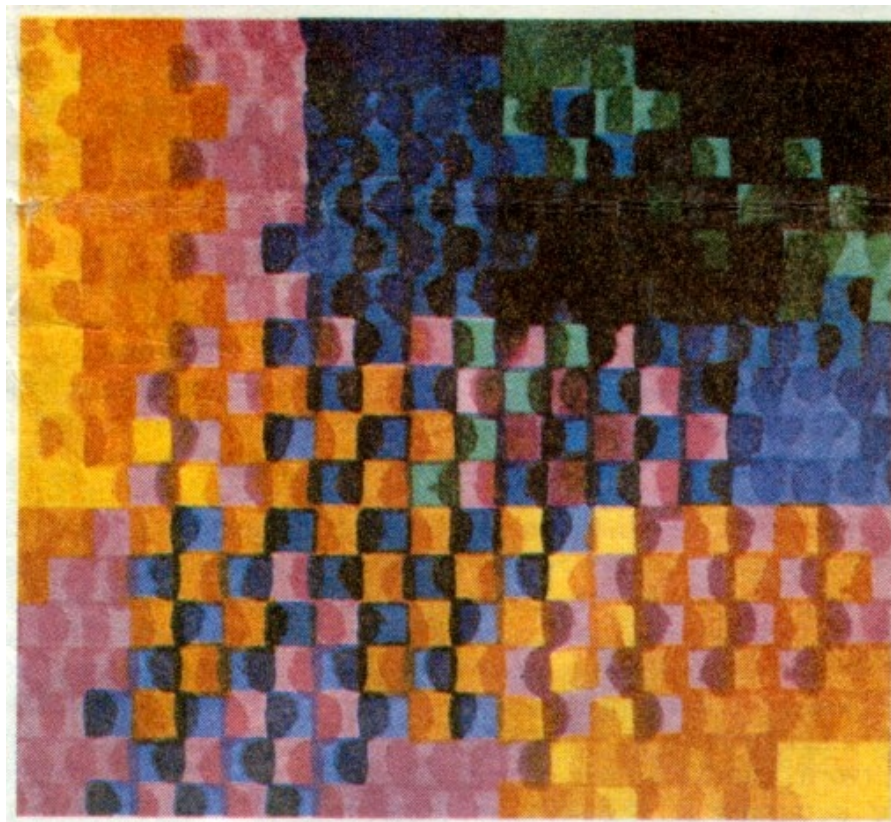
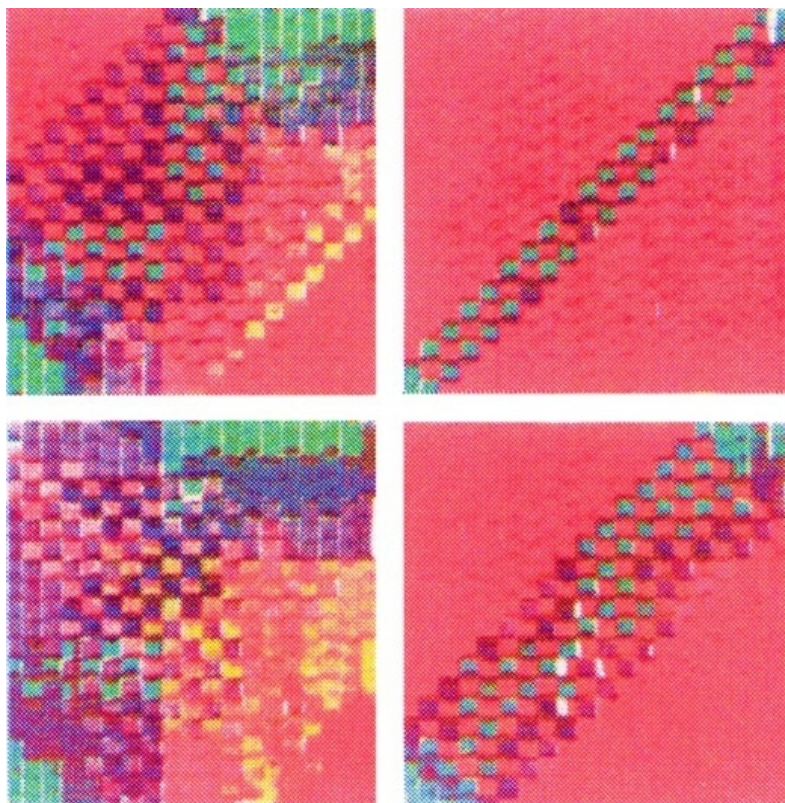
## **Malířský robot AARON**

figurální malba, abstraktní estetika a gauguinovský styl

<http://www.kurzweilcyberart.com/>

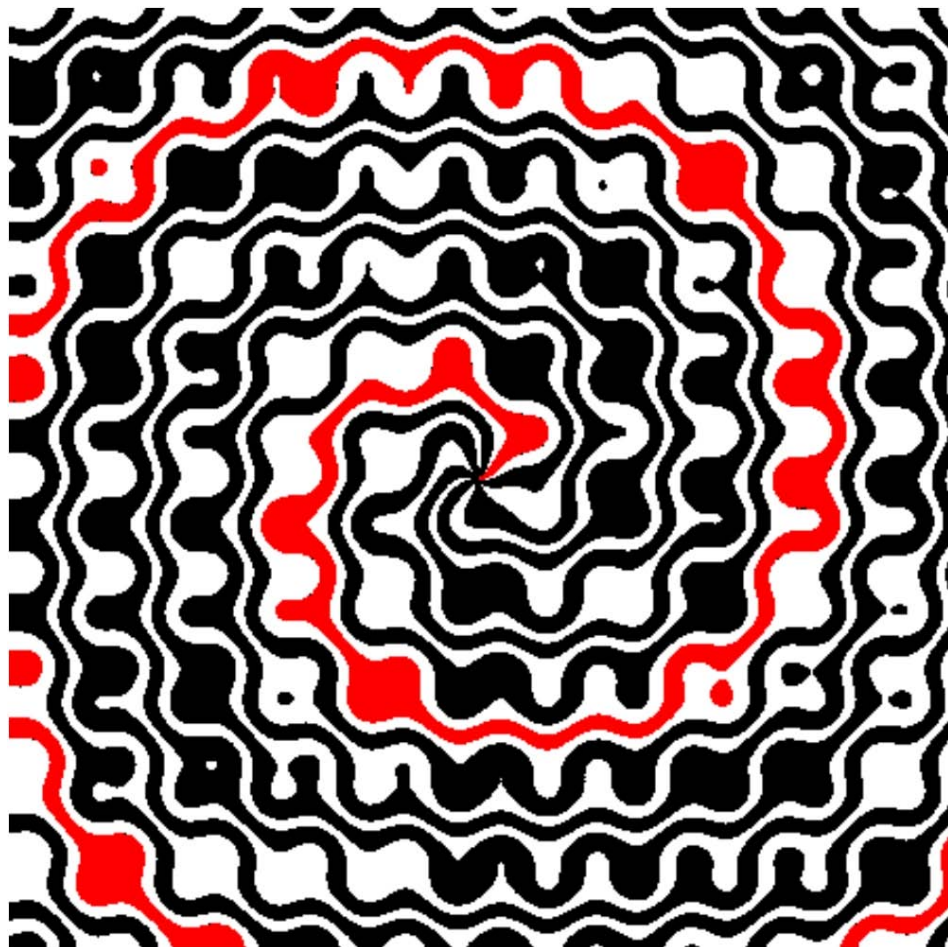


## Kvantování funkcí



F. Nake: Multiplication Series



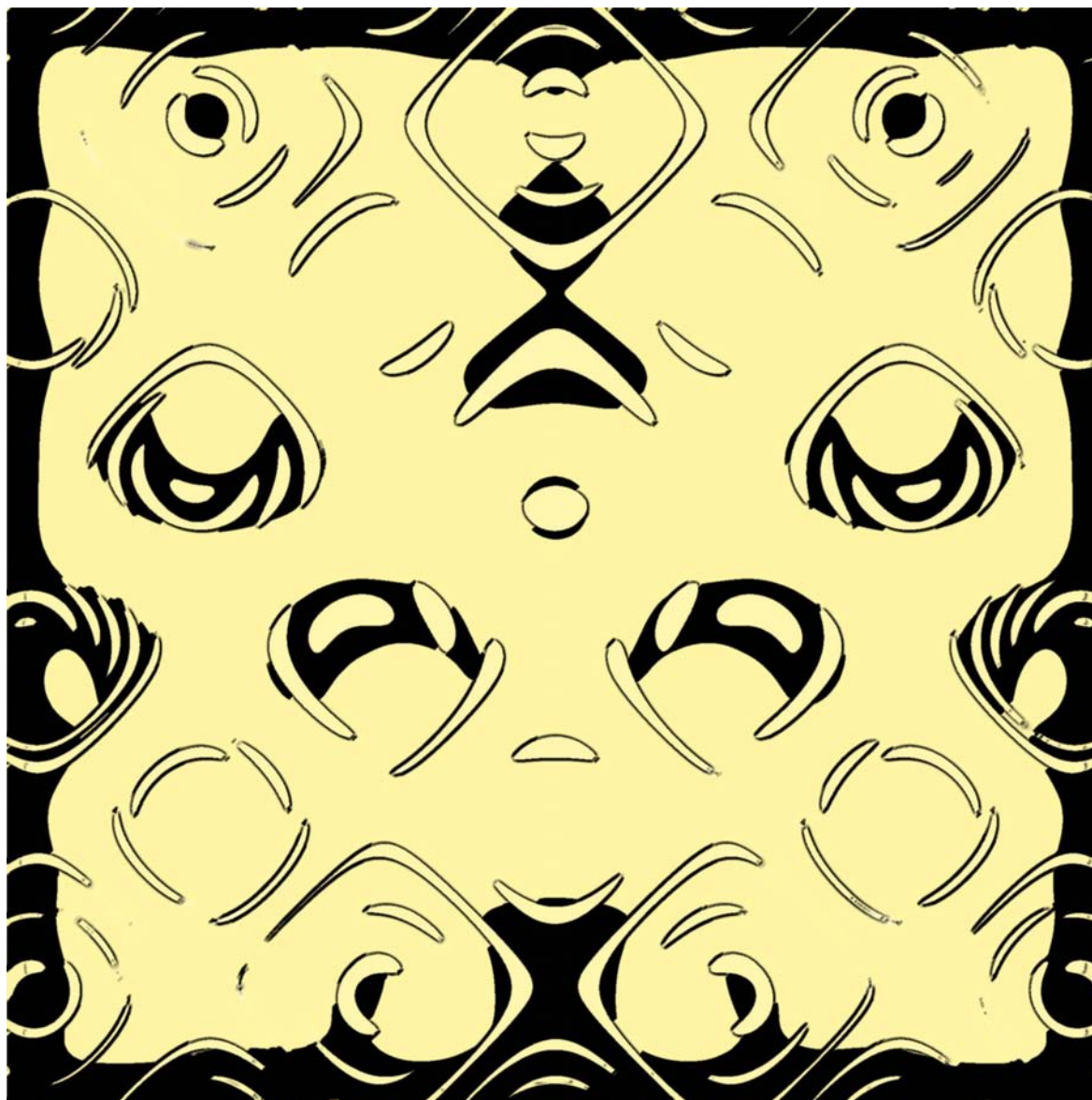


$$\text{mod}\left(\sqrt{x^2+y^2} - \frac{7}{2} \cdot \text{angle}(x,y) + \sin x + \cos y, 7 \cdot \pi\right) < \frac{\pi}{2}$$

$$\text{mod}\left(\sqrt{x^2+y^2} - \frac{7}{2} \cdot \text{angle}(x,y) + \sin x + \cos y, \pi\right) < \frac{\pi}{2}$$

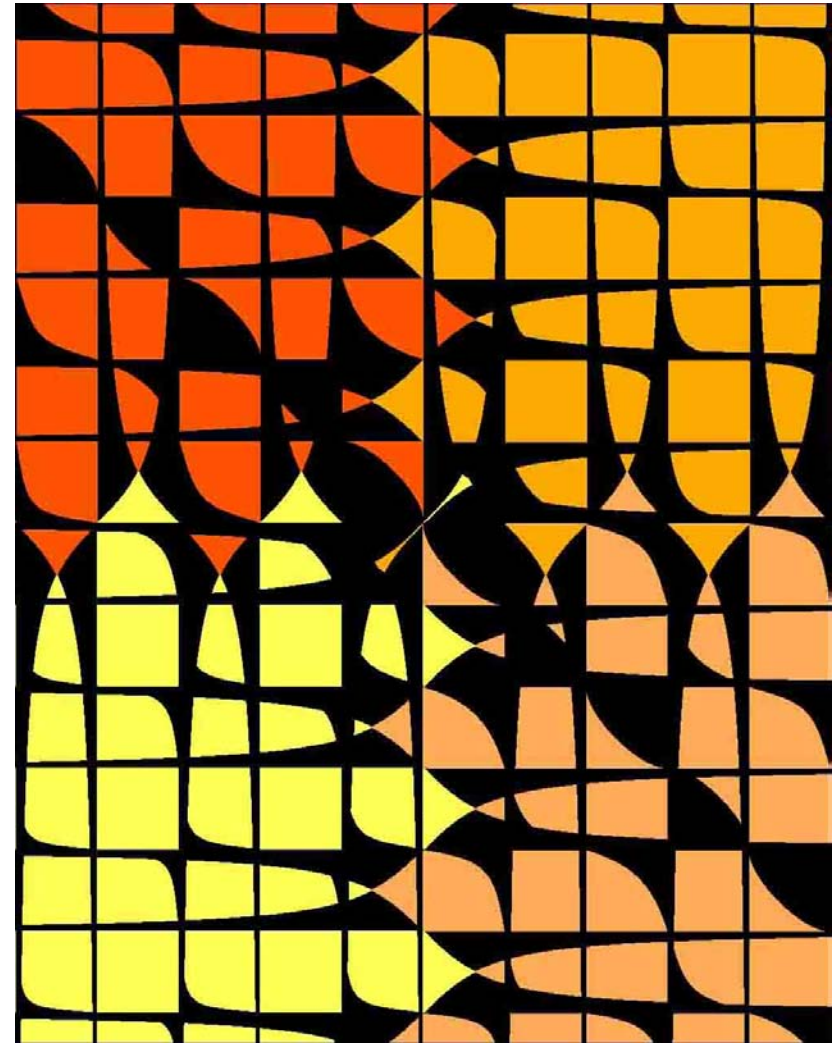
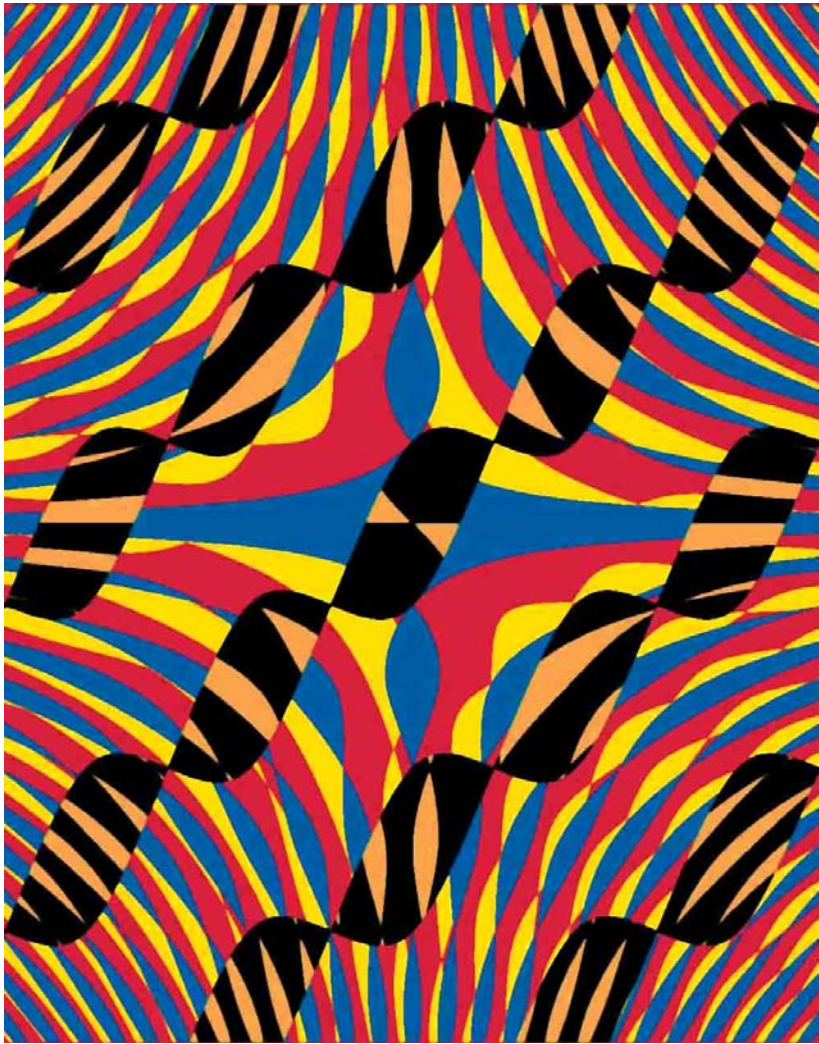
➔ [grafeq.zip](#)

➔ [winquant.zip](#)

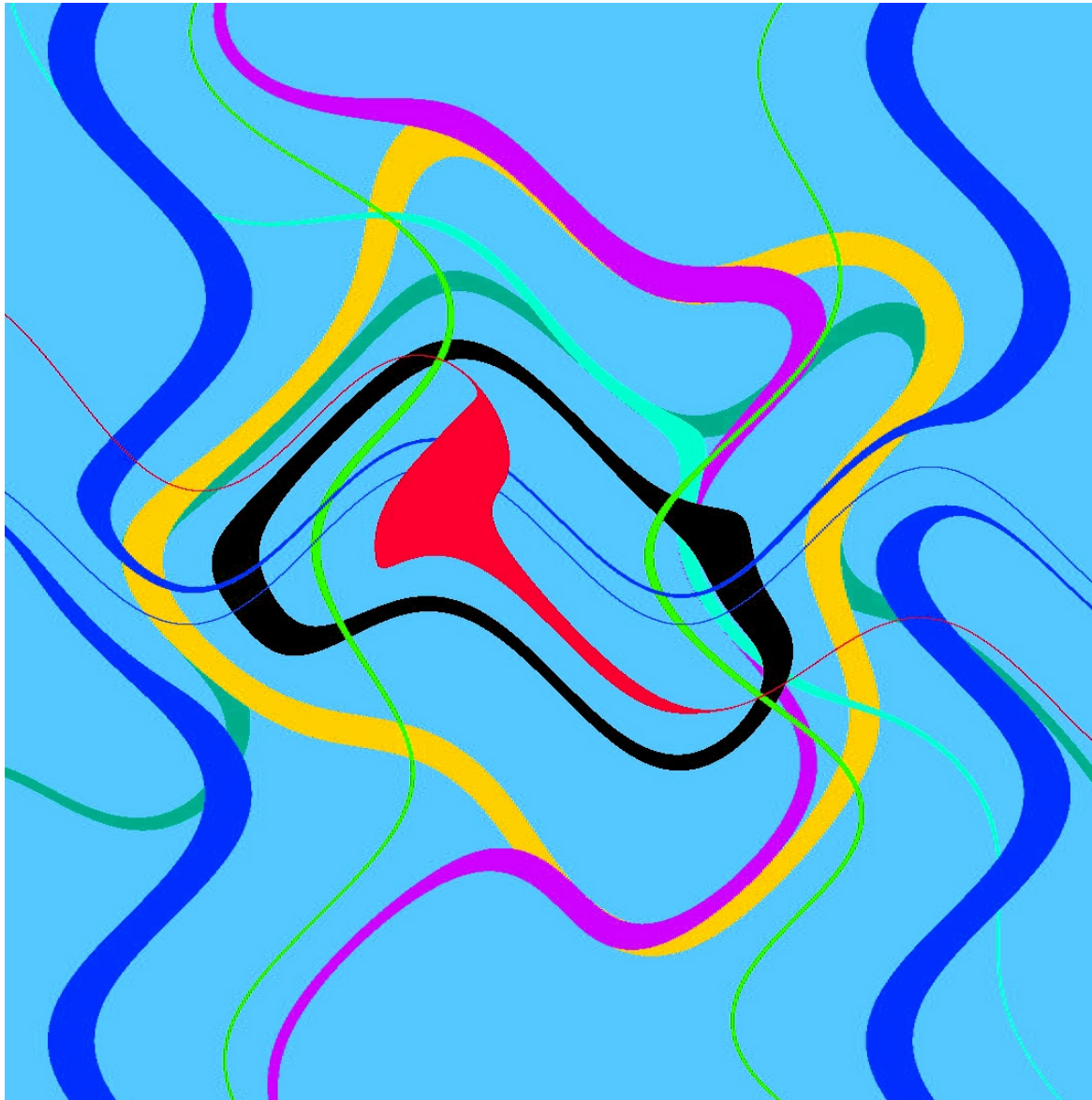


L. Jedlička





T. Mrkvička



**P. Špringl**



## První výstavy počítačového umění:

**1965 – *Generative Komputergrafik***

Technische Hochschule, Stuttgart

***Computer-Generated Pictures***

Howard Wise Gallery, New York

**1966 – *9 Evenings***

performance Bell Labs, New York

**1967 – *The Machine as Seen at the End  
of the Mechanical Age***

Museum of Modern Art, New York

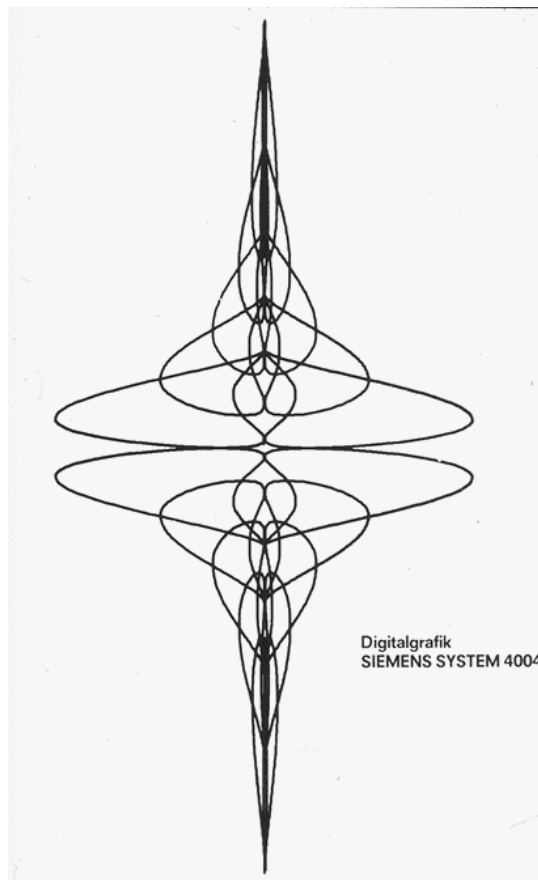
**1968 – *Cybernetic Serendipity***

Institute of Contemporary Art, Londýn

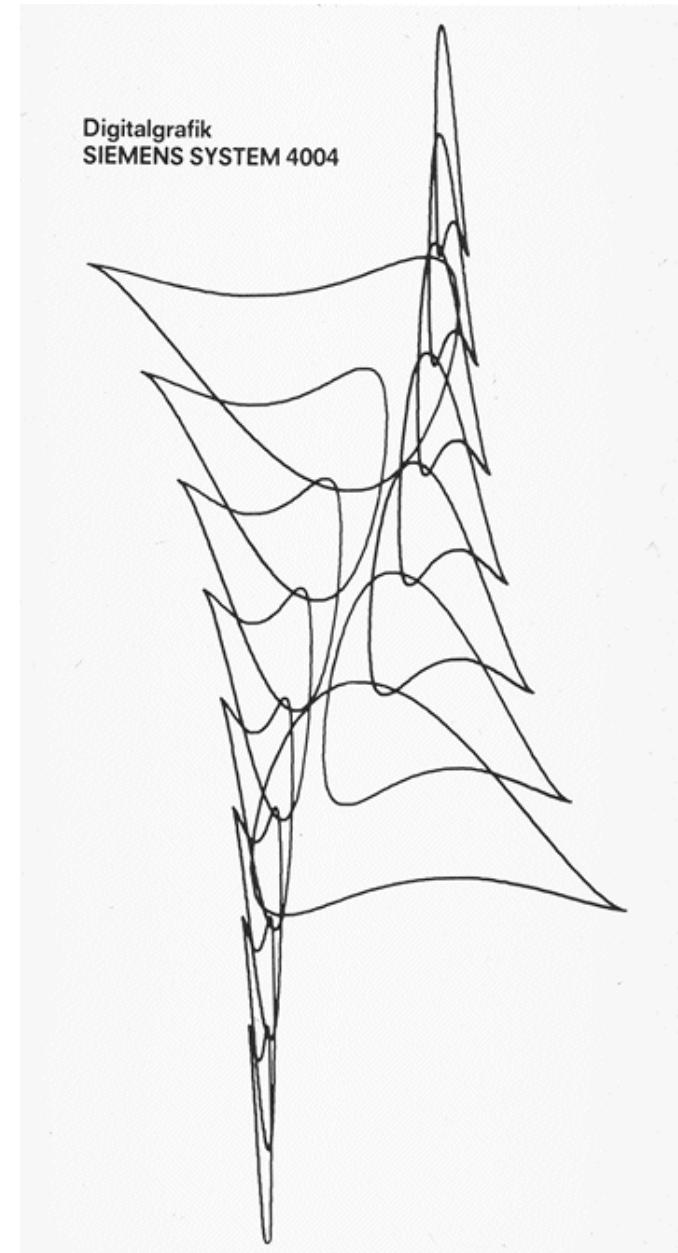
1967 – vychází časopis *Leonardo*

Intl. Society for the Arts, Science  
and Technology, Paříž

<http://www.leonardo.info/>



H. Franke: Digitalgrafik



## **Novinky zpříjemňující tvůrčí práci:**

### **interakční ovládání**

1963 — I. Sutherland, MIT

### **myš**

1965 — D. Engelbart, Stanford

### **grafické rozhraní**

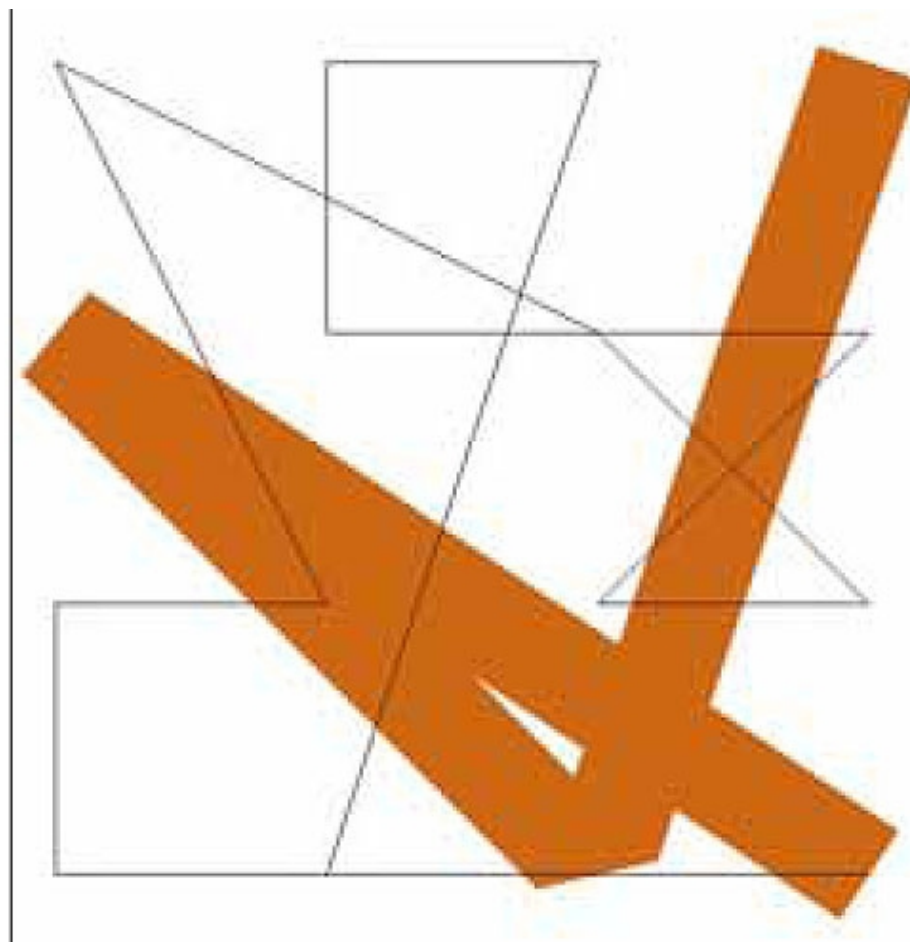
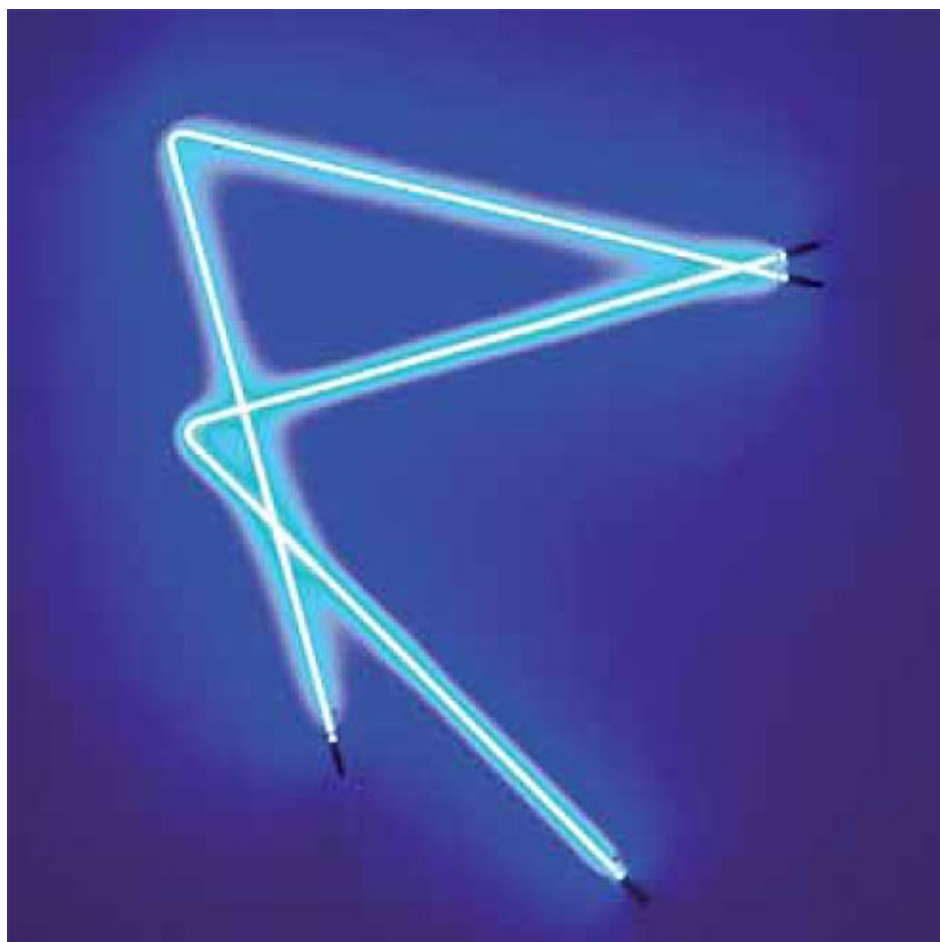
1970 — XEROX

### **osobní počítač**

1984 — Apple; 1985 — Amiga

### **aplikace**

1973 — Superpaint; 1980 — Paintbox; 1986 — Photoshop



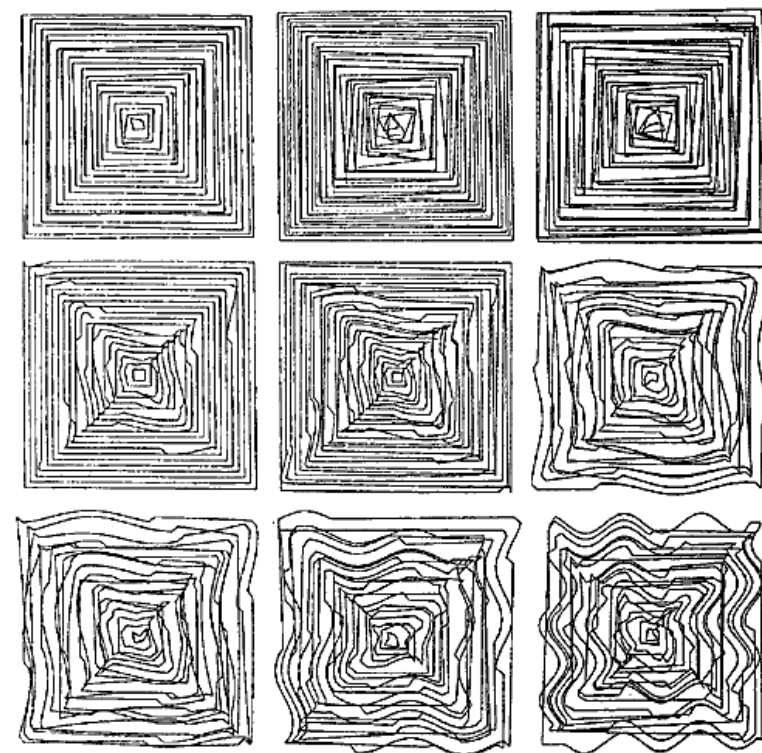
## V. Molnar: Polylines



1970–1975

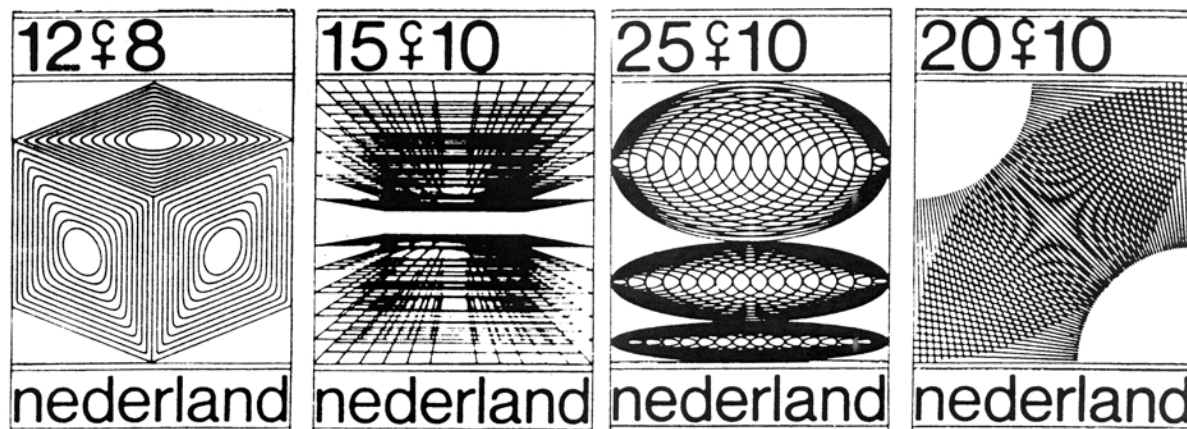
Vera Molnar —  
výuka počítačových  
technologií na uměleckých  
školách je nezbytností

„The computer-aided approach  
is only a systemization of the  
traditional-classic approach.“



V. Molnar: Transformations

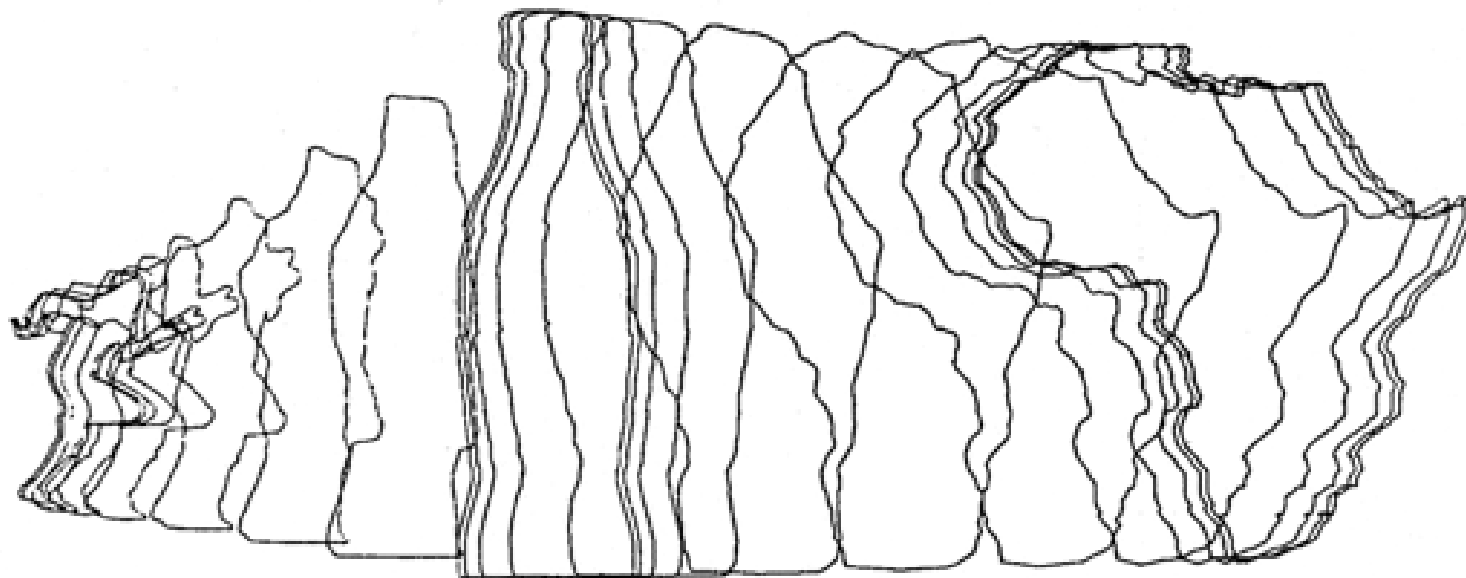
## Navykání umělců, kritiků i diváků na počítačem poporovanou kreativitu



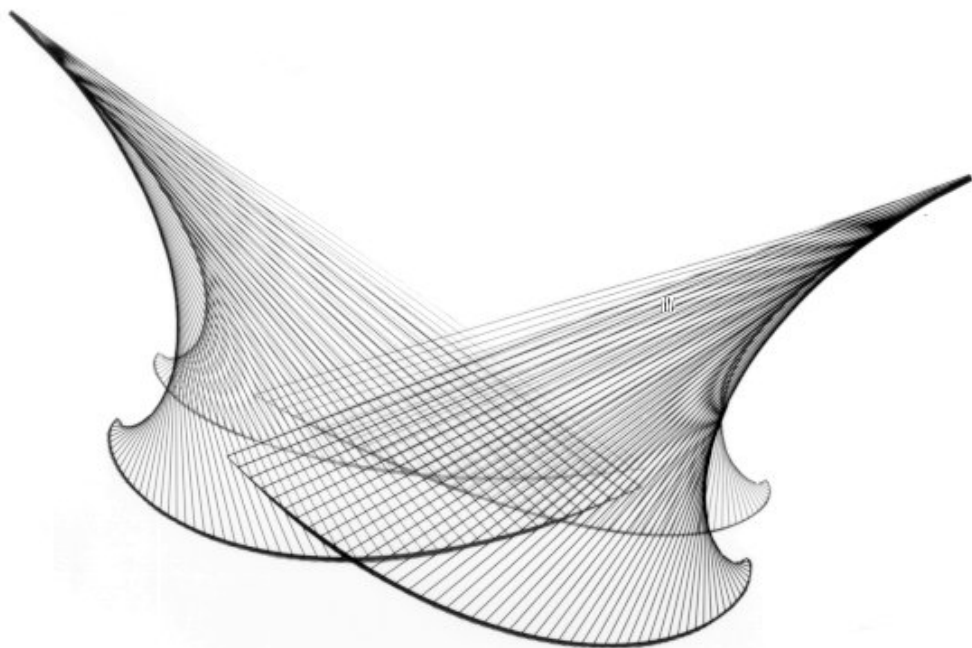
překrývání vzorů na známkách nizozemské pošty, 1970

1970 – **Benátské bienále**

počítačové umělci zastoupeni v rámci  
expozice konstruktivistů

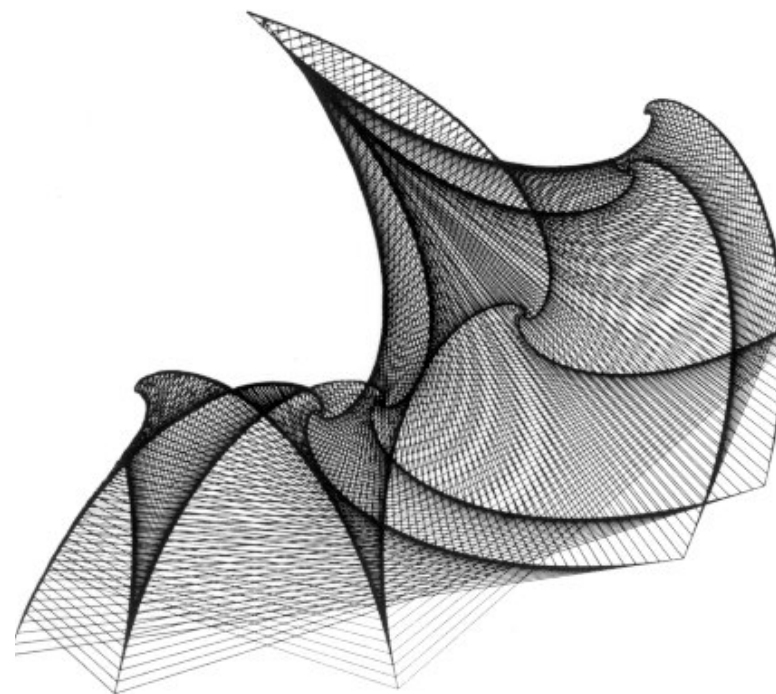


## Computer Technique Group Japan: Running Cola is Africa



AP/140

**I. Rousseau: Modulated Passage**

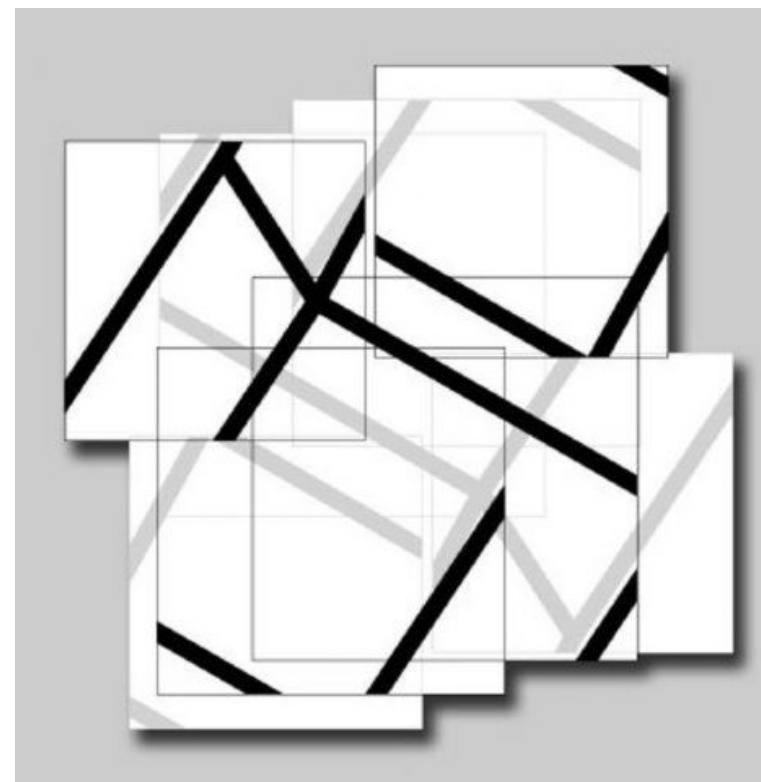
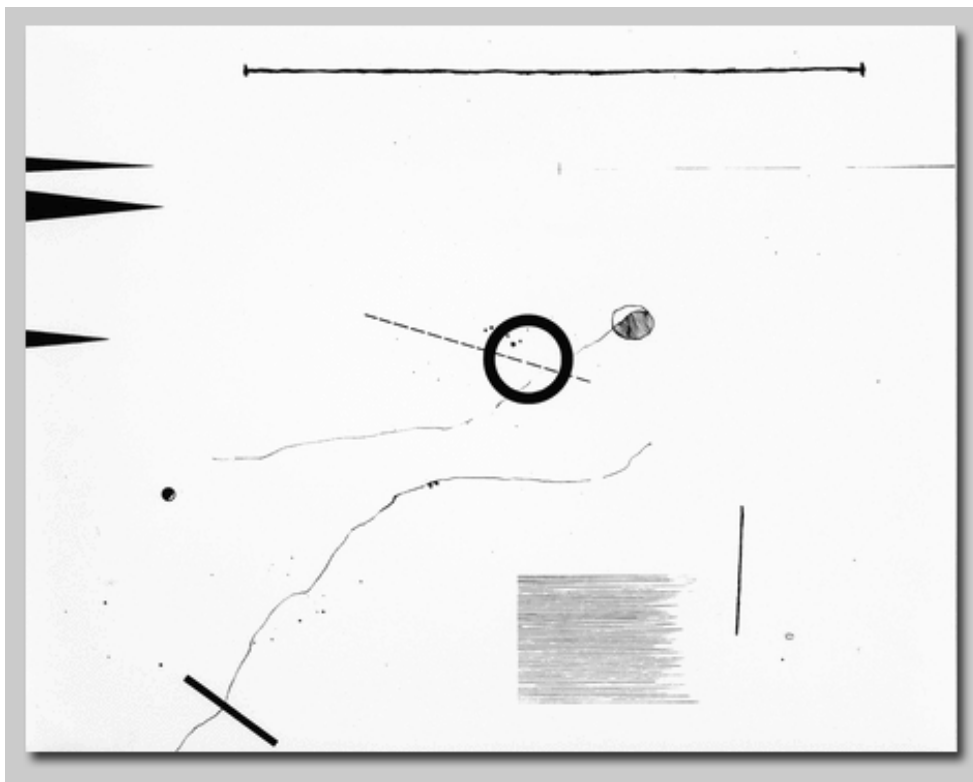


*Interweaving Rhythms*

© Rousseau

**I. Rousseau: Interweaving Rhythms**





**1971 – Manfred Mohr vystavuje v Paříži**

Musée d'Art Modern

**První *samostatná* výstava ,počítačového umění'**



1973 – **ACM SIGGRAPH**

*Special Interest Group  
on Computer Graphics*

**Sam Matsa & Andries van Dam**

Aktuální trendy v počítačové  
grafice, technologiích a umění

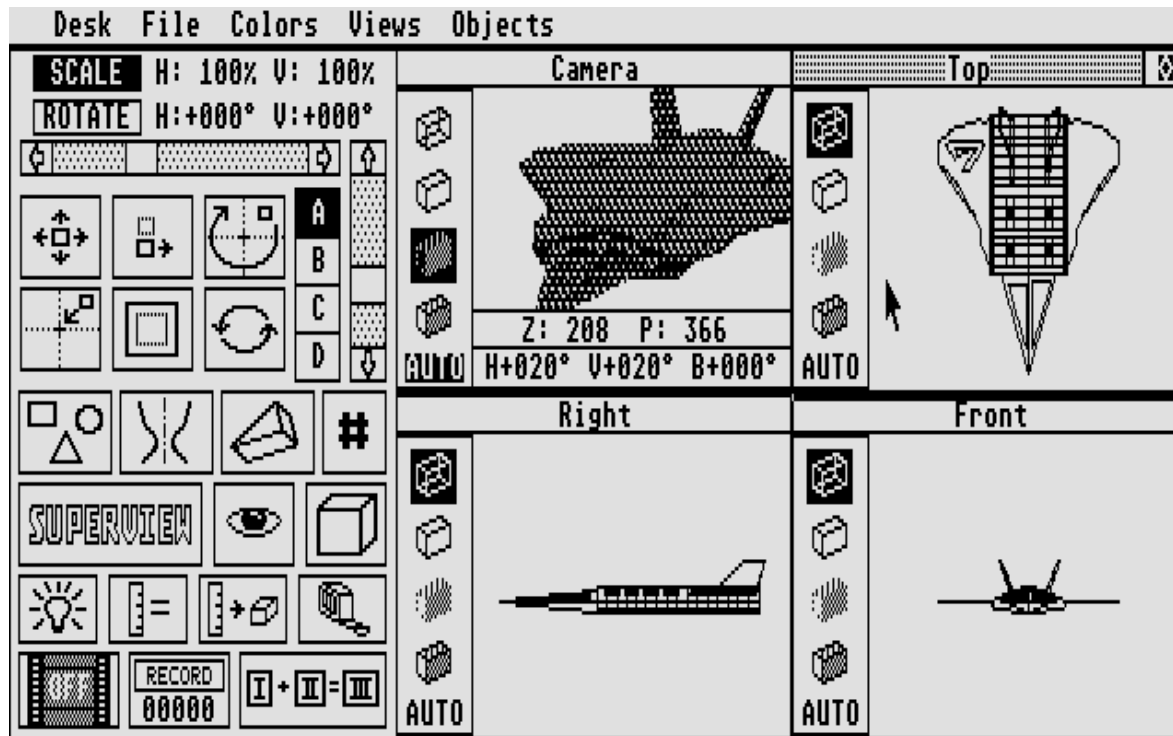
- *Animation Theater*
- *Electronic Theater*
- *Art Gallery*

V. Ostromoukhov: Artistic Screening

1975–1985

## Vývoj počítačové grafiky – hardwaru, softwaru, grafických algoritmů

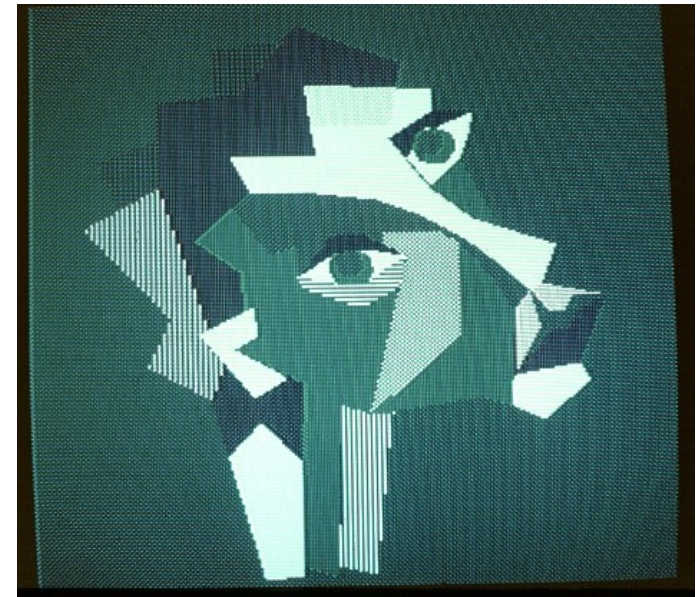
Postupná orientace výpočetní techniky na uživatele



**Výtvarník nemusí  
nutně rozumět  
programování!**

První profesionální  
výtvarníci u počítačů  
v reklamě a filmu

**S osobními počítači přicházejí nové vizualizační možnosti – barevná rastrová grafika, rozumné rozlišení**



**I. Serba : počítačová rekonstrukce motivů  
H. Matisse, P. Picassa a R. Lichtensteina**



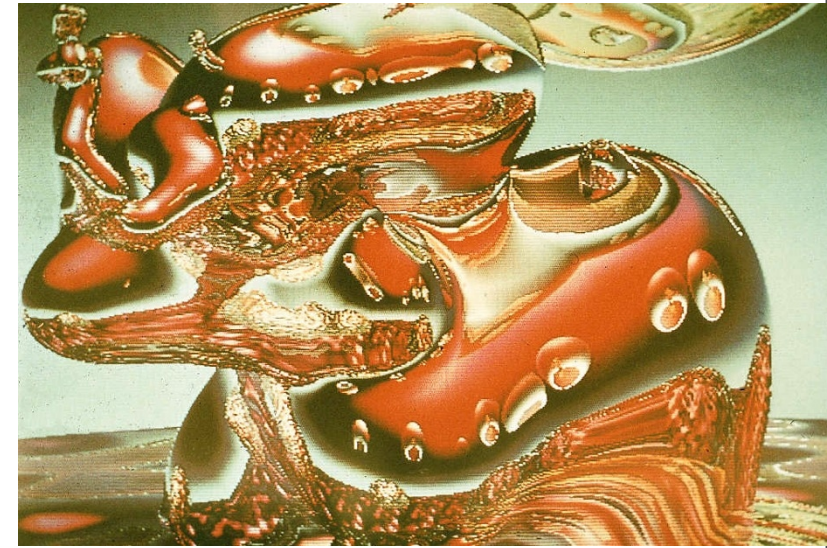
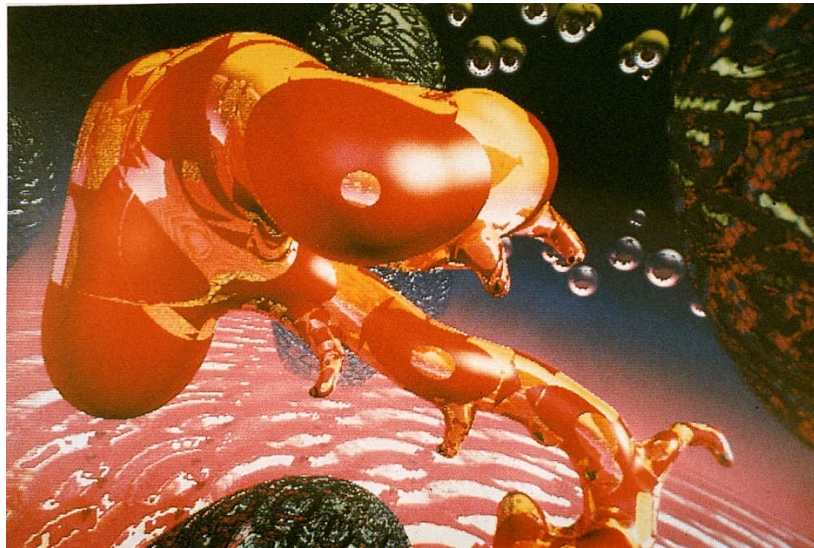
## Výstavy počítačového umění po celém světě

1979 – *Ars Electronica*

„Festival for Art, Technology and Society“, Linz

1979 – AARON v Tate Gallery

Japonci vizualizují implicitní rovnice (*meta-ball*),  
grafické stanice umí rychlý *raytracing*



**1985 – 1990**

**D. P. Greenberg volá vědce k užívání grafiky – vizualizace řekne víc než čísla a tabulky**

**Studuje se vnímání obrazu a informační propustnost grafické obrazovky**

... později vizuálního kanálu virtuální reality

**Programové vybavení a ovládací rozhraní  
konečně plně respektuje model práce  
uživatele – výtvarníka**

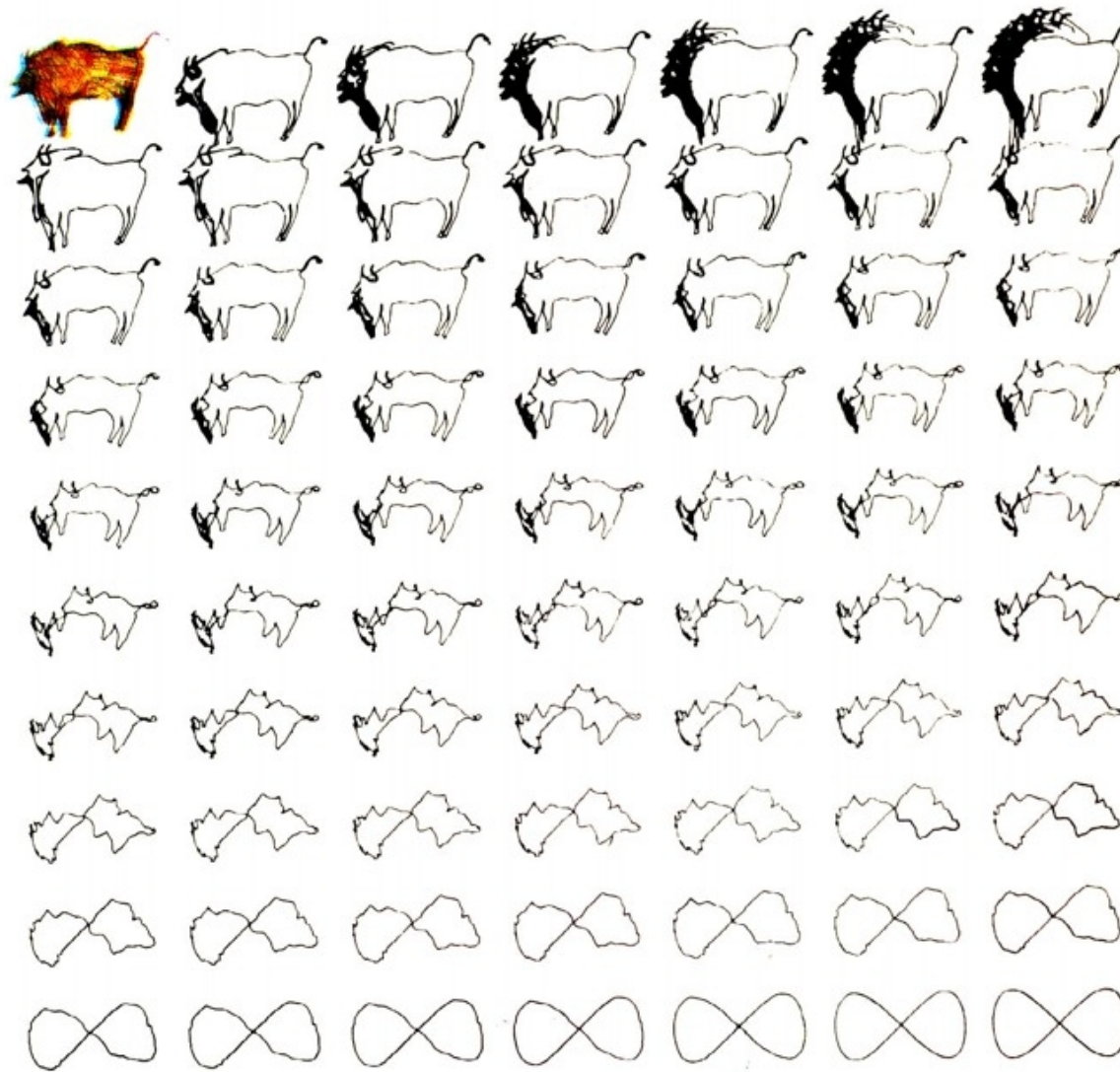
**Objevují se seriózní vědecké práce  
na pomezí matematiky a umění**

**David Hockney vytváří koláže pomocí  
fotokopírky a počítače**

**Andy Warhol navrhuje se svojí Amigou  
barevné kombinace sítotisků**

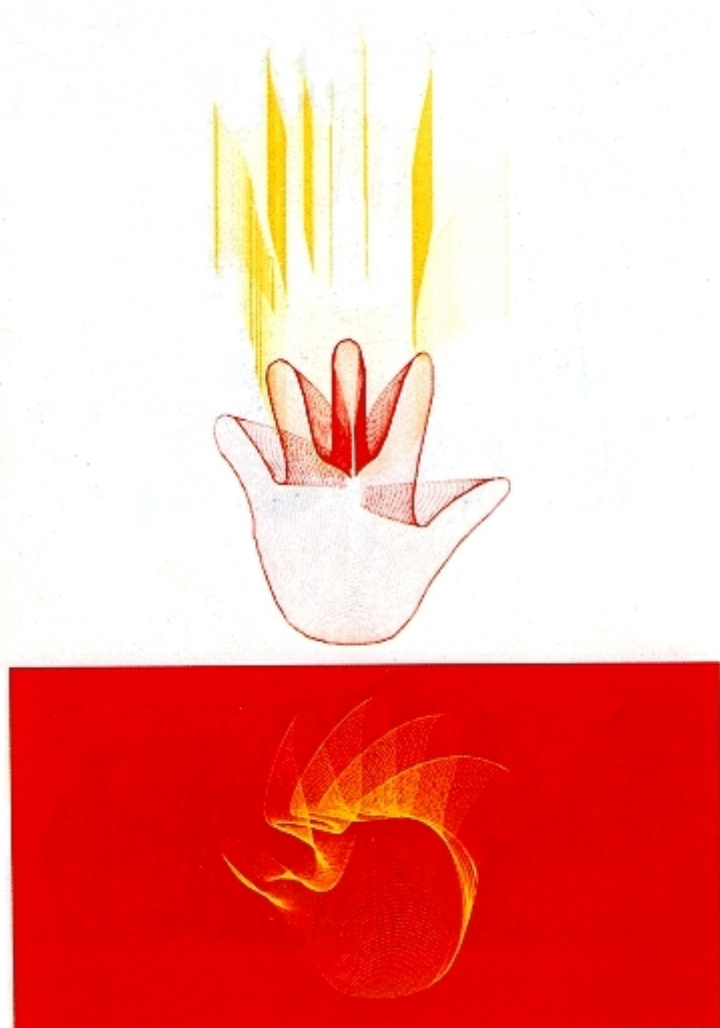
**Nam June Paik zkoumá možnosti  
počítačem zpracovaného video-artu**

**Odborné časopisy systematicky uveřejňují  
artefakty počítačového umění na titulních stránkách  
IEEE CG&A, ACM SIGGRAPH, Scientific American**



**D. Fischer, *prog. I. Klačanský* :  
Altamira**





**J. Jankovič,**  
*prog. I. Bertók:*  
**Návrat späť**



**J. Jankovič,**  
*prog. I. Bertók:*  
**Pohyb ľavou rukou**



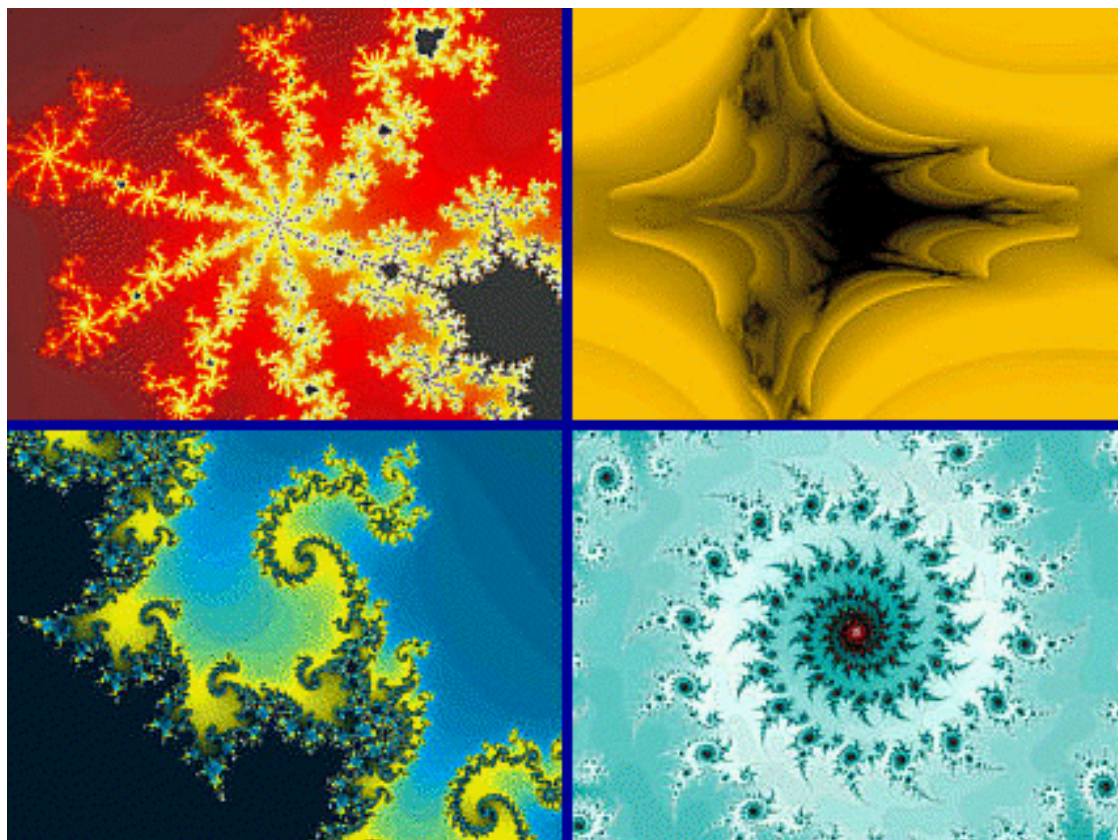
**D. Fischer**  
*prog. I. Klačanský :*  
**Číranie po oblohe**



## Populární jsou **fraktály**

Gaston Julia, 1917, Pierre Fatou, 1920, Benoît Mandelbrot, 1977,  
Adrien Douady, 1980, John H. Hubbard, 1982

## Studium dynamických systémů se zpětnou vazbou



## Výpočet paraboly

$$z_{n+1} = z_n^2 + c$$

**Předvídatelné chování pro obyčejnou parabolu  
při  $c = 0$ ,  $z_n \in \mathbb{C}$**

**$|z_0| < 1$  singularita v komplexní nule  $[0, 0i]$**

**$|z_0| > 1$  spirálovitá divergence k nekonečnu**

**$|z_0| = 1$  kružnice –**

**hranice mezi body konvergujícími k nule  
a divergujícími k nekonečnu**



## **Jak vypadá výpočet pro $c \neq 0$ ?**

G. Julia:  $c \neq 0$  konstanta  $< 2$ ,  $z_0$  proměnná

B. Mandelbrot:  $c \neq 0$  proměnná,  $z_0 = 0$

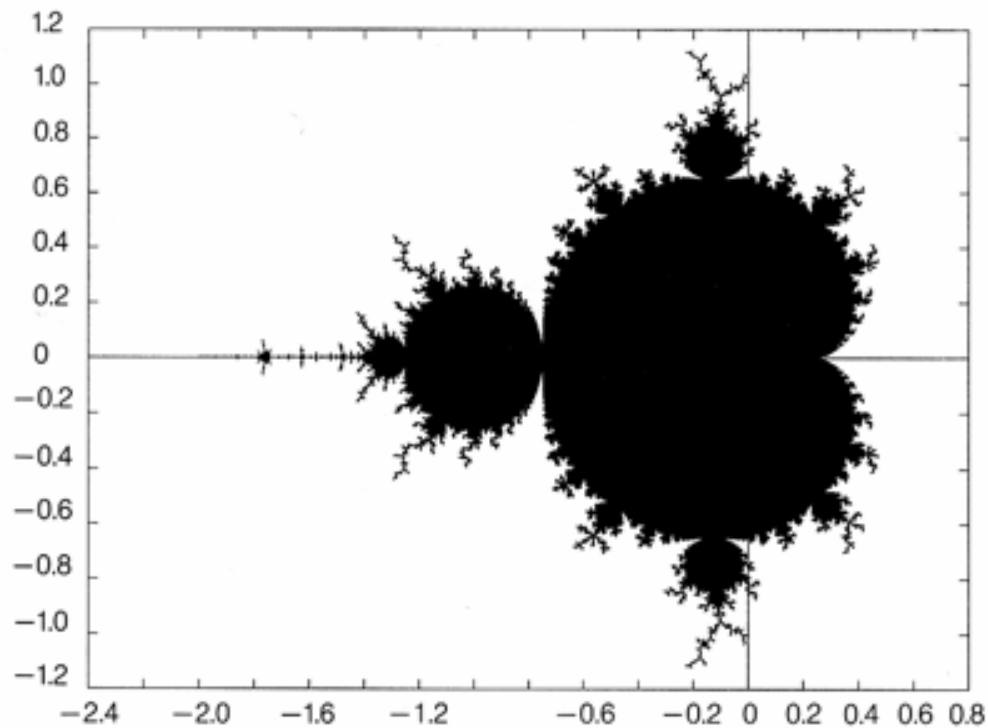
**Pro některé hodnoty  $z_0$  a  $c$  je obtížné určit,  
zda bude posloupnost konvergovat, divergovat  
nebo bude cyklická**

**Pro některé hodnoty je to nemožné !**

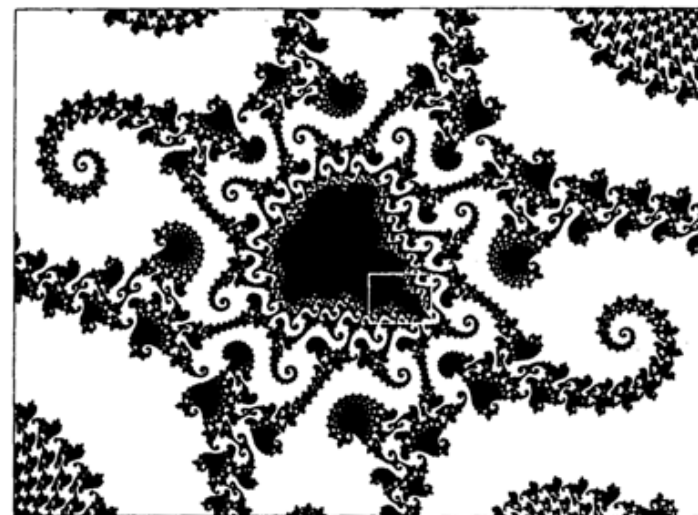
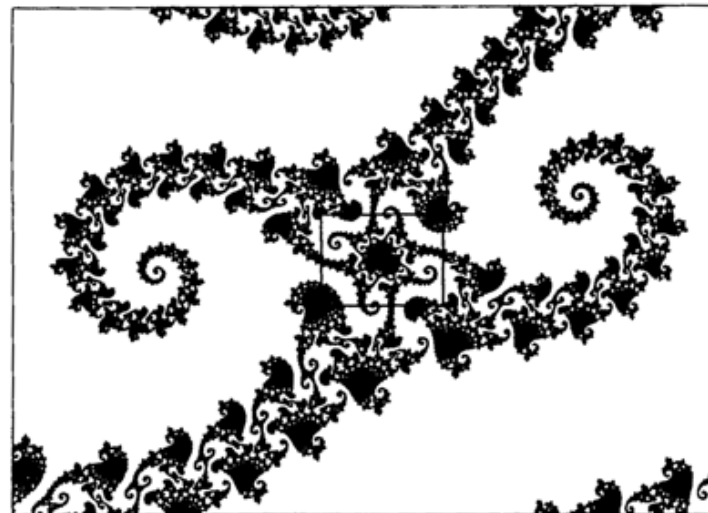
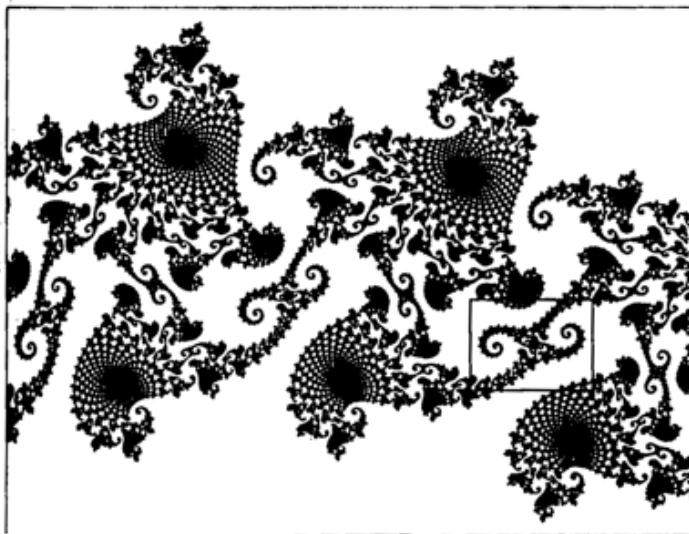
## *Juliovy množiny*

všechna čísla  $z_0$ , pro něž posloupnost  $z_n$  nediverguje

Množiny leží uvnitř oblasti se zajímavou hranicí





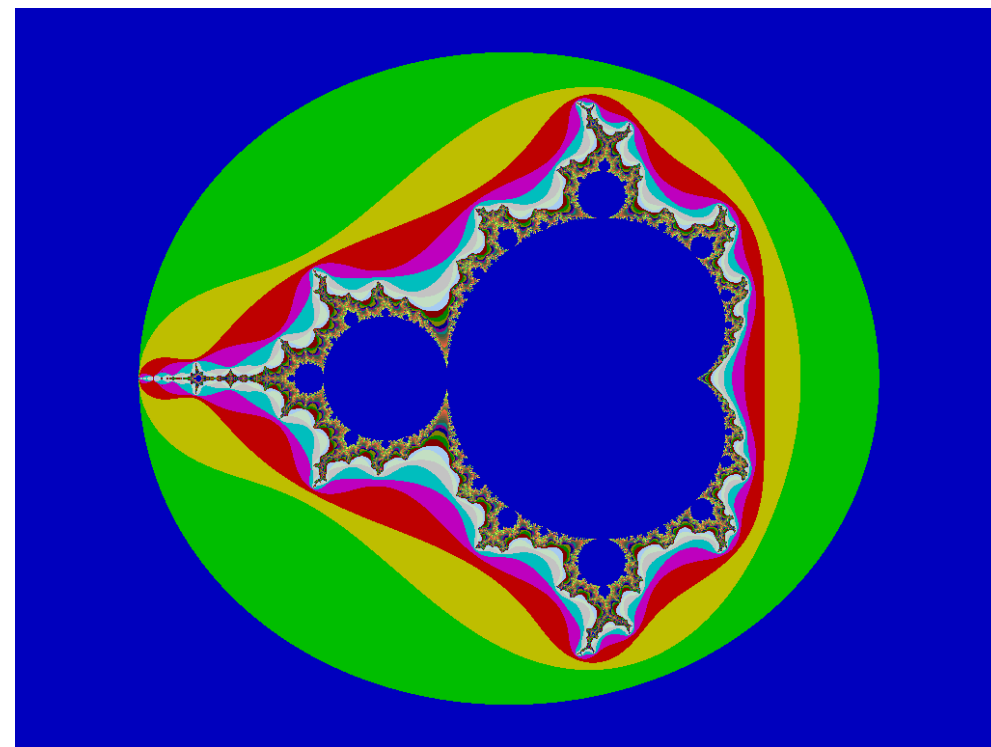
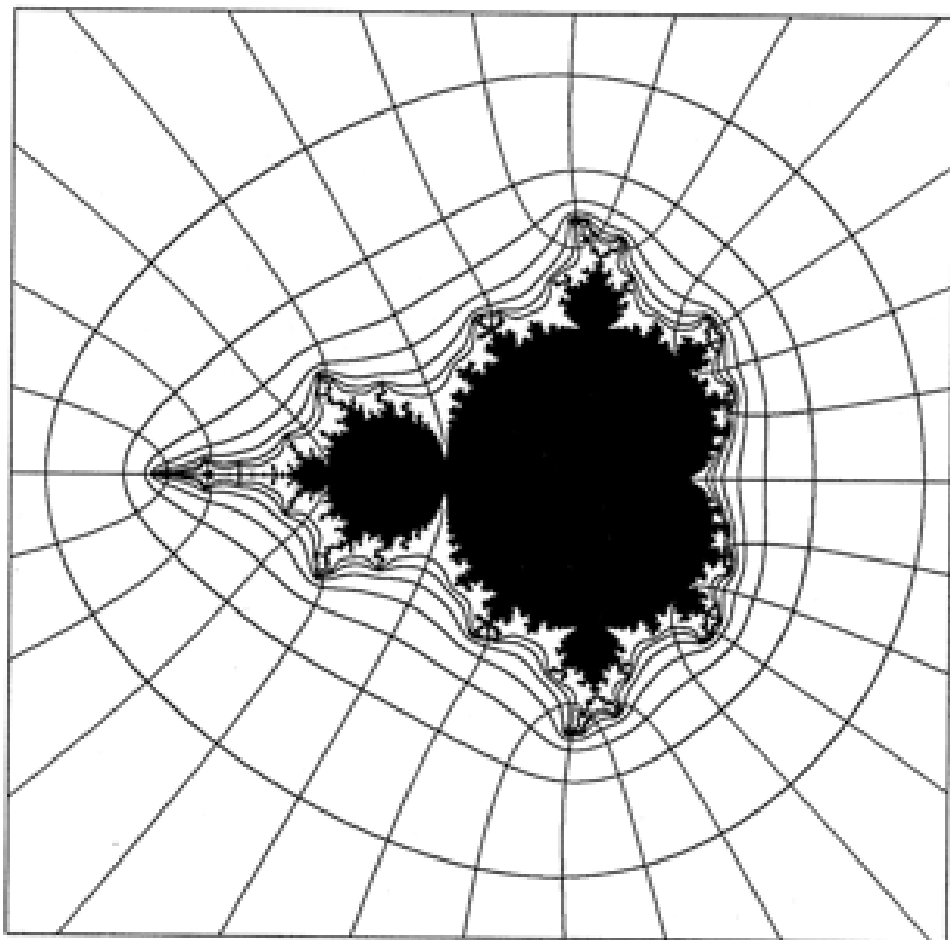


Soběpodobnost při  
nekonečném rozlišení

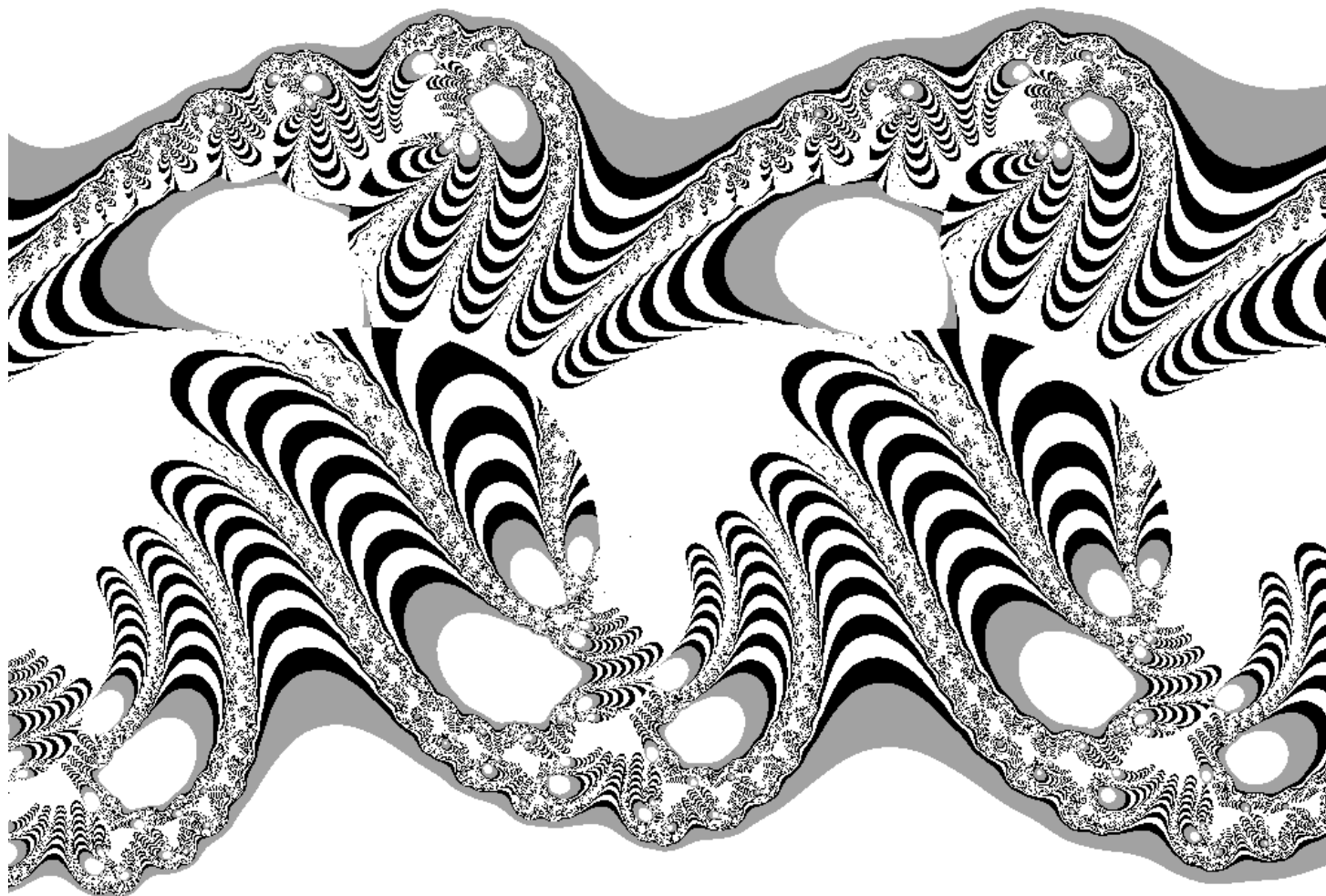
➔ [xaos.zip](#)



## Výtvarné možnosti v různých technikách obarvování



## Monotónní obarvení se třemi intenzitami

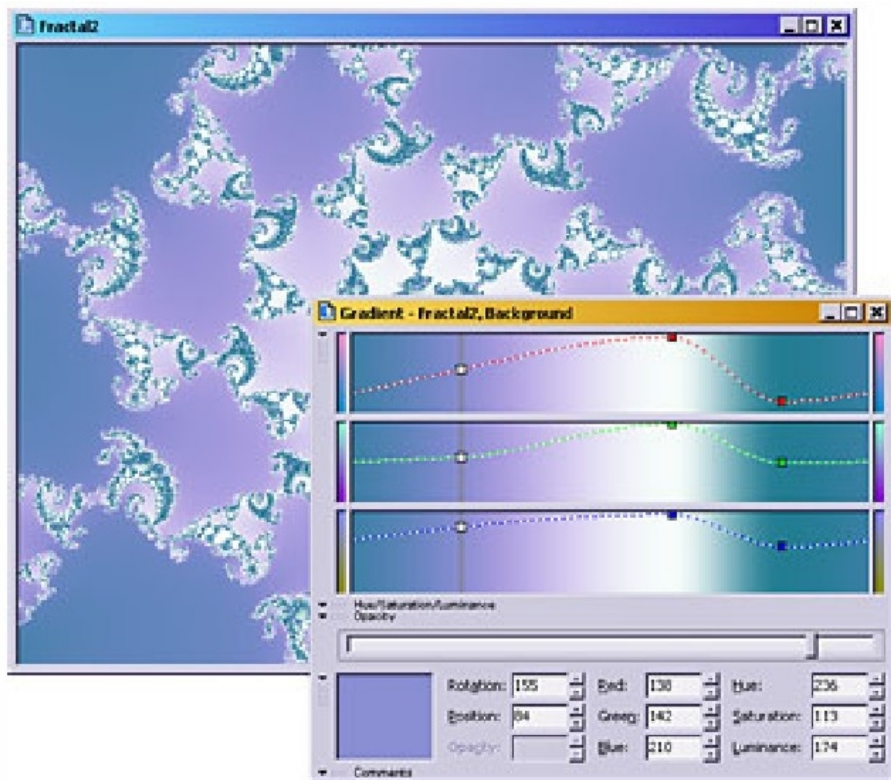


## Paletové obarvení (256 odstínů)



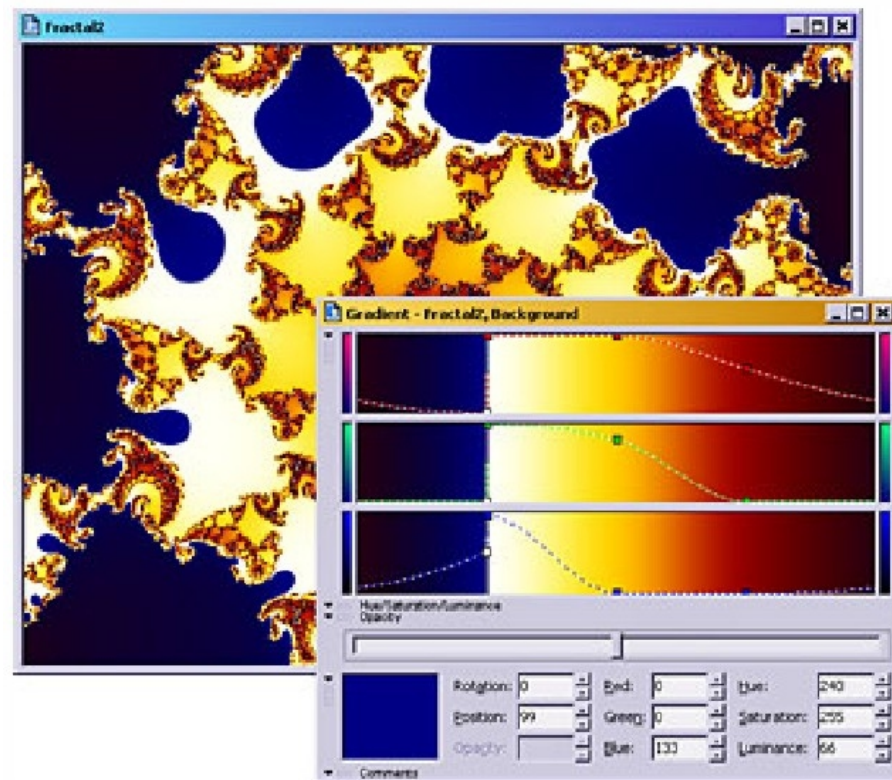


## Editor barev programu Ultrafractal

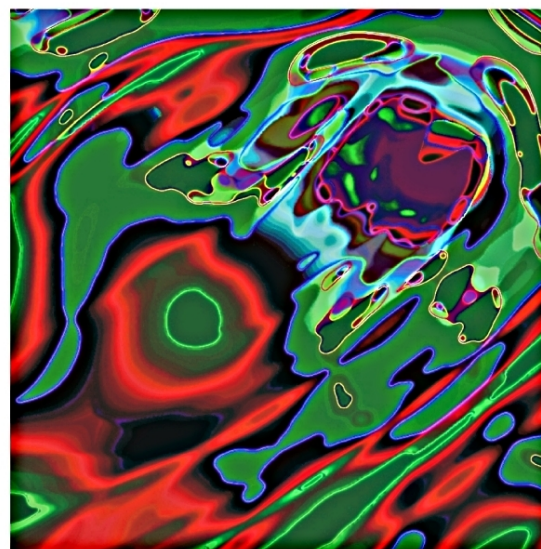
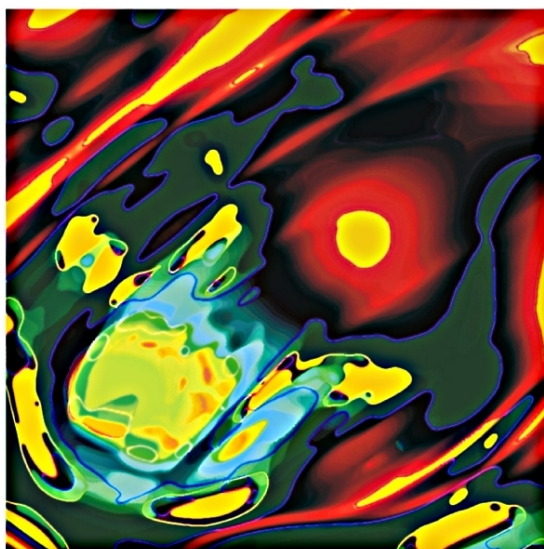
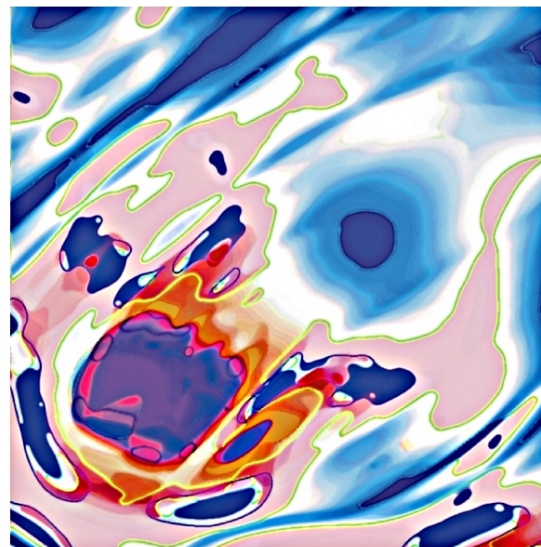
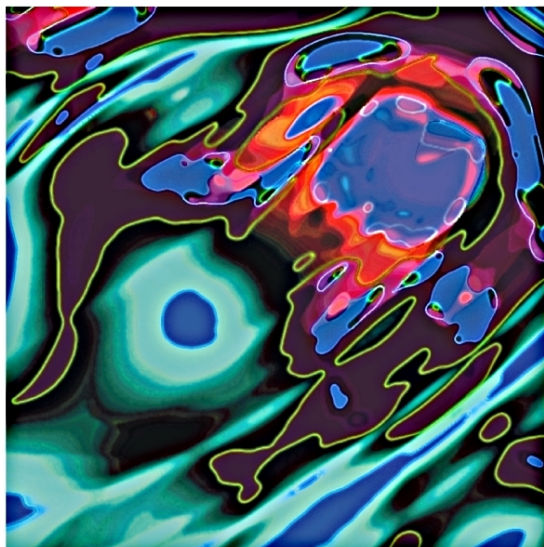


➔ [ultrafractal.zip](#)

➔ [chaospro.zip](#)







T. Staudek: Pop Fract

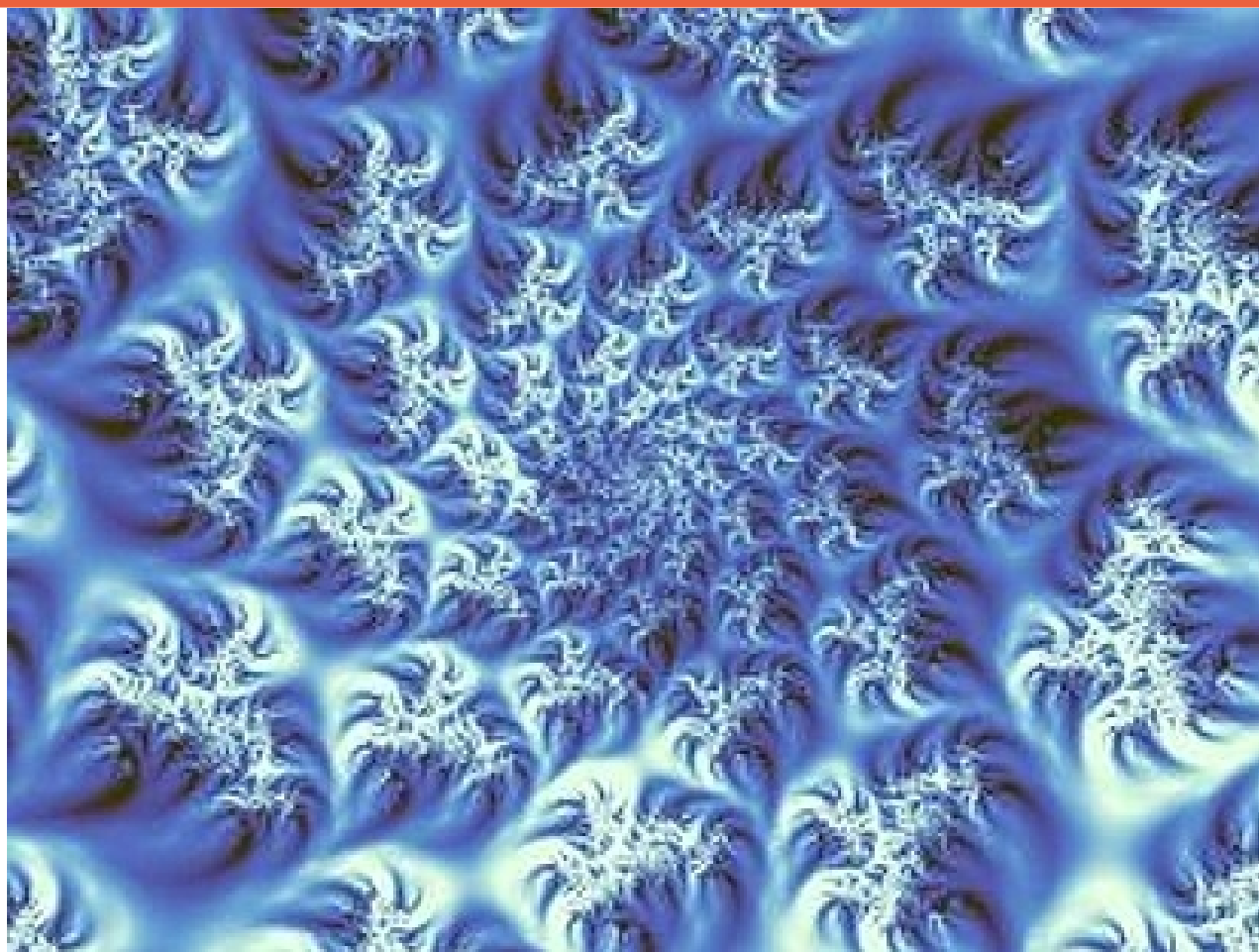


## I. Serba: Rytmus





I. Serba :  
Pocta Kandinskému



**Nelineární barevná křivka**

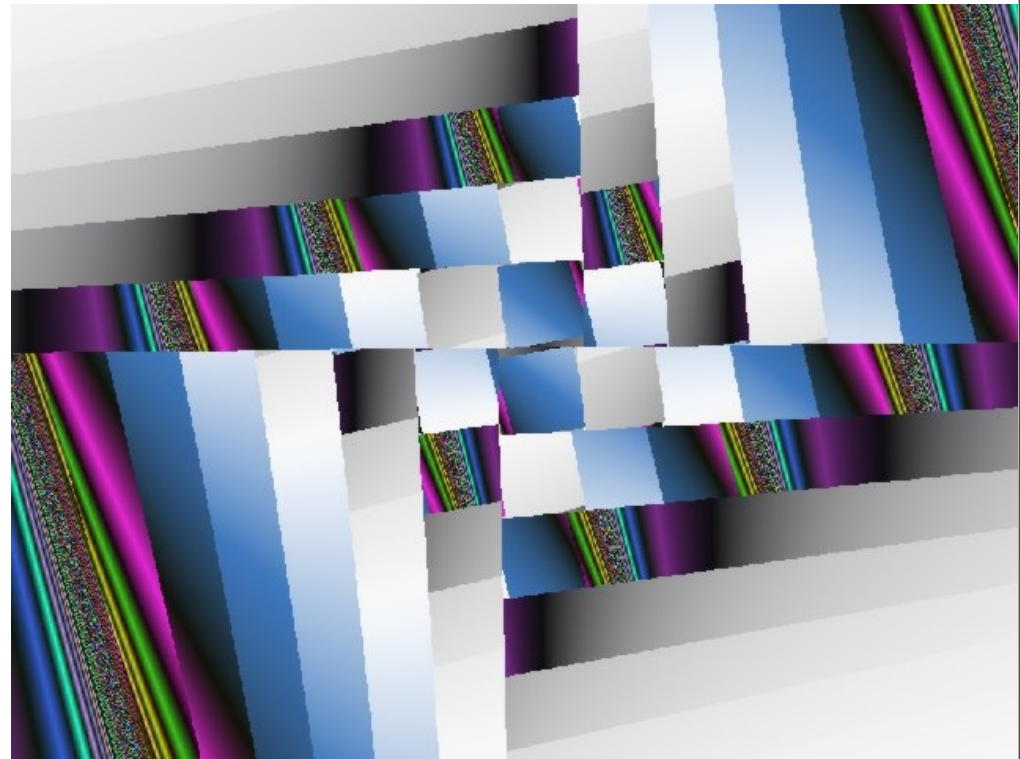
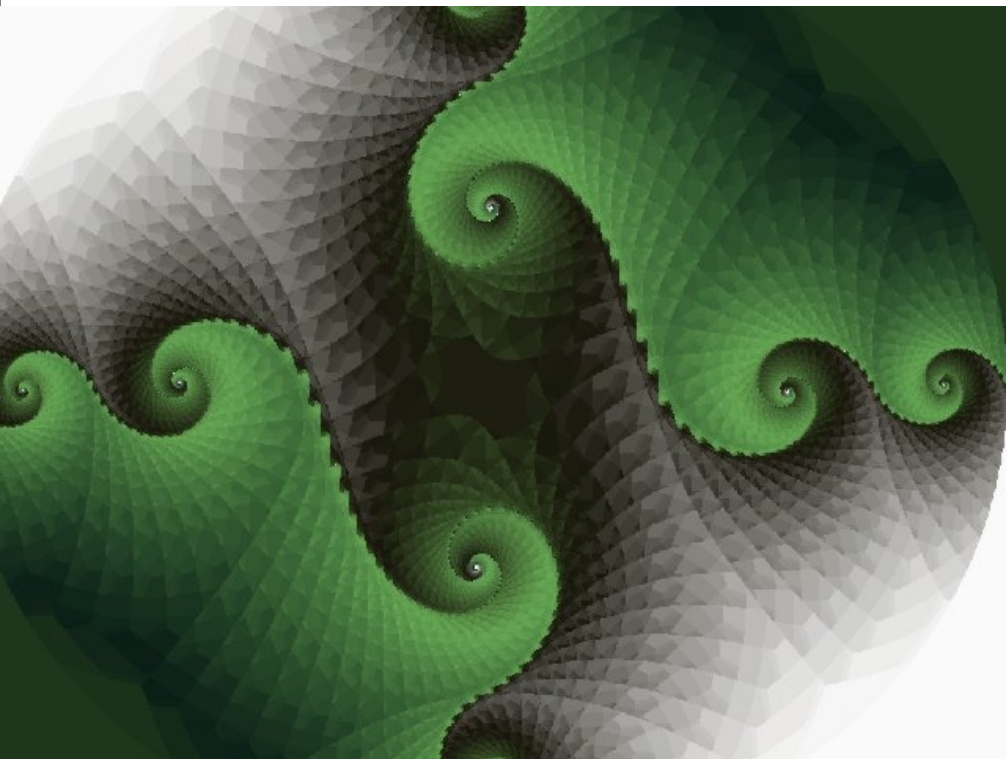
**Složitější kolorování podle posledních  
spočtených hodnot  $z_n$**



## Výpočet fraktálních charakteristik (fraktální dimenze, Ljapunovův exponent aj.)

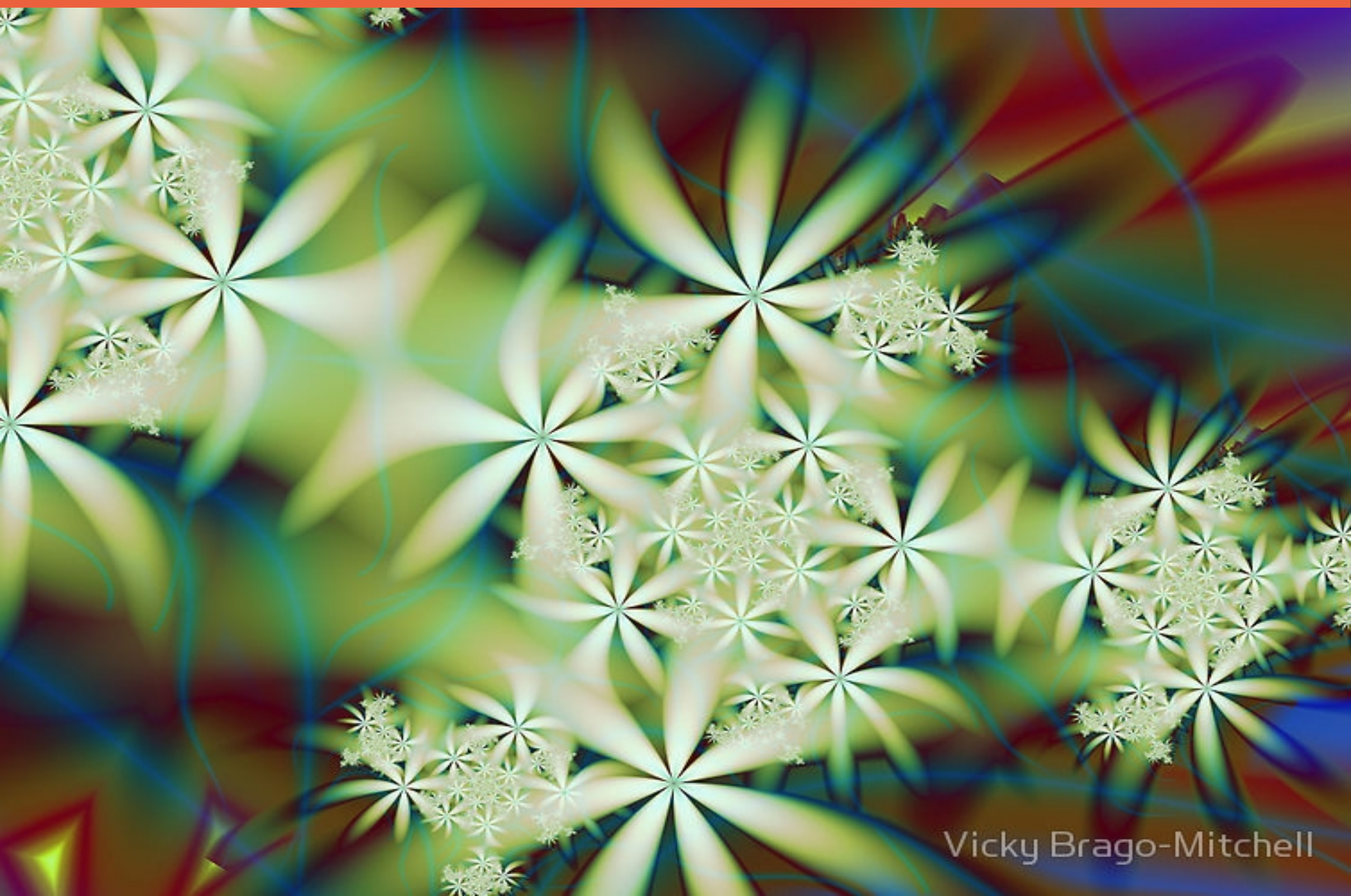
Statistické vlastnosti — průměry, rozptyl...





➔ [fractalscience.zip](http://fractalscience.zip)





Vicky Brago-Mitchell



## Koláže z více vrstev a průsvitů vytvářejí další výtvarné efekty





## Prostorové pseudoprojekce

**Spočítáme tři sousední body vymežující rovinu  
a aplikujeme vhodný model osvětlení**



## Fraktály kvaternionů

William Rowan Hamilton, 1843

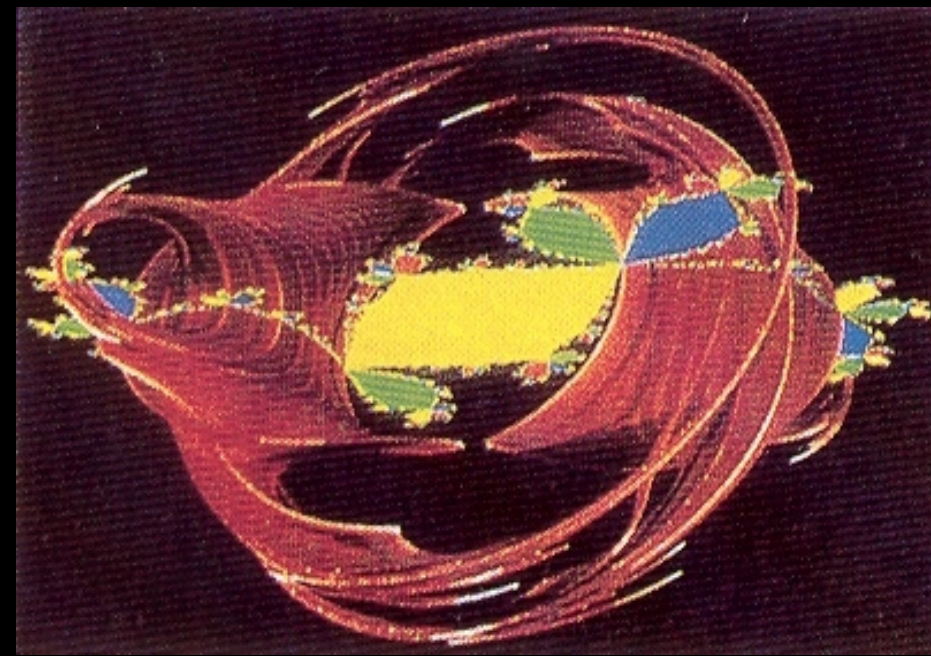
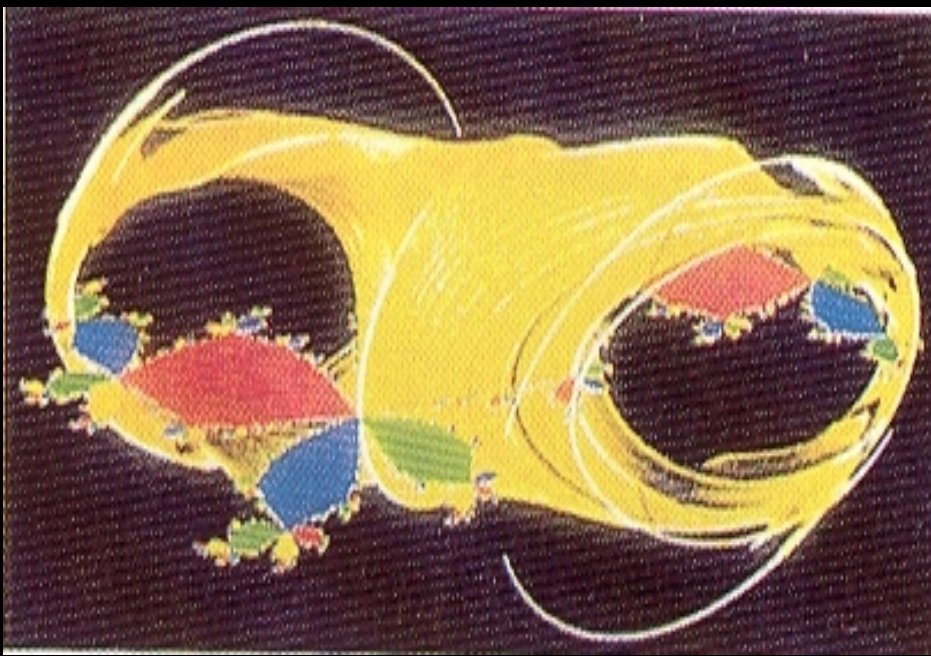
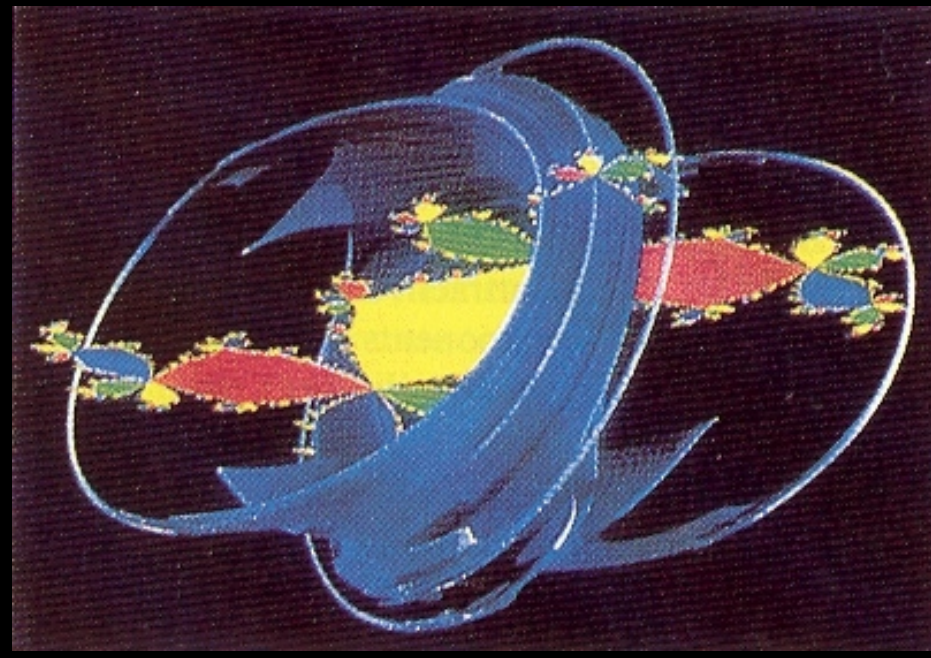
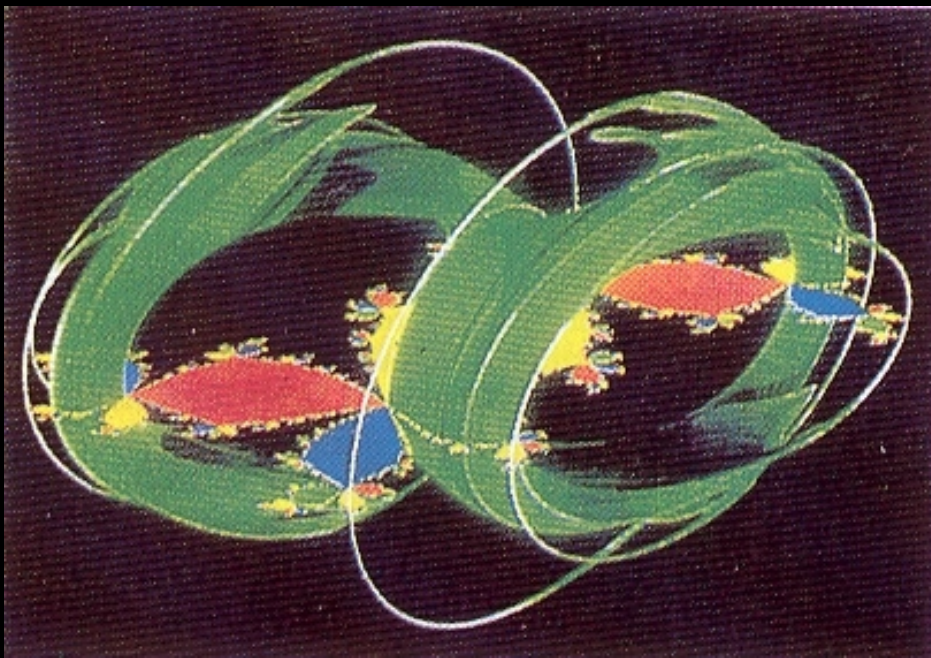
**Rozšíření komplexních čísel z 2D do 3D není možné,  
nejbližší vhodný prostor je čtyřrozměrný**

**Navzájem kolmé komplexní jednotky  $i, j, k$   
spolu se speciální algebrou**

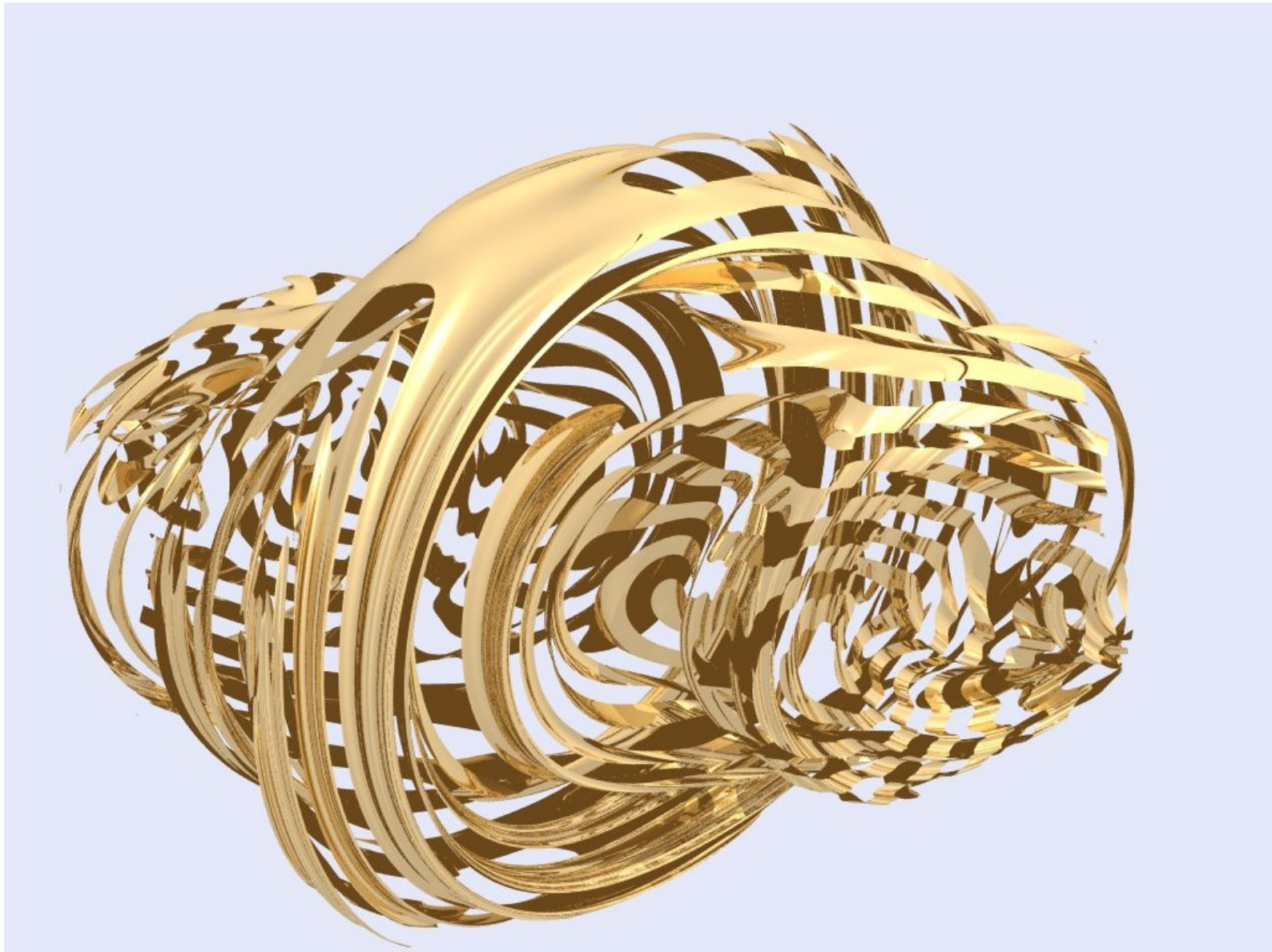


➡ [quat.zip](http://quat.zip)

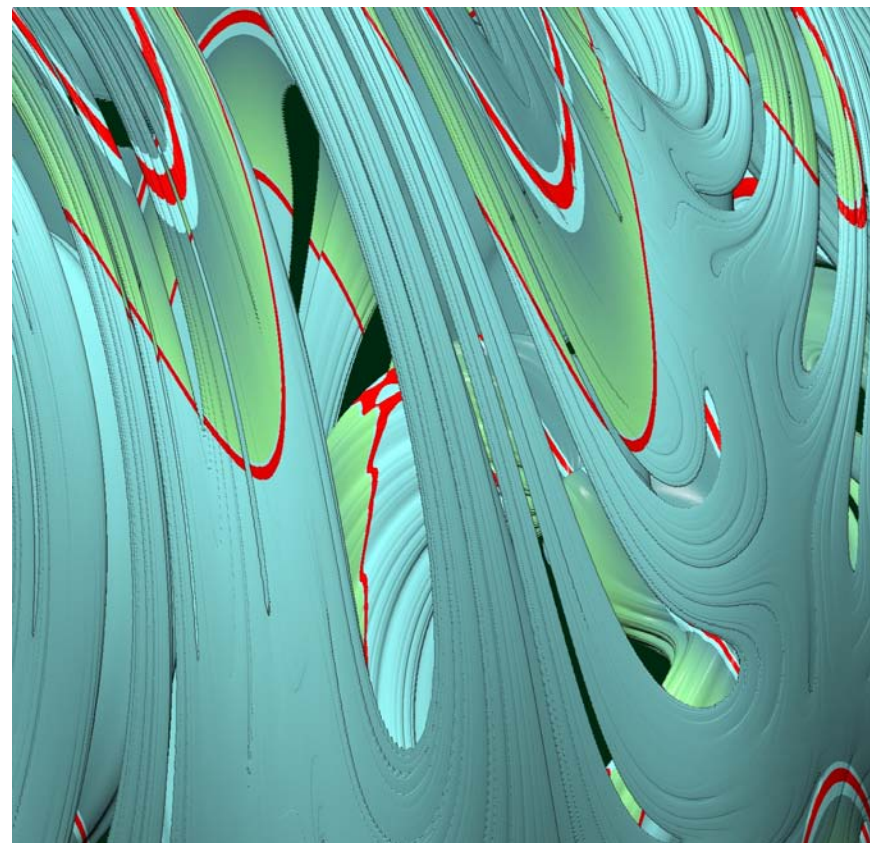
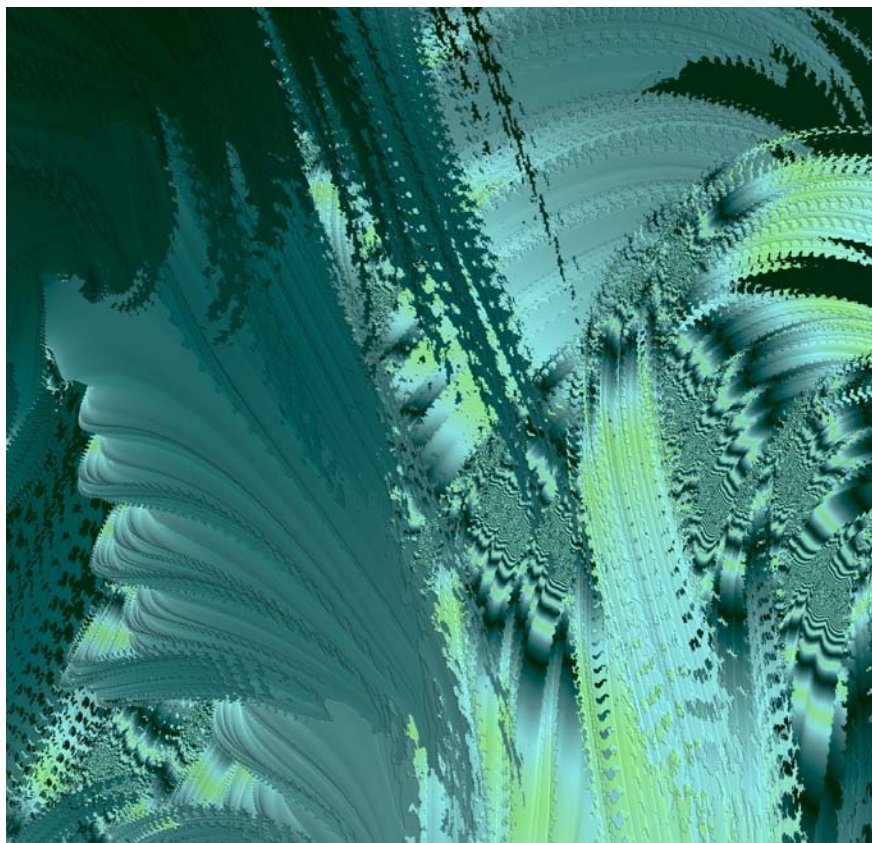




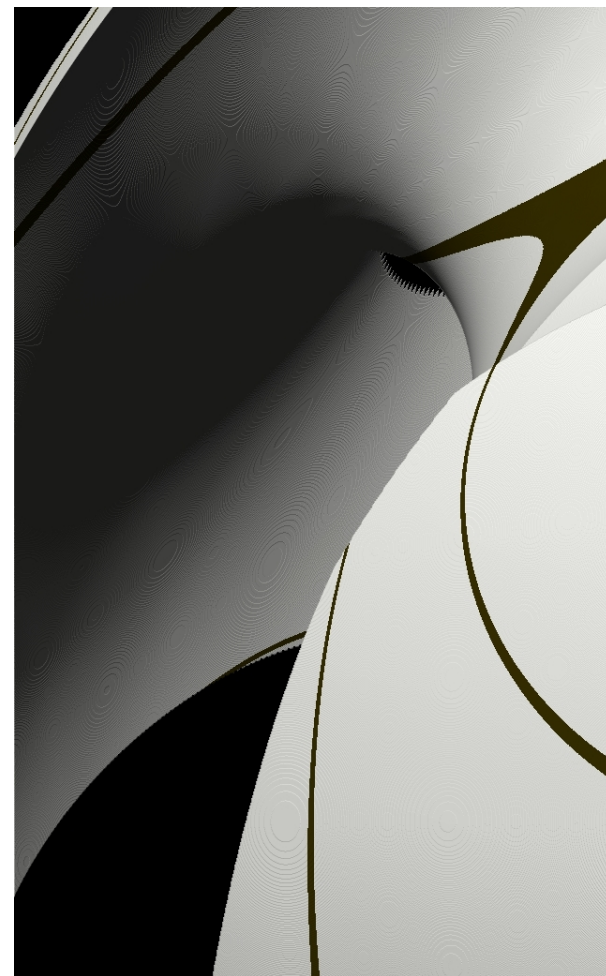






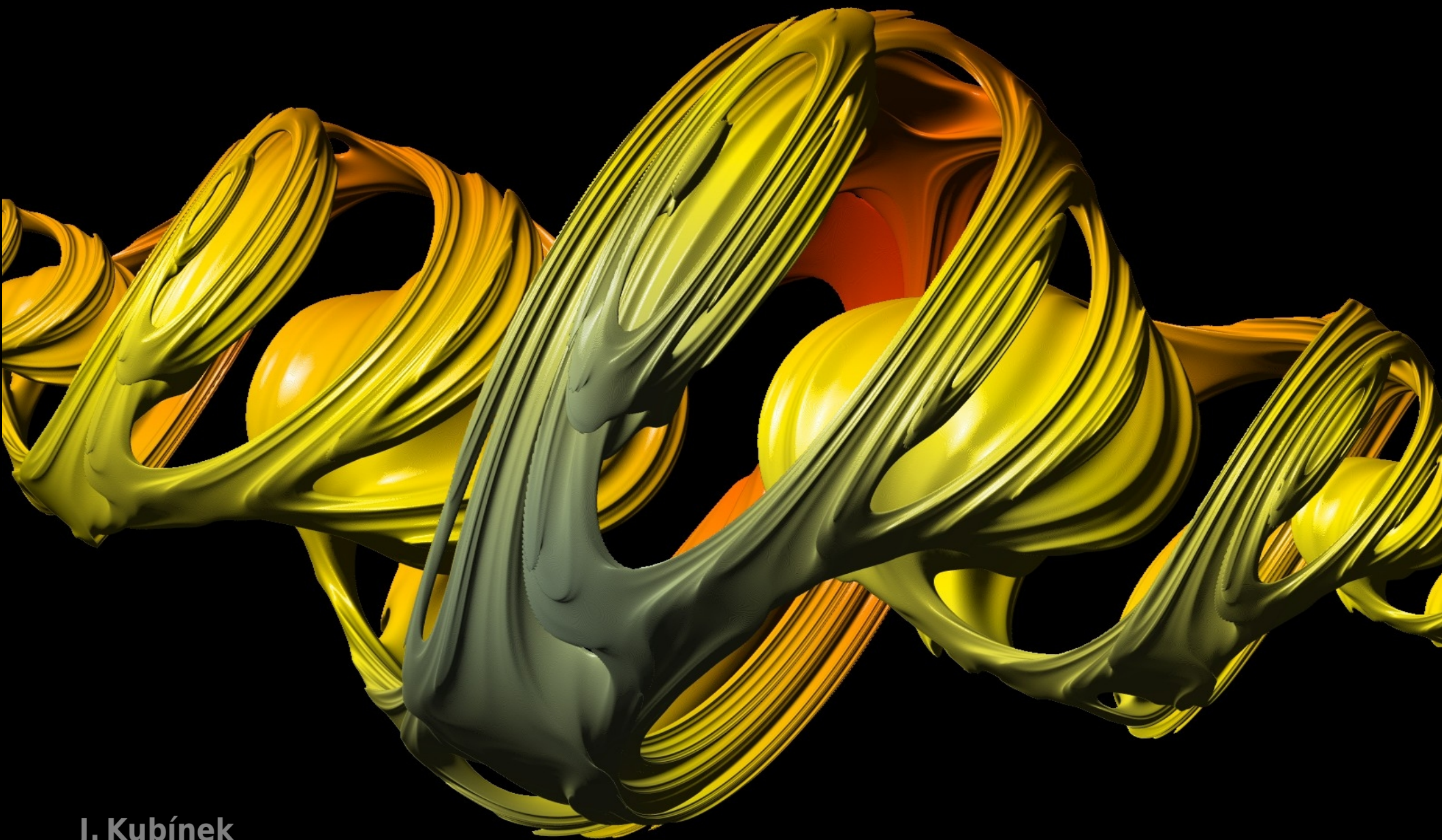


## T. Staudek: Fractionate

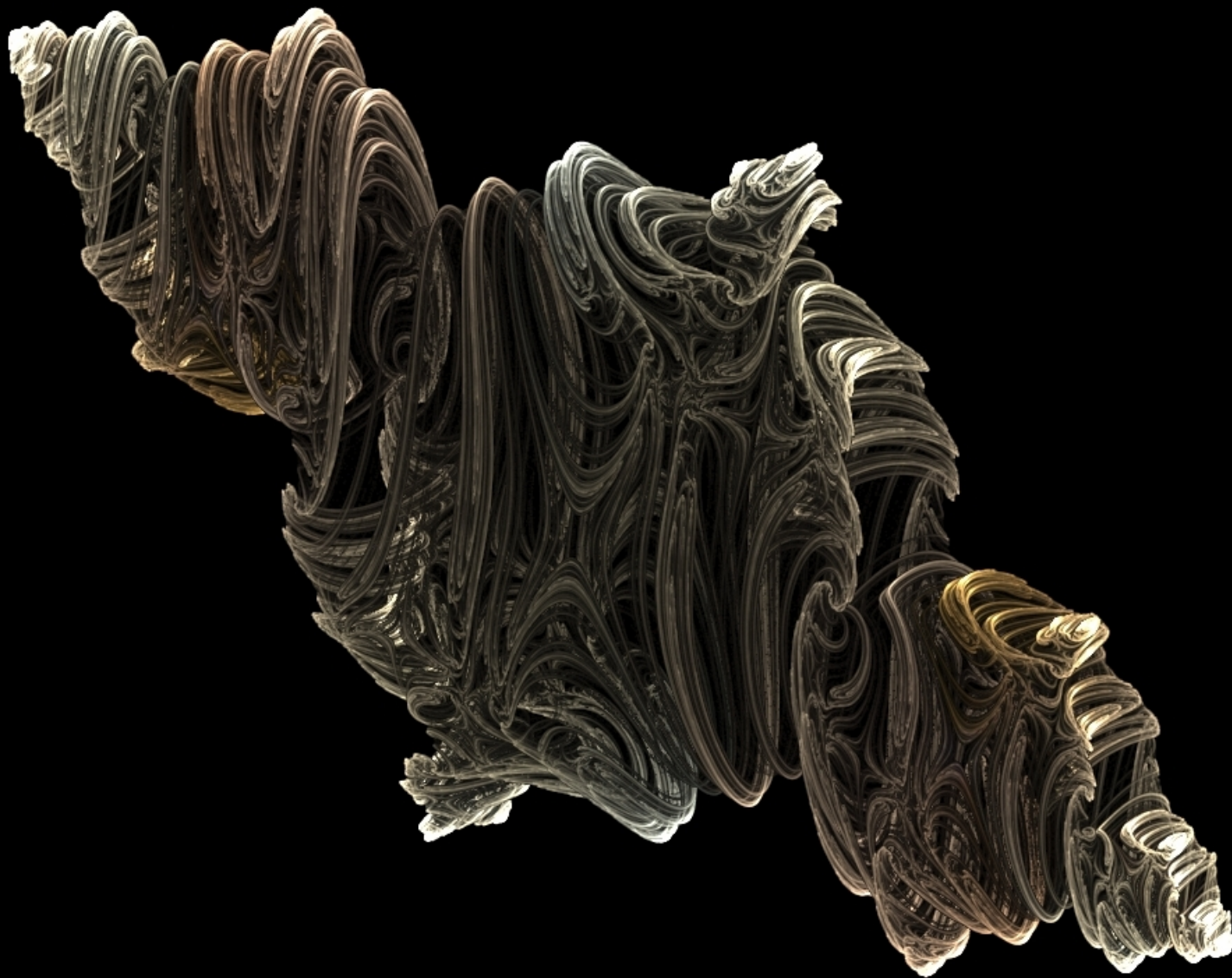


**T. Staudek: Quatermorphosis**



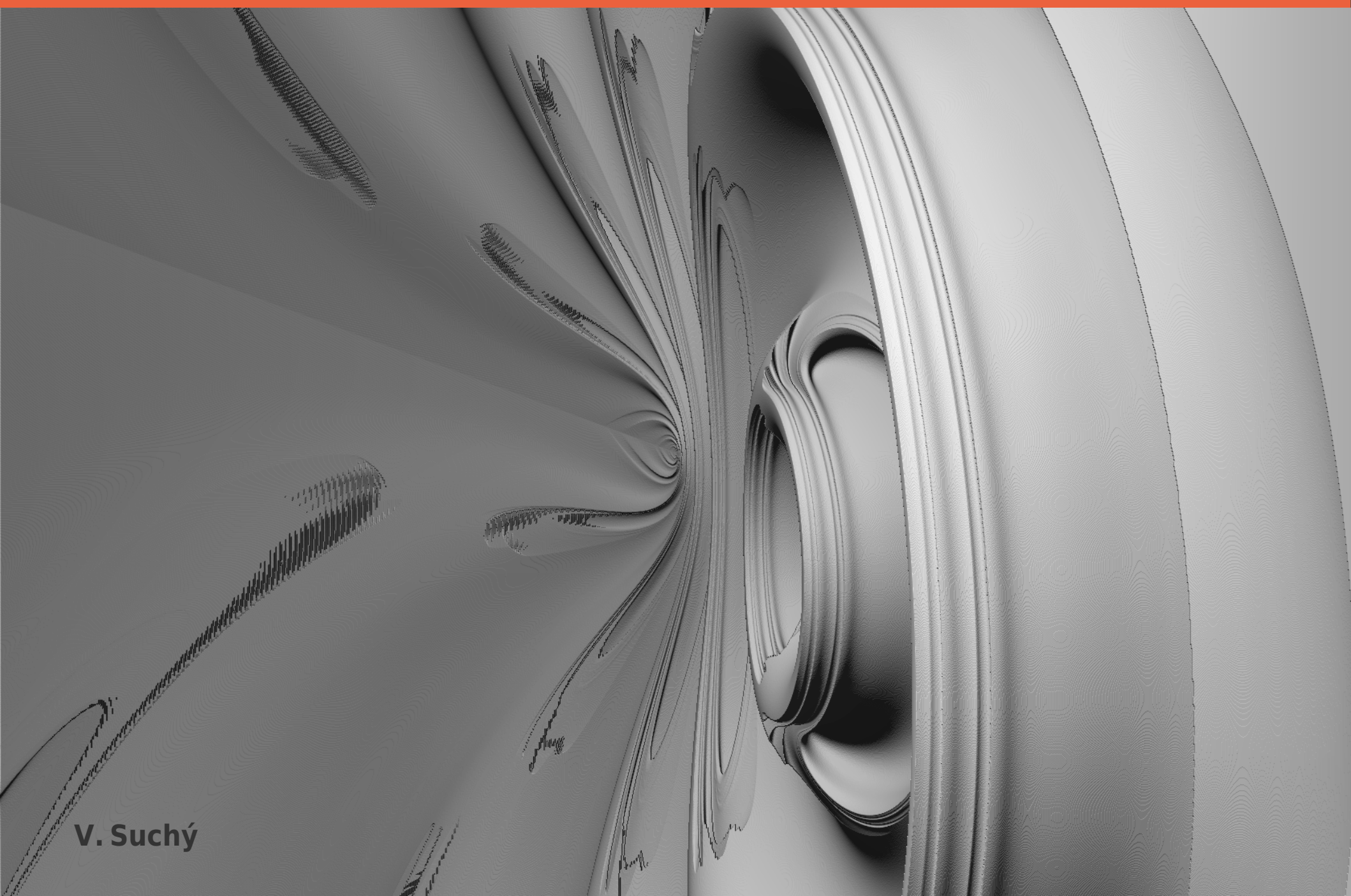


**J. Kubínek**



**R. Bartoň**





**V. Suchý**





**M. Minárik**



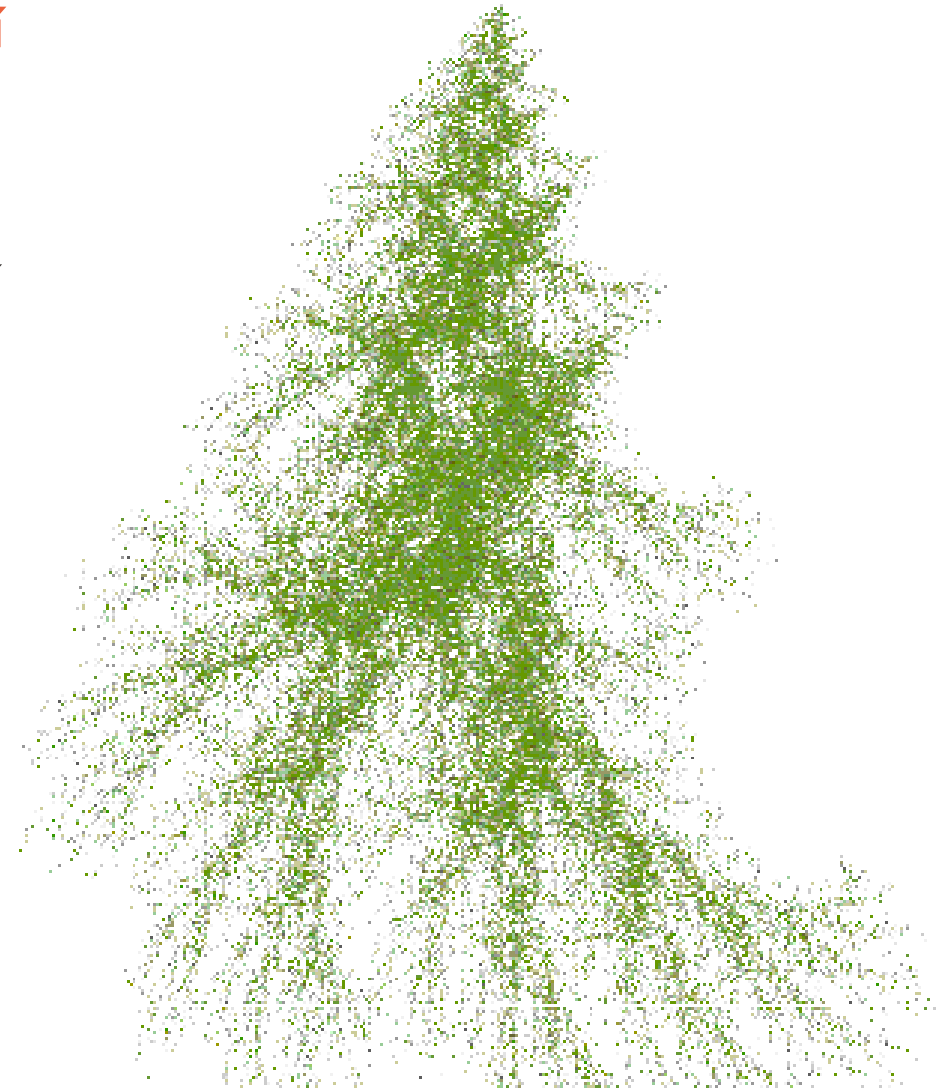
## Fraktály iterovaných funkcí

Michael Barnsley, 1985–1987

**Soběpodobnost :**  
**existuje zobrazení mapující**  
**celek na jednotlivé části**

$$A = \cup T_i(A)$$

**Fraktál je tvořen**  
**koláží zmenšených**  
**a transformovaných**  
**kopií s atraktorem A**

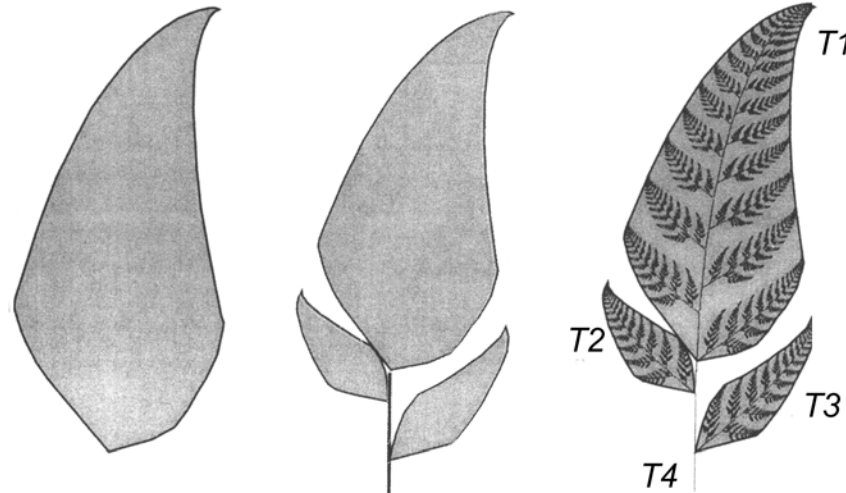




## Barnsleyho kapradina



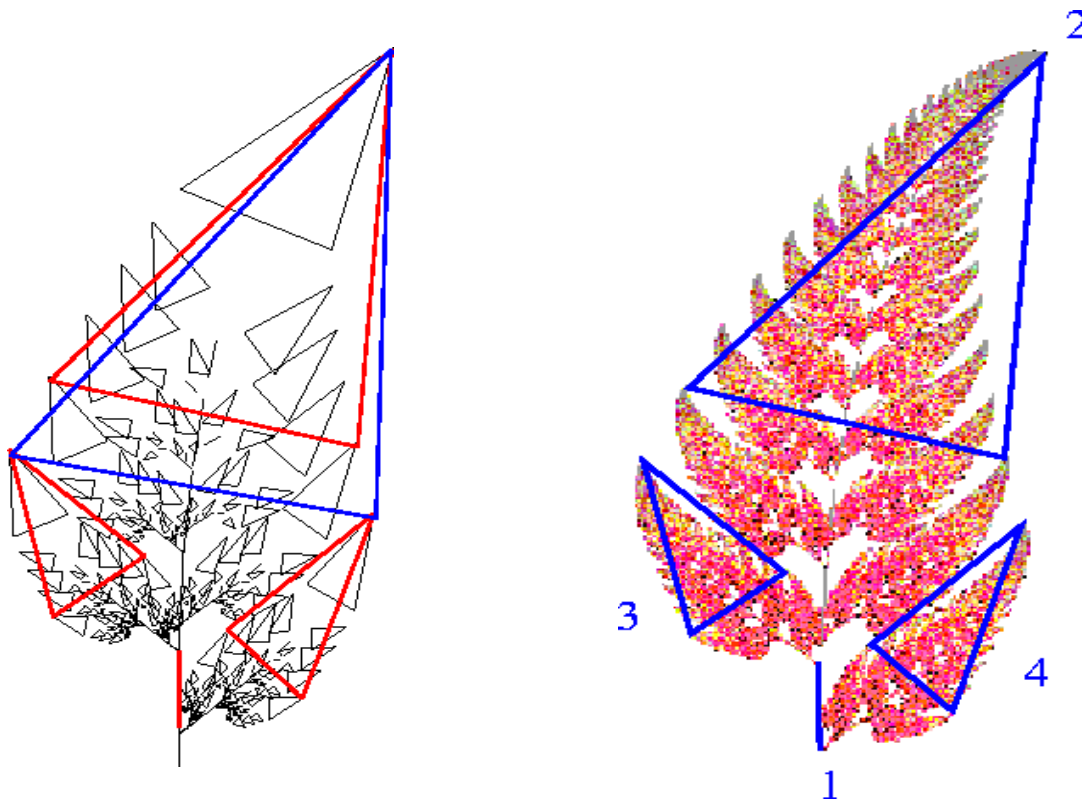
## Efekt neúplného pokrytí



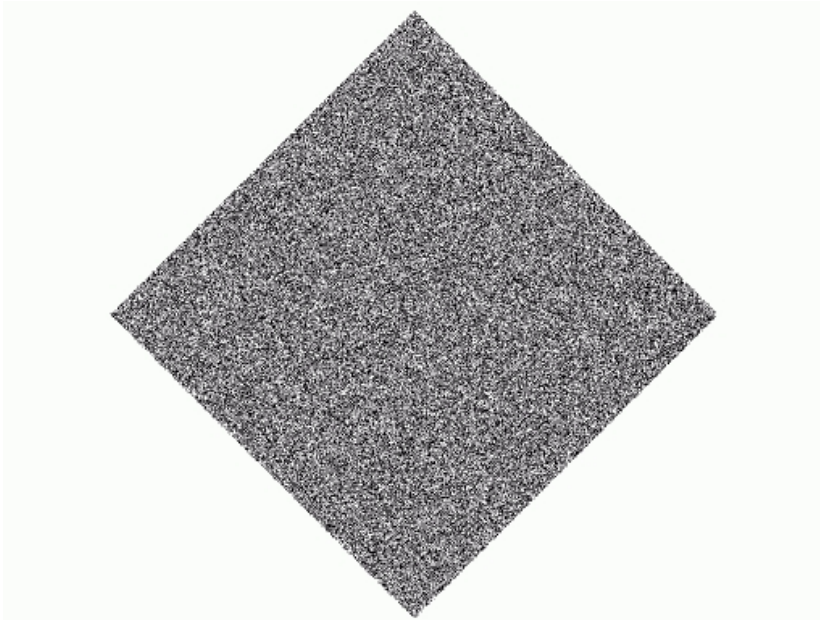
	$e$	$f$	$\phi$	$\psi$	$r$	$s$
1	0.0	1.6	-2.5	-2.5	0.85	0.85
2	0.0	1.6	49	49	0.3	0.34
3	0.0	0.44	120	-50	0.3	0.37
4	0.0	0.0	0	0	0.0	0.16

**Jak vypadají příslušné transformace ?**

**Pro určení matice transformace stačí trojice rovinných bodů – trojúhelníky**



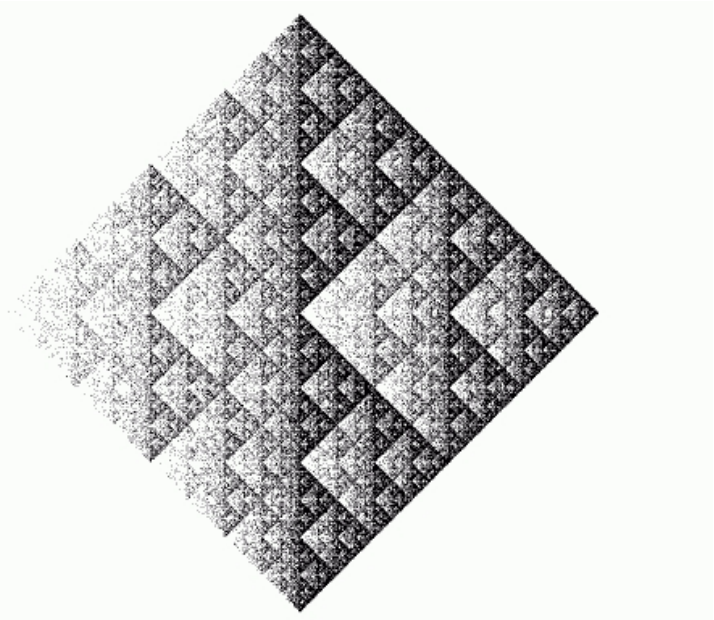
## Vliv různého rozložení pravděpodobností



$$P_i = 1/4$$

➔ [designifs.zip](#)

➔ [brazil.zip](#)



$$p_1 = 1/10, p_2 = 3/10$$

$$p_3 = 3/10, p_4 = 3/10$$

překrytí a neúplné pokrytí  
zlepšuje výtvarný efekt



## Zobecnění iterovaných fraktálů

Scott Draves, 1992

### Rozšíření o další funkce a variace :

- **logaritmický histogram složitosti výpočtu**
- **barva jako samostatný rozměr**
- **rotační, osové a jiné důmyslné symetrie**
- **možnosti filtrace a průsvitů**
- **prodloužená expozice**
- **fraktální morphing**

➔ [apophysis.zip](http://apophysis.zip)



**L. Vondruška**



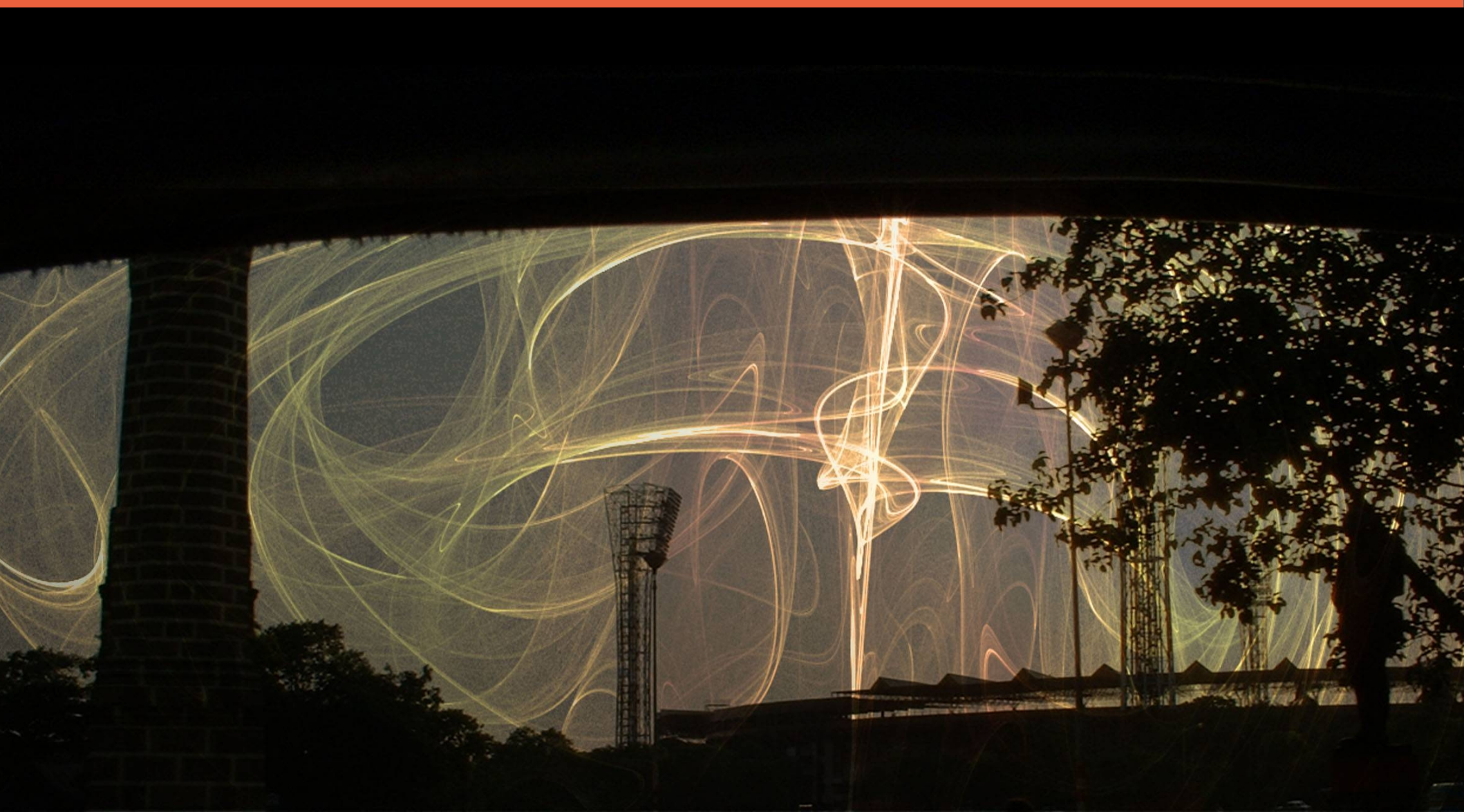


S. Rosa





A. Vlček



L. Jedlička





**R. Hernych**



## *Electric Sheep*

### **Distribuovaný výpočet animací složitých iterovaných fraktálů**

Sdílené projekty počítá nevytížený procesor,  
výstupy zobrazovány jako spořič obrazovky



<http://electricsheep.org/>

## **Matematický chaos**

**Neperiodické, dlouhodobě nepředvídatelné chování deterministických nelineárních dynamických systémů**

**Předpoklad chaosu:**

**citlivost na počáteční podmínky**

**Chování se jeví jako náhodné, přestože model neobsahuje žádné náhodné parametry**

– dynamika kosmických těles, vývoj populace, změny klimatu, ekonomické modely...

## Postupná iterace počátečních podmínek

$$x_{n+1} = r x_n$$

Hodnota  $n$ -tého členu závisí exponenciálně na počáteční hodnotě  $x_0$

$$x_n = r^n x_0$$

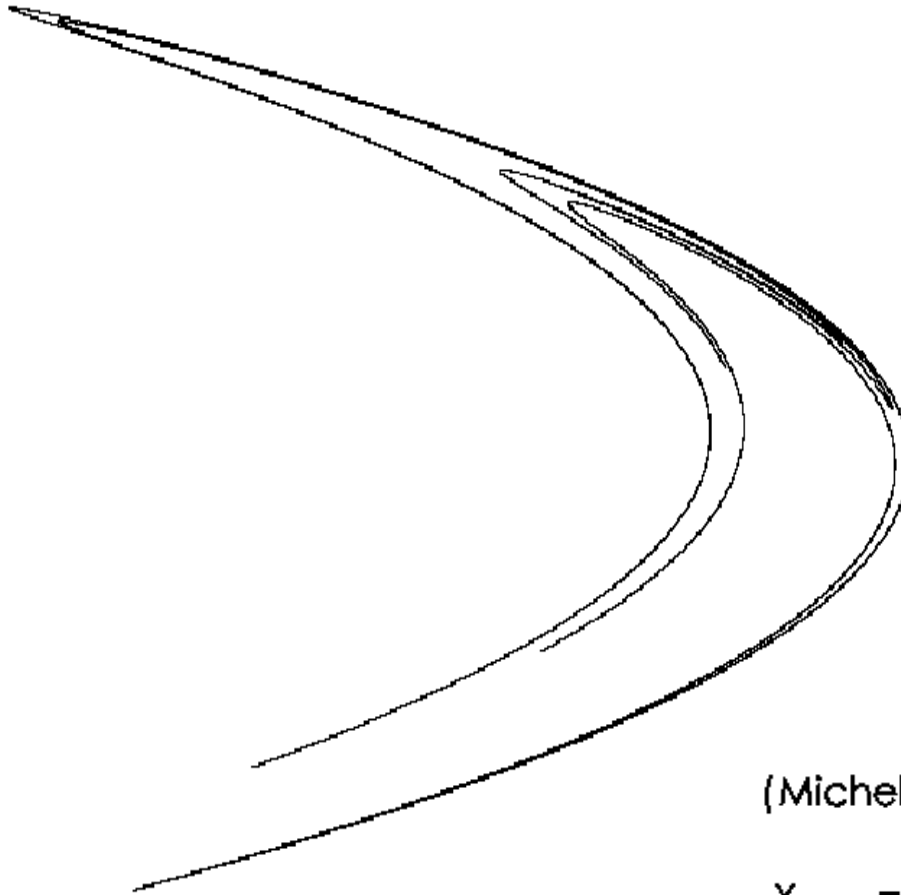
## *Atraktor*

Stav, k němuž dynamický systém z dlouhodobého hlediska spěje

Graficky: bod, křivka, periodická křivka, fraktál, chaotická mapa, limitní povrch...



## Hénonova mapa



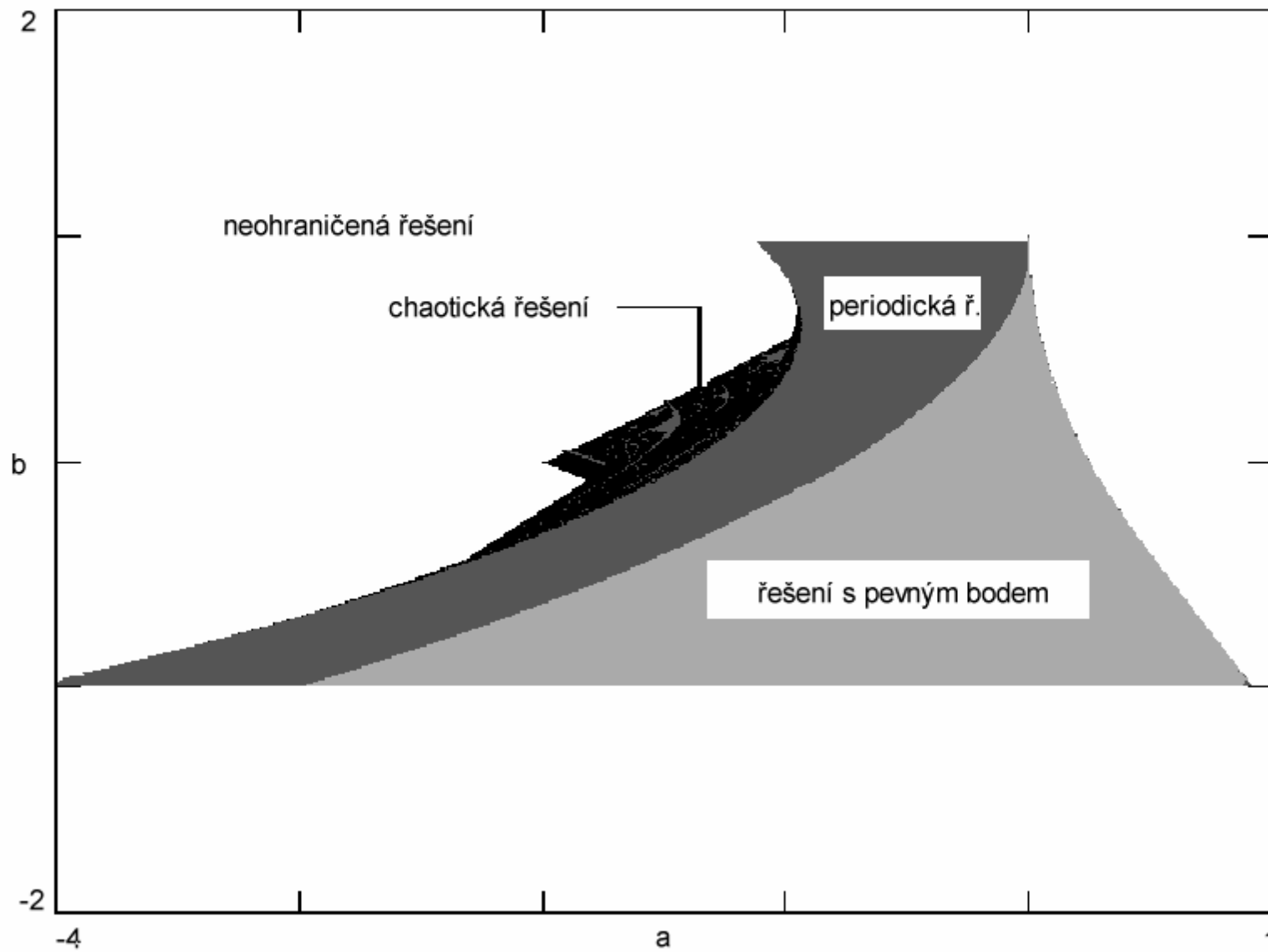
(Michel Hénon 1976)

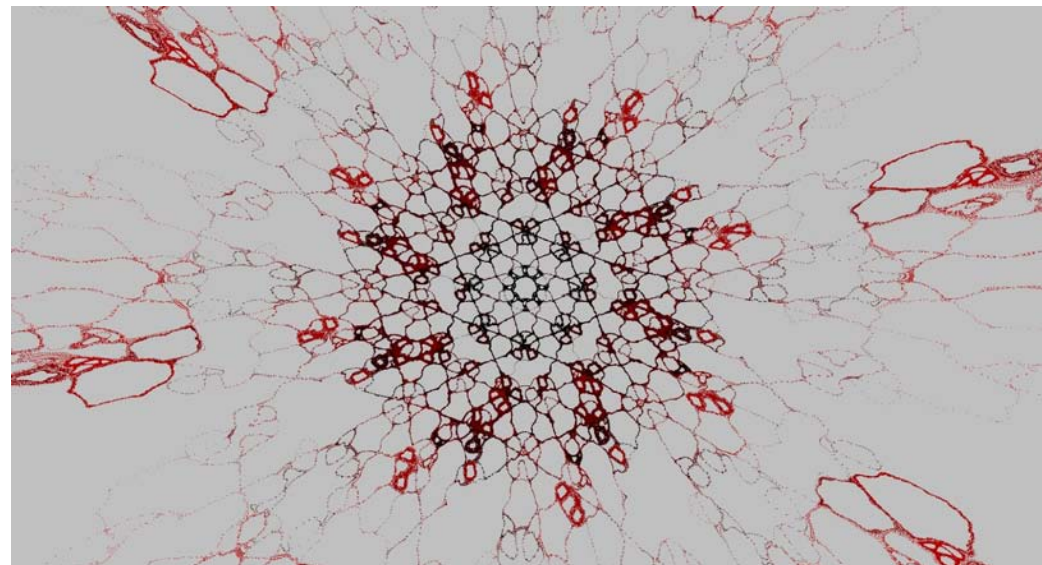
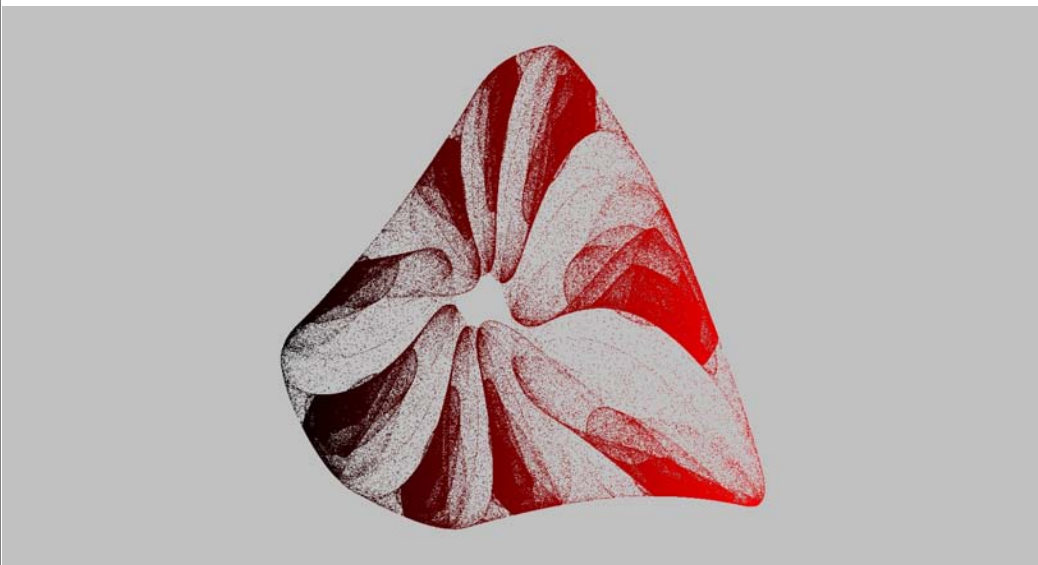
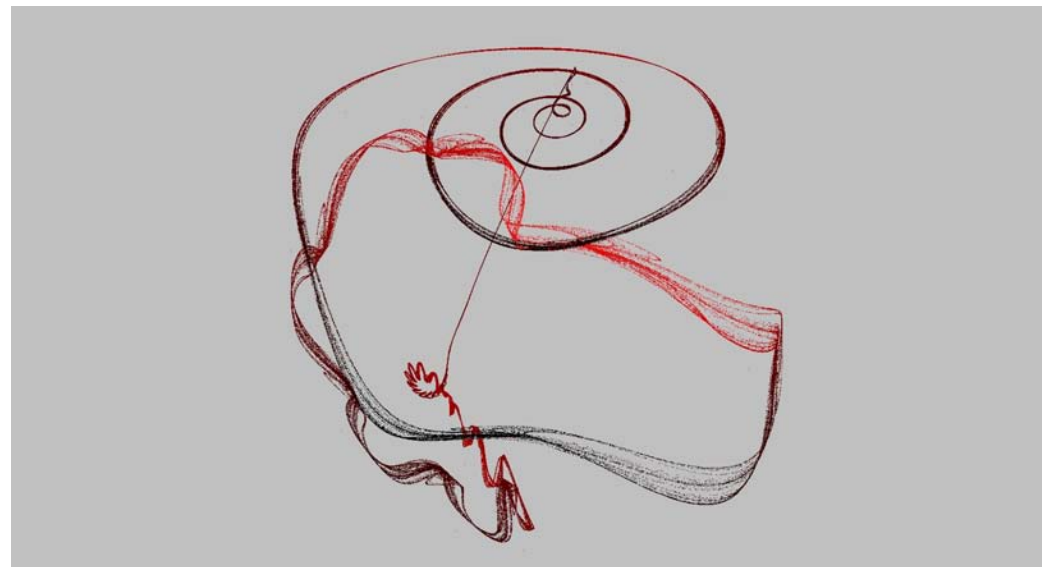
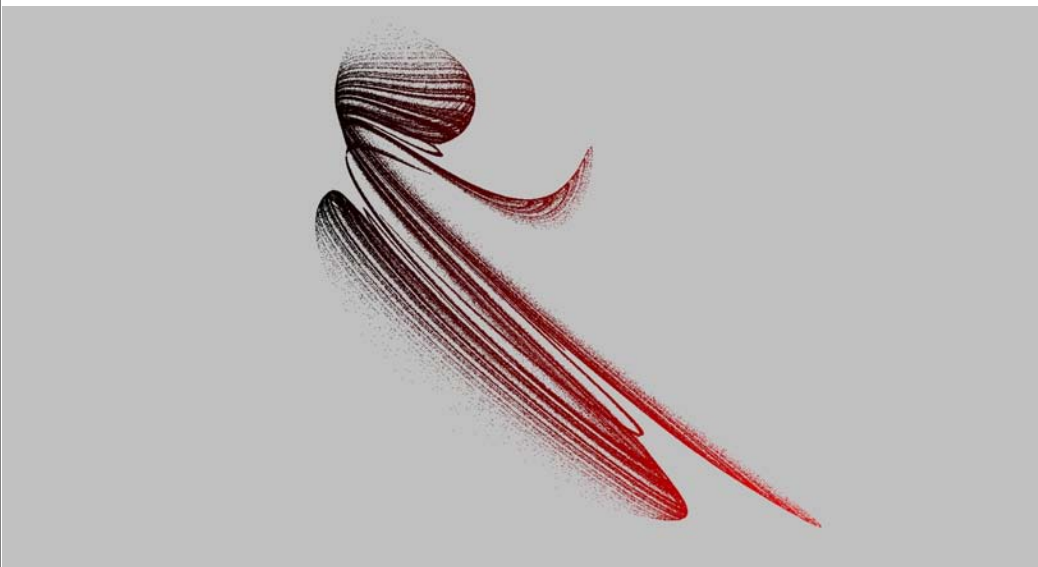
$$X_{n+1} = 1 + aX_n^2 + bY_n$$

$$Y_{n+1} = X_n$$

$a = -1.4$  and  $b = 0.3$ .

# Chaos jen v omezeném prostoru parametrů

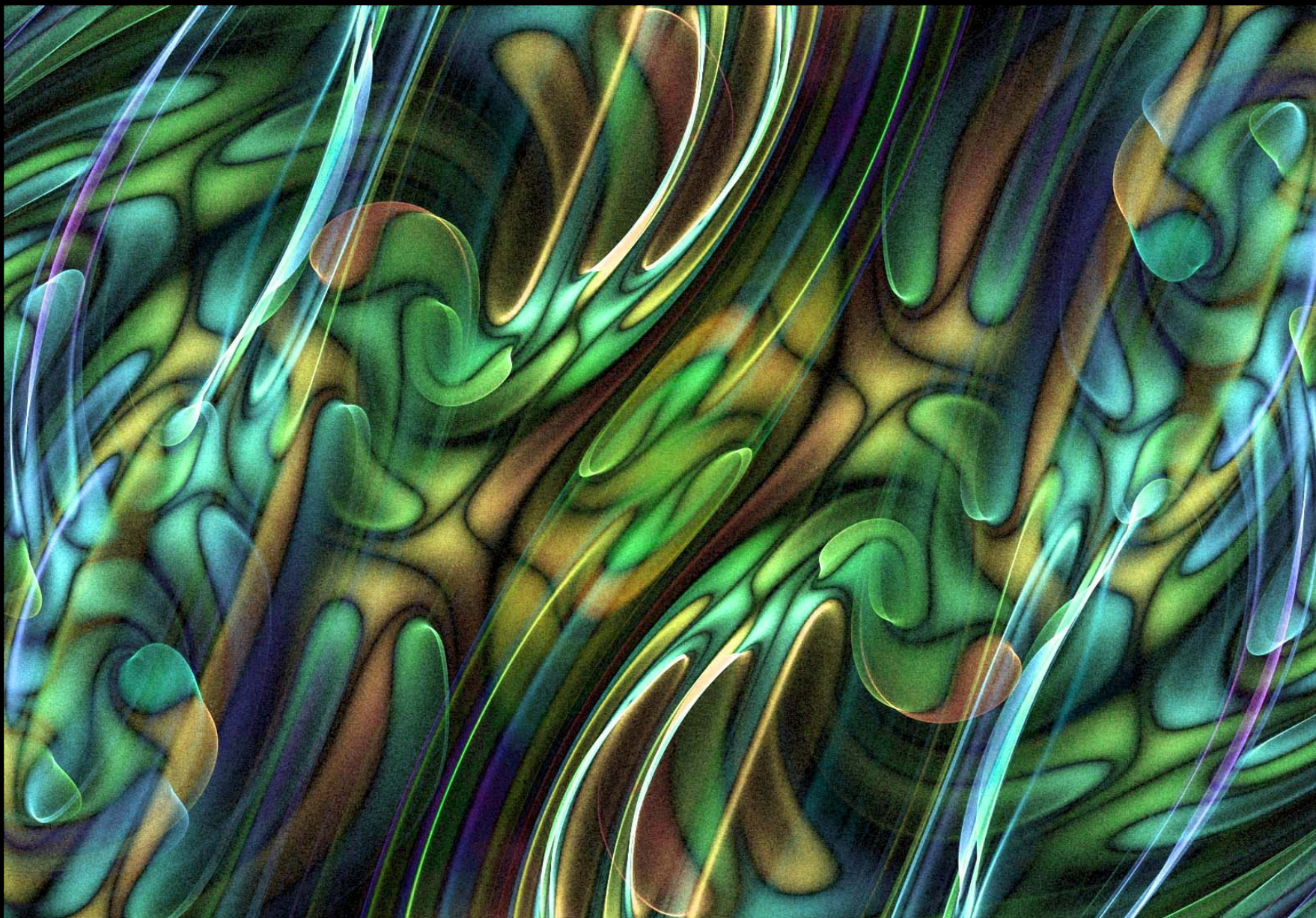




➤ [chaoscope.zip](http://chaoscope.zip)

➤ [attract.zip](http://attract.zip)





**T. Mrkvička**





J. Smrček



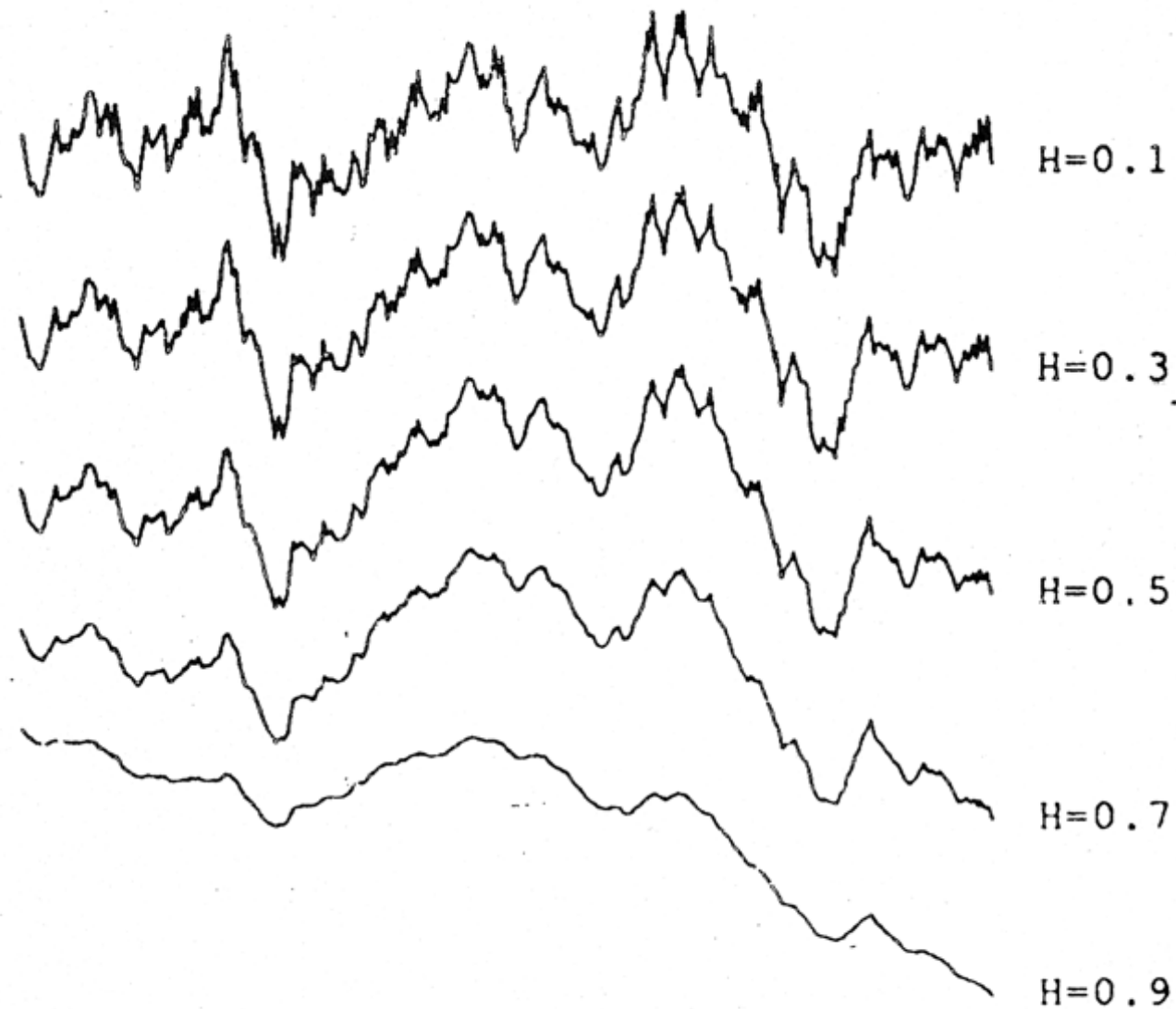
**P. Kubík**





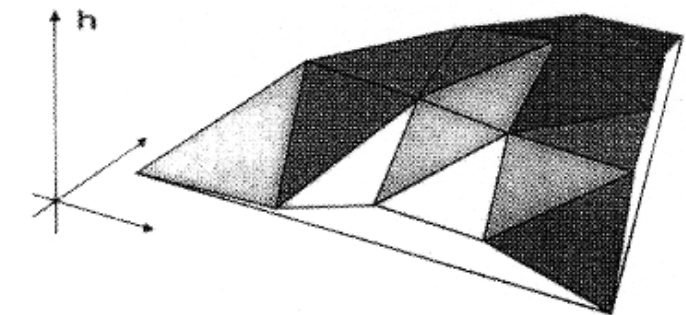
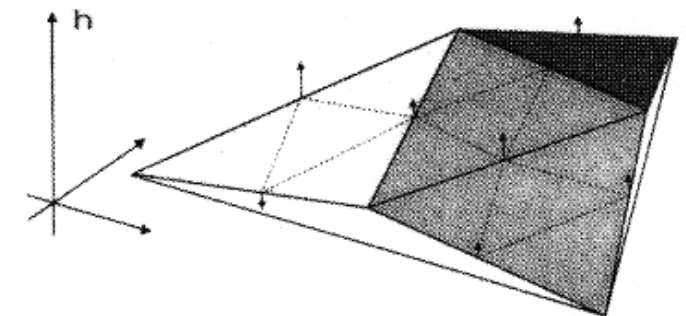
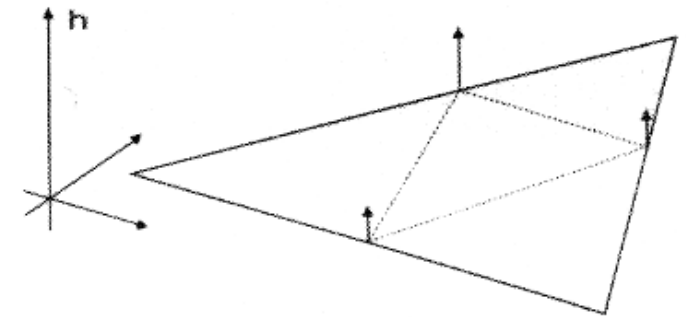
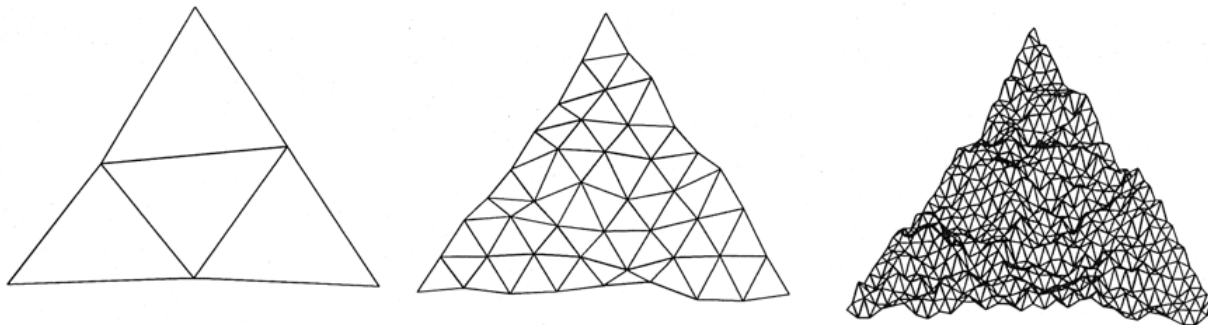
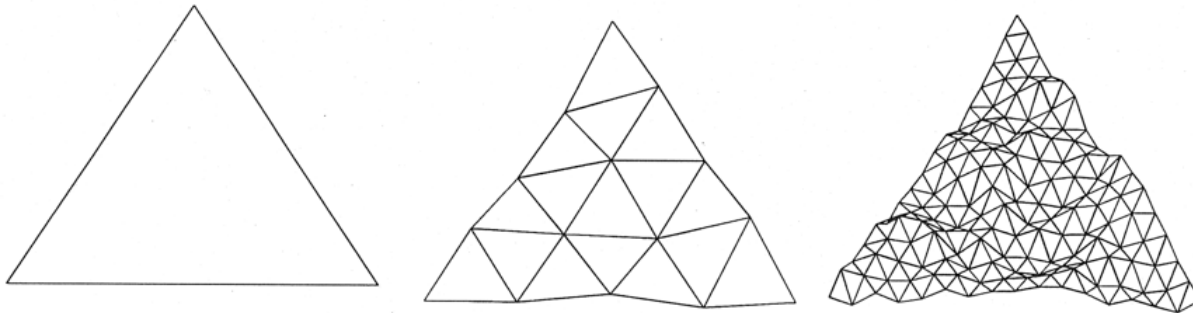
**J. Pinter**

## Fraktální krajina



# Rozšíření na plošné útvary a do prostoru

➔ [terrigen.zip](http://terrigen.zip)

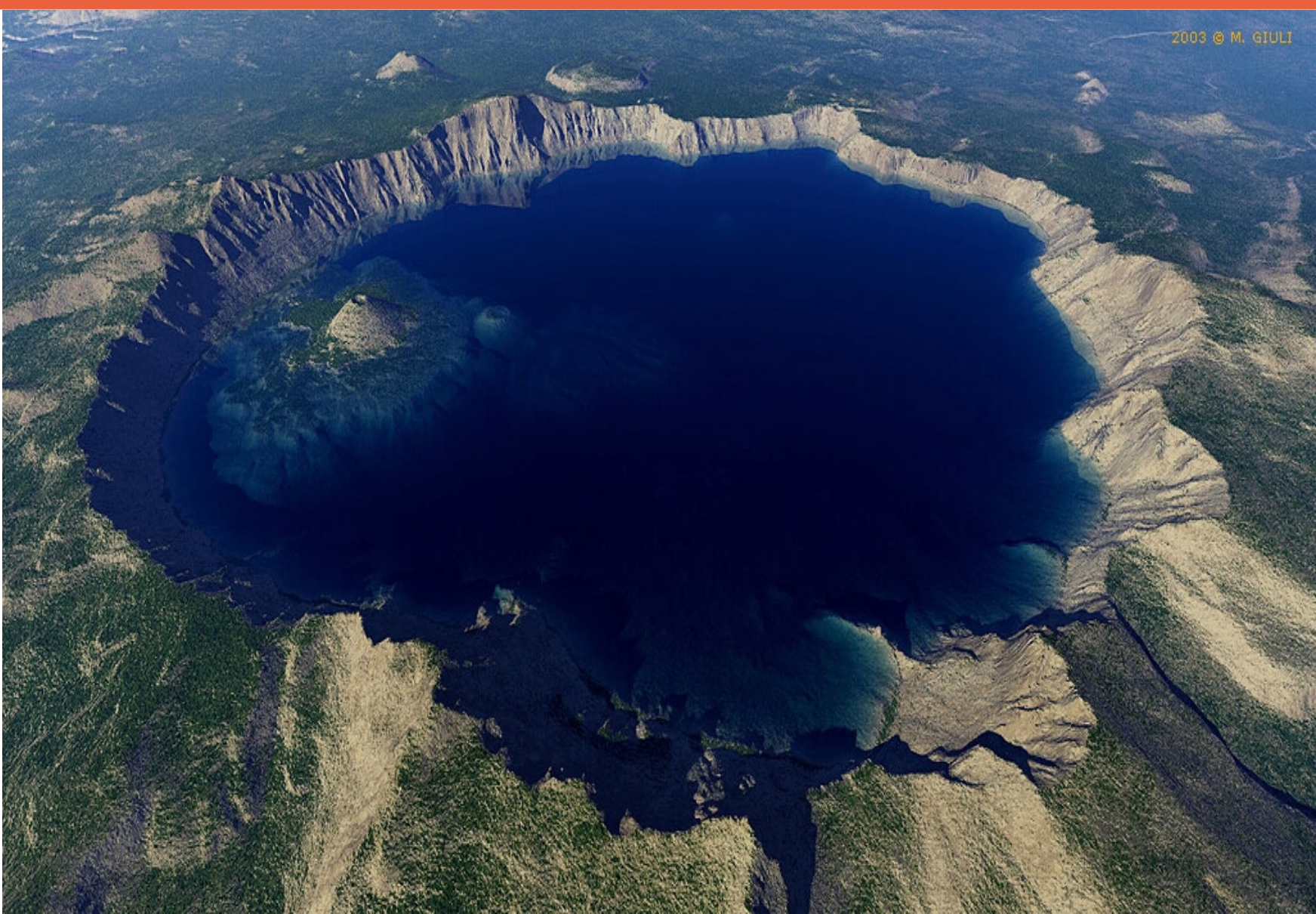






## I. Serba





**M. Giuli**





## O. Martinský

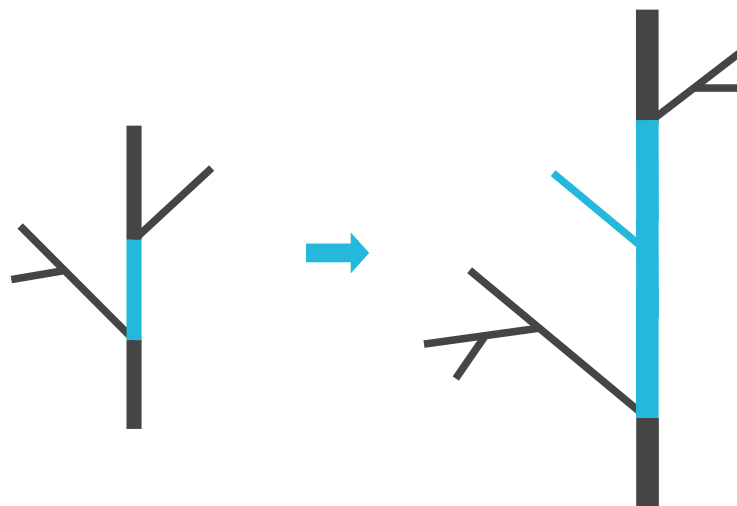


## Lindenmayerovy systémy

generativní aparát pro růst rostlin

A. Lindenmayer, 1968

P. Prusinkiewicz, 1978



**Rostlinná morfologie podle způsobu růstu a větvení,  
charakteru květenství, typu listů, reakcí na vnější vlivy...**

## Přepisovací gramatika

**$L = (V, P, S)$**

**$V$**  konečná abeceda symbolů

**$P$**  konečná množina pravidel  $A \rightarrow \alpha$ ,  $A \in V$ ,  $\alpha \in V^*$

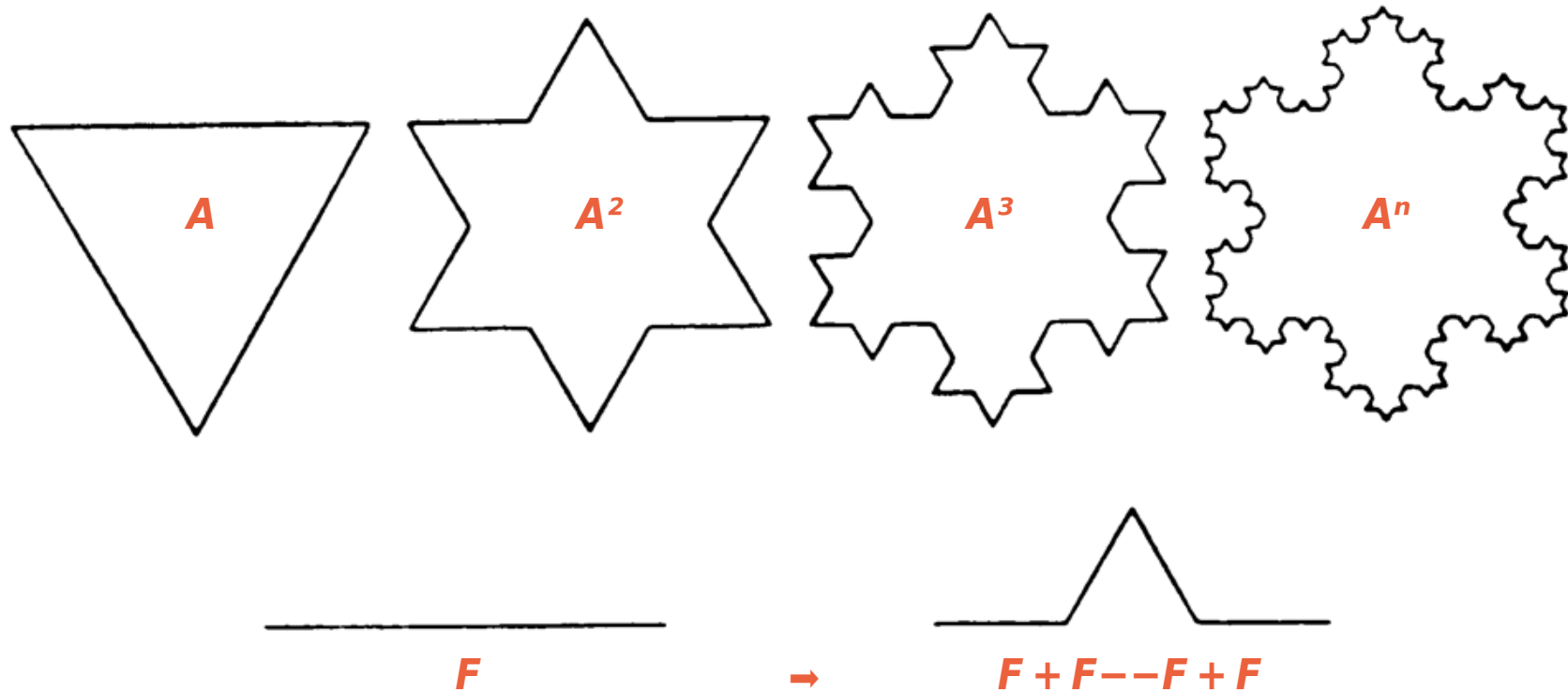
**$S$**  axiom  $S \in V^+$

**Derivace  $\rightarrow$**

**paralelní přepis všech symbolů  $X \in \alpha$  řetězci  $\gamma$ ,  
kde  $X \rightarrow \gamma \in P$**

$L = (\{A, F, +, -\}, \{A \rightarrow F--F--F, F \rightarrow F + F--F + F\}, A)$

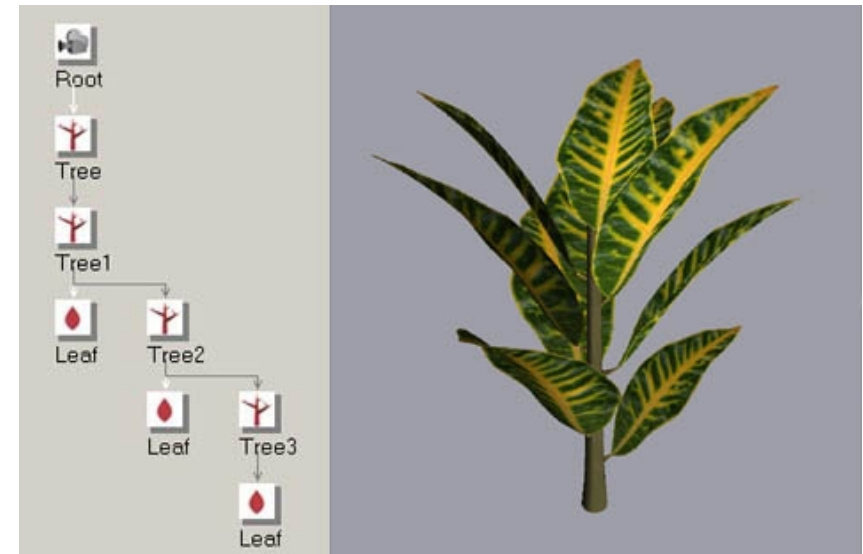
Kochova vločka



**„Želví grafika“**

grafický interpret vygenerovaného řetězce





<http://algorithmicbotany.org/Istudio/>

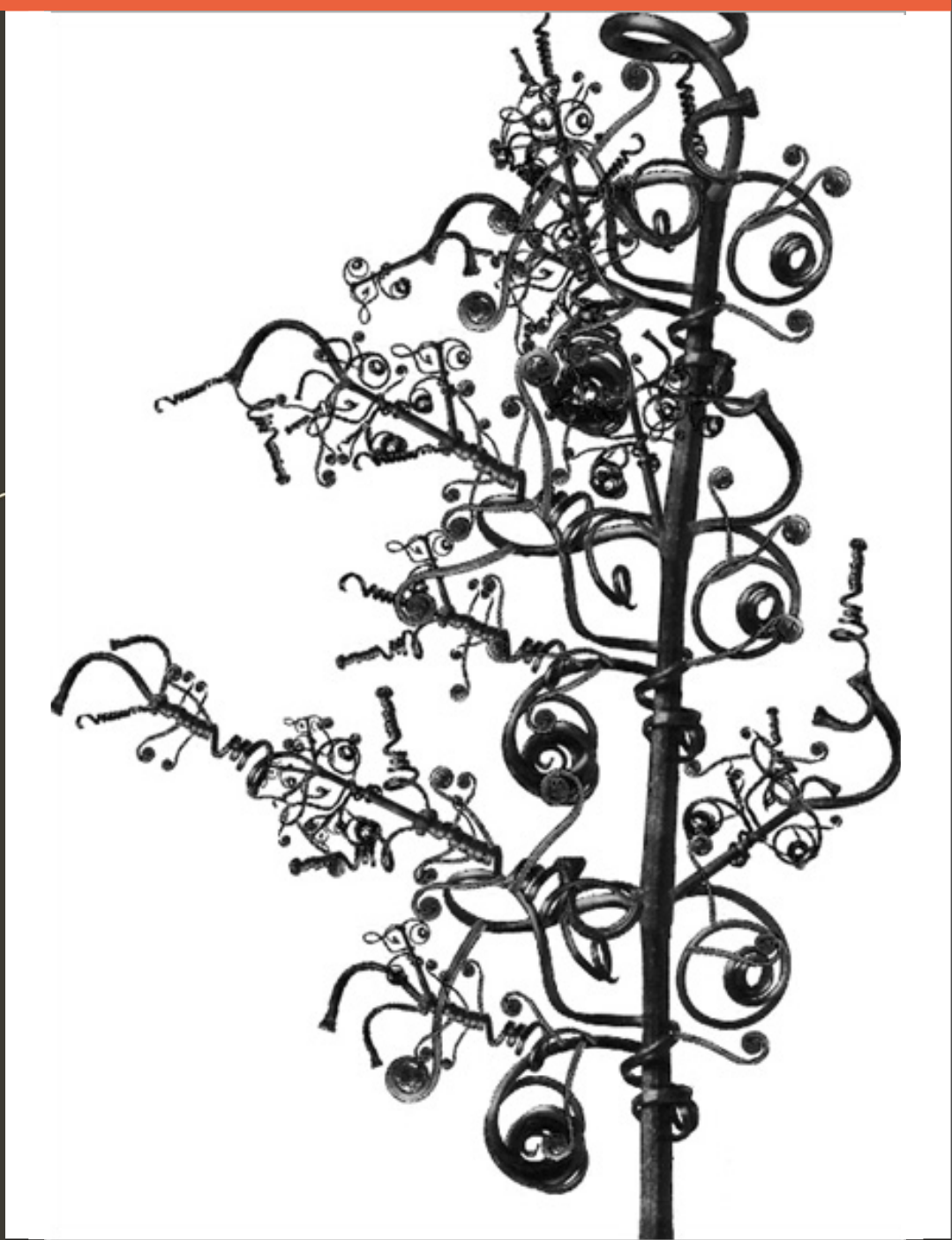


➔ [lssystem5.zip](#)

➔ [linsys3d.zip](#)

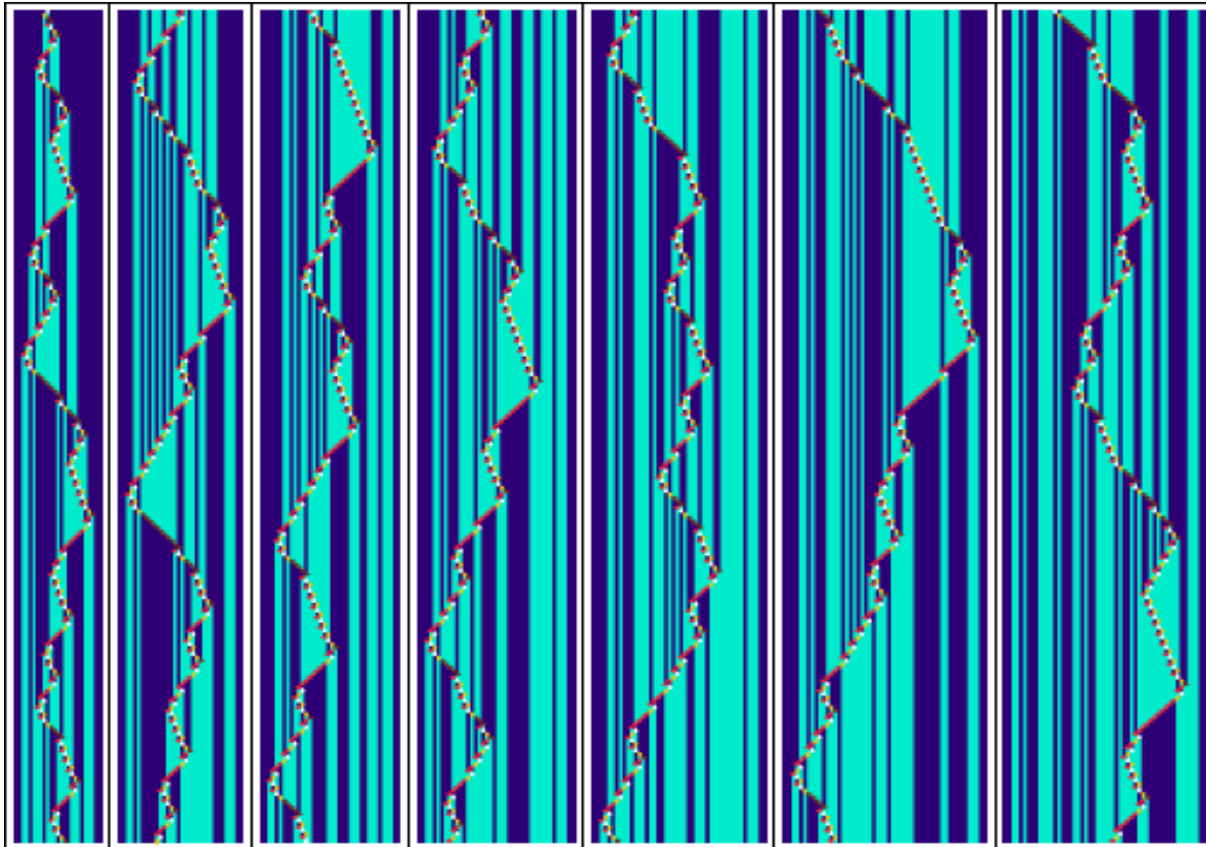


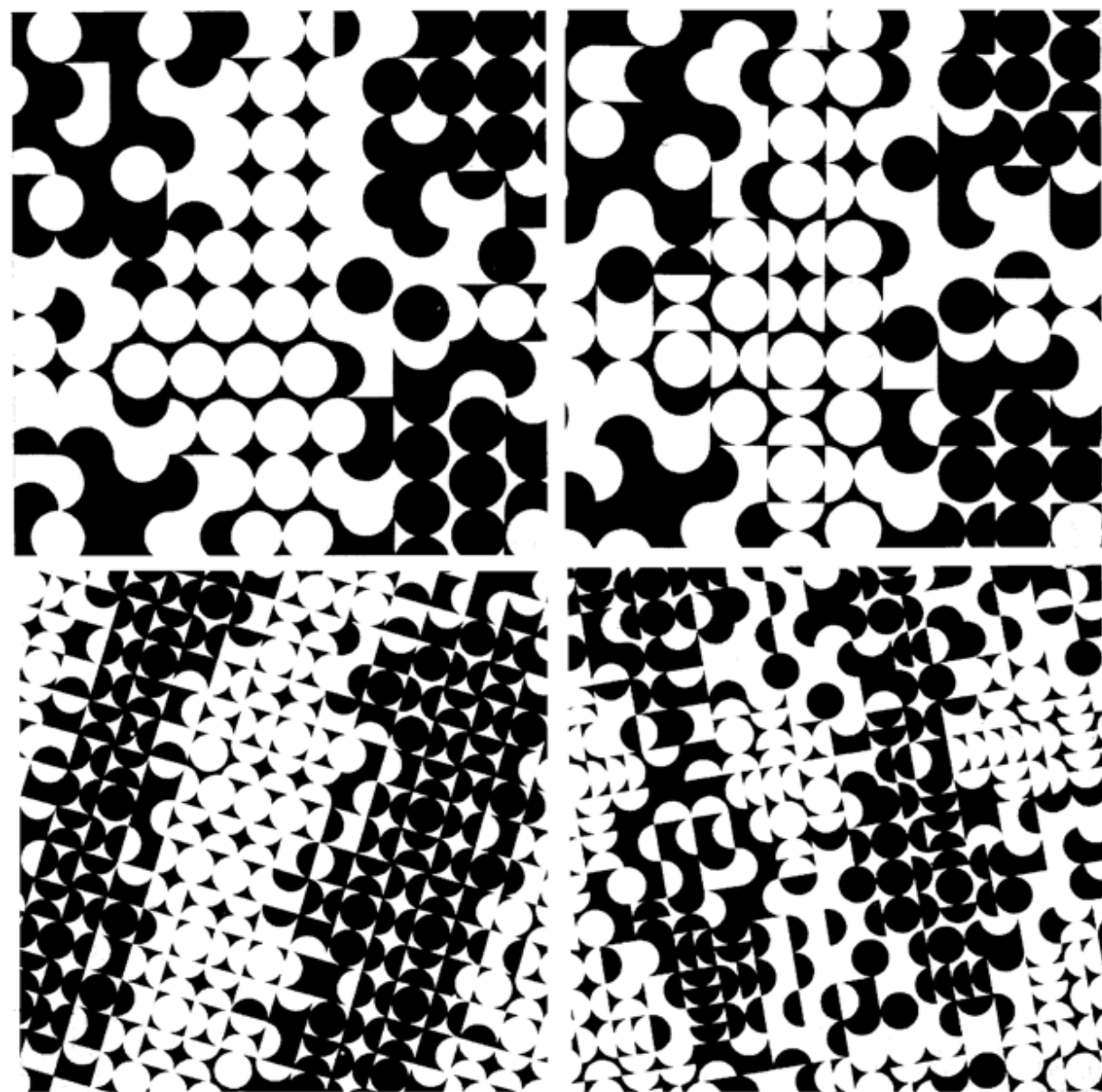




## Obnovuje se zájem o **generovanou tvorbu**

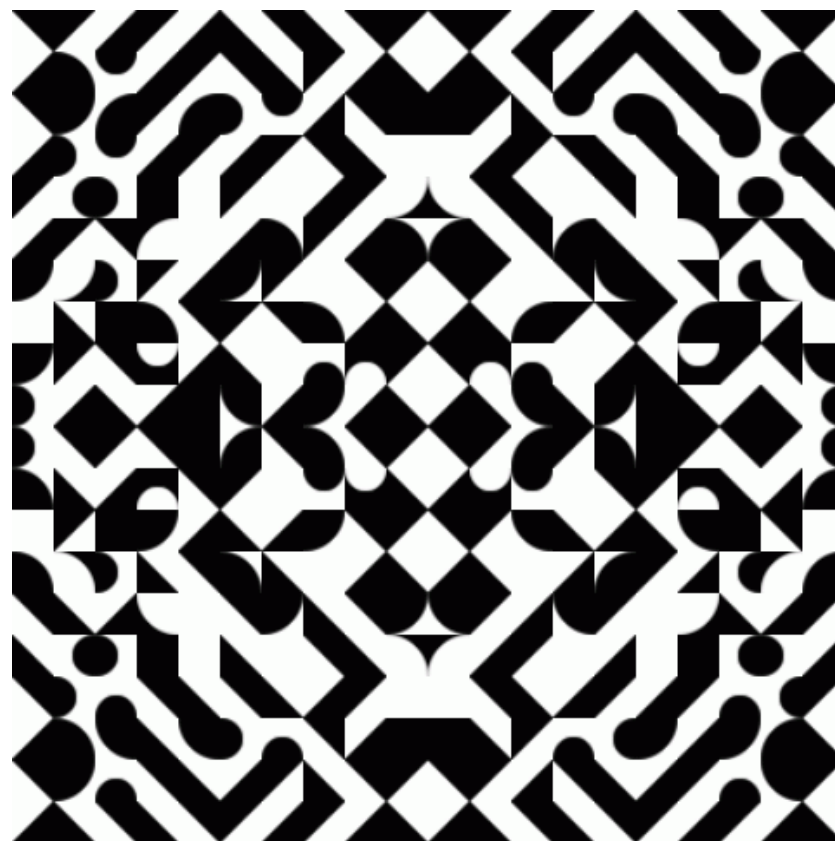
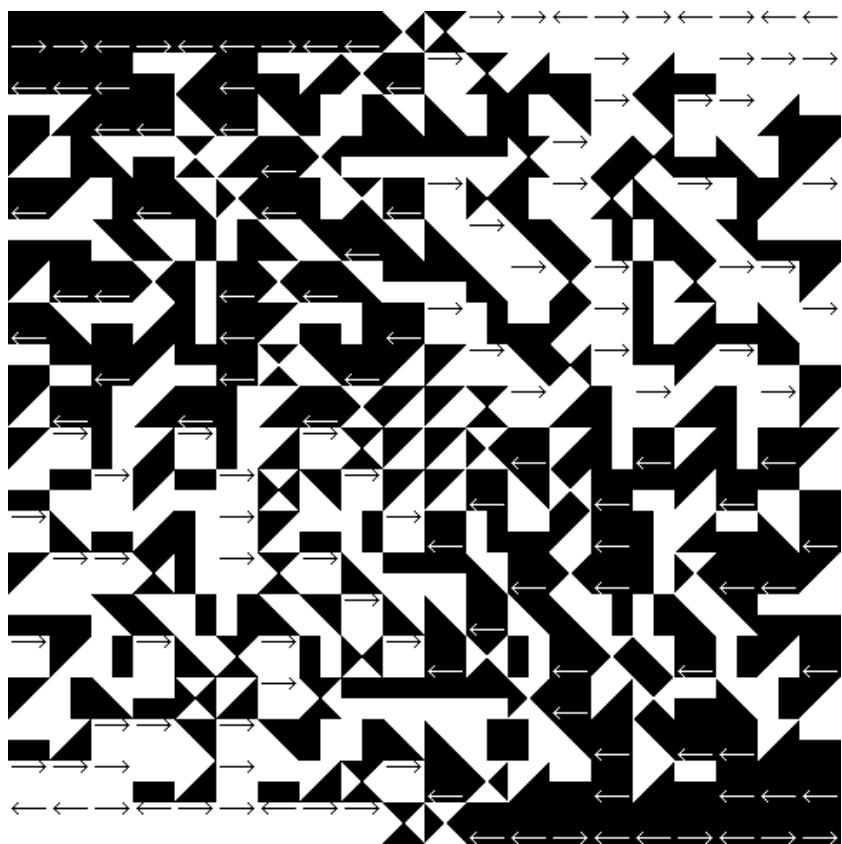
E. Grabska, M. Szyszkowicz: kreslicí automat  
na bázi Turingova stroje s *fuzzy logikou*





Z. Sýkora, *prog. J. Blažek* :  
Struktury

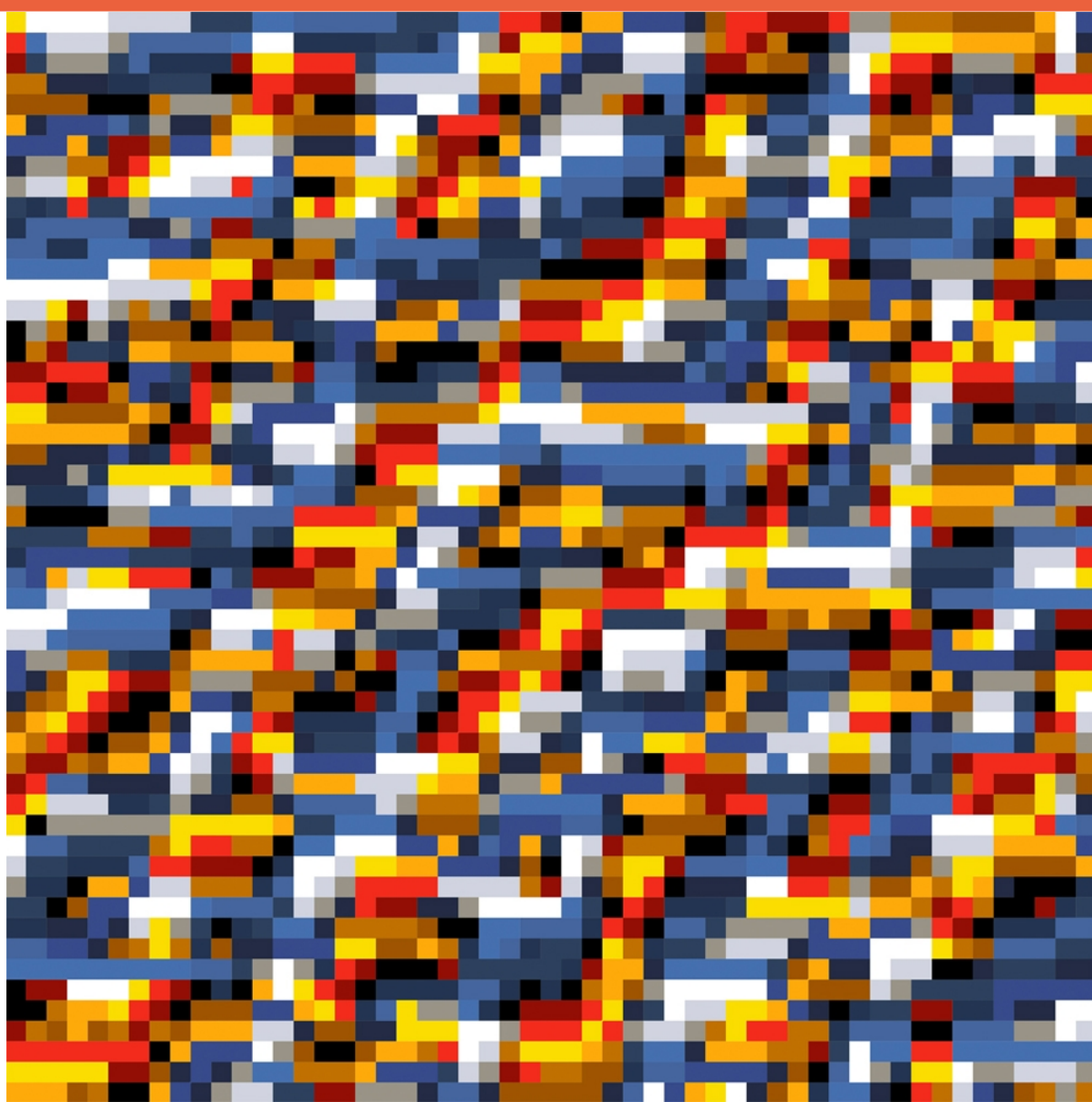




**T. Staudek, prog. P. Machala :**  
**Struktury + pravidla**

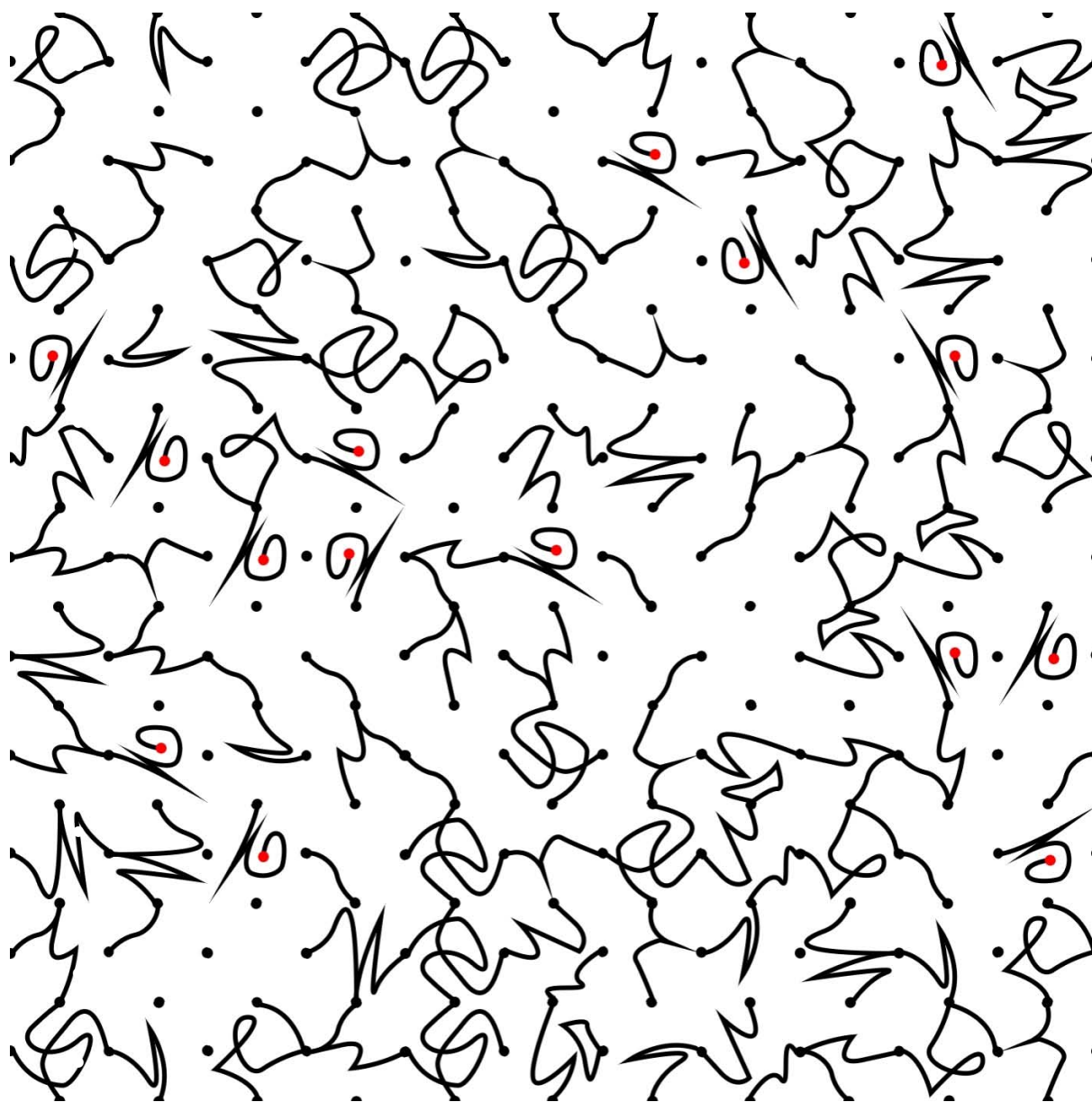
## Postup tvorby

- **výběr repertoáru znaků**  
a zejména jejich pečlivé označování
  - **volba parametrů obrazu**  
rozměry plátna, způsob umístování znaků
  - **tvorba konstrukční gramatiky**  
bezkontextová přepisovací pravidla
  - **definice evokačních kritérií**  
jas, kontrast, barevnost ...
  - **estetické hodnocení**  
optimalizace obrazu
- ➔ [chmess.zip](#)
- ➔ [arthur.zip](#)



T. Staudek : Colorwaves



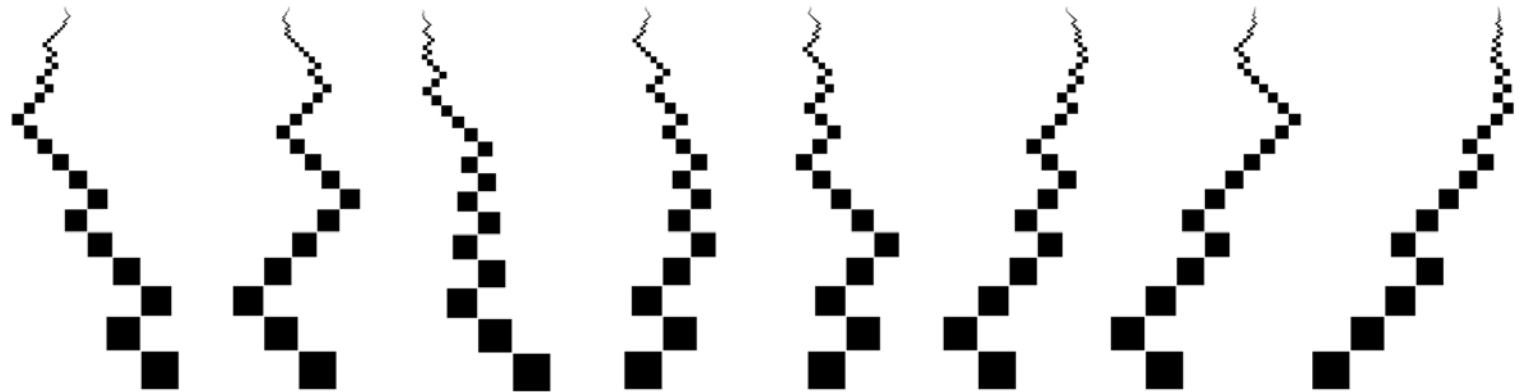


M. Šolony

## Jednoduchý jazyk pro generování vizuálních struktur

- grafické symboly
- přepisovací pravidla
- náhodný výběr pravidel

```
startshape paint
rule paint {
  square{}
  paint { s 0.9 x 1 y 1 }
}
rule paint {
  square{}
  paint { s 0.9 x -1 y 1 }
}
```



<http://www.chriscoyne.com/cfdg/>

```
startshape FOREST
```

```
rule FOREST {  
  SEED {}  
  SEED {x -20}  
  SEED {x -40}  
}
```

```
rule SEED {BRANCH {}}  
rule SEED {BRANCH {rotate 1}}  
rule SEED {BRANCH {rotate -1}}  
rule SEED {BRANCH {rotate 2}}  
rule SEED {BRANCH {rotate -2}}  
rule SEED {FORK {}}
```

```
rule BRANCH {RBRANCH {}}  
rule BRANCH {LBRANCH {}}
```

```
rule LBRANCH {BLOCK {} LBRANCH {y 0.885 rotate 0.1 size 0.99}}  
rule LBRANCH {BLOCK {} LBRANCH {y 0.885 rotate 0.2 size 0.99}}  
rule LBRANCH {BLOCK {} LBRANCH {y 0.885 rotate 4 size 0.99}}  
rule LBRANCH {BLOCK {} FORK {}}
```

```
rule RBRANCH {BLOCK {} RBRANCH {y 0.885 rotate -0.1 size 0.99}}  
rule RBRANCH {BLOCK {} RBRANCH {y 0.885 rotate -0.2 size 0.99}}  
rule RBRANCH {BLOCK {} RBRANCH {y 0.885 rotate -4 size 0.99}}  
rule RBRANCH {BLOCK {} FORK {}}
```

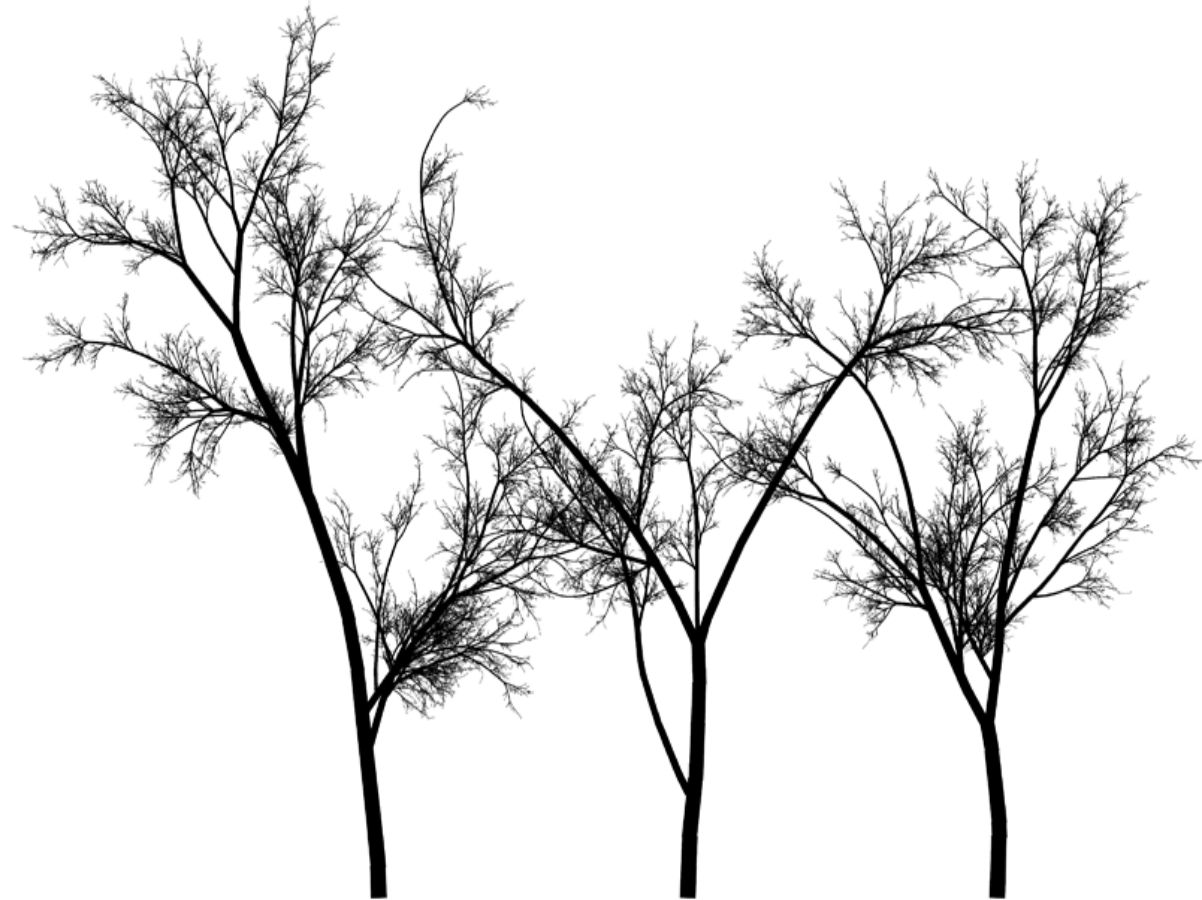
```
rule BLOCK {  
  SQUARE {rotate 1}  
  SQUARE {rotate -1}  
  SQUARE {}  
}
```

```
rule FORK {  
  BRANCH { }  
  BRANCH {size 0.5 rotate 40}  
}
```

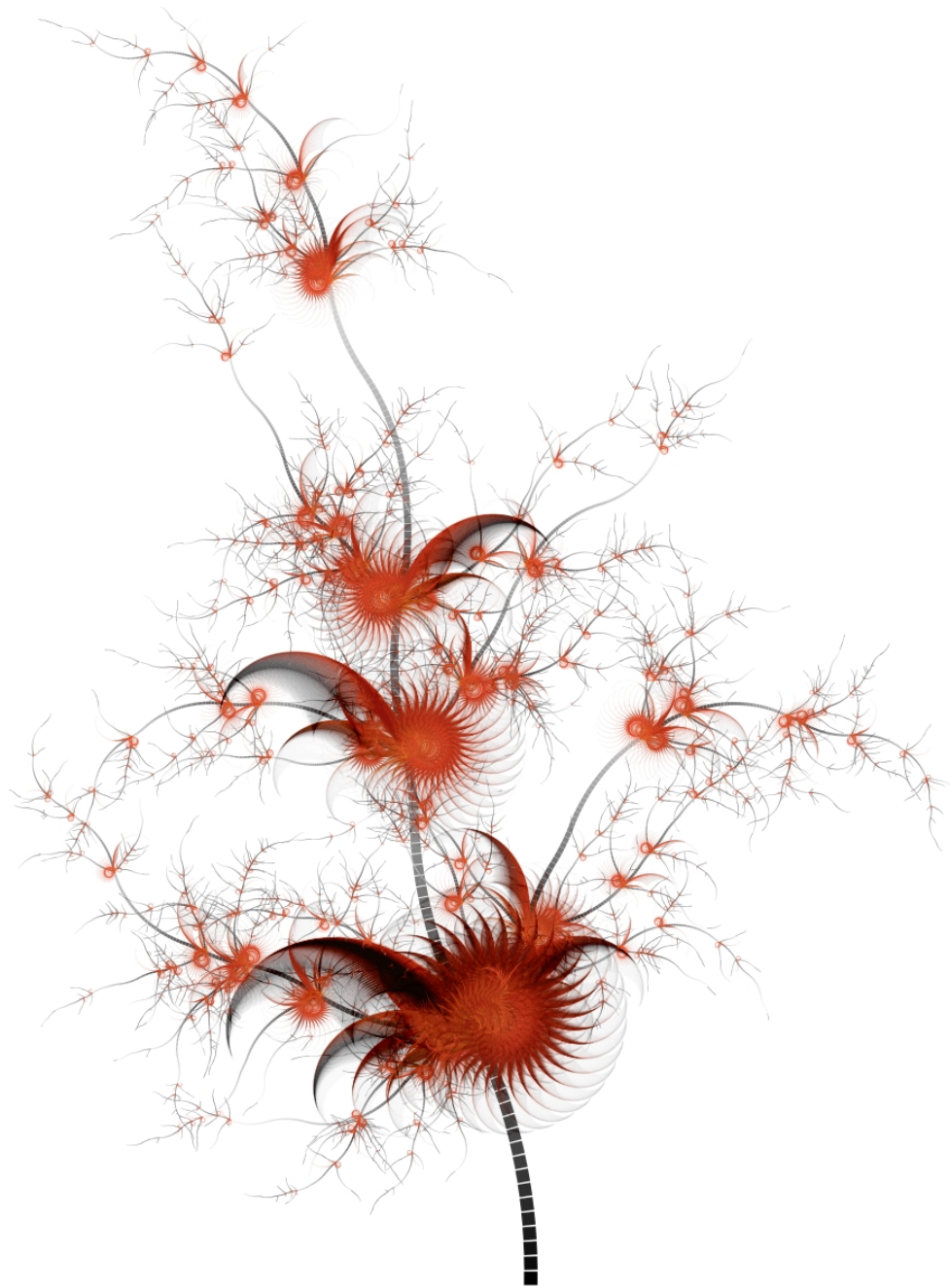
```
rule FORK {  
  BRANCH { }  
  BRANCH {size 0.5 rotate -40}  
}
```

```
rule FORK {  
  BRANCH {size 0.5 rotate -20}  
  BRANCH { }  
}
```

```
rule FORK {  
  BRANCH {size 0.7 y 0.1 rotate 20}  
  BRANCH {size 0.7 y 0.1 rotate -20}  
}
```



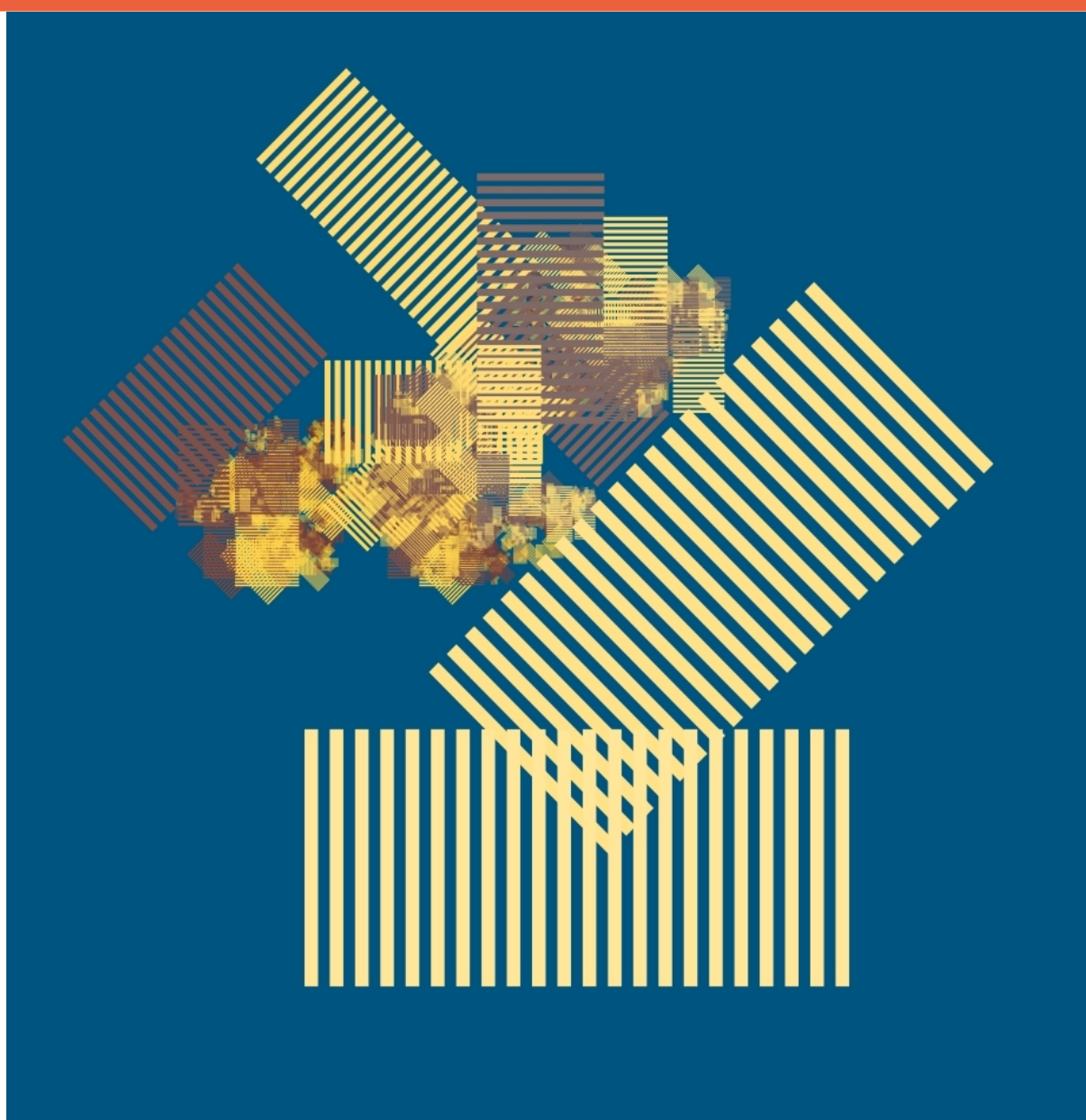




➔ [contextfree.zip](http://contextfree.zip)

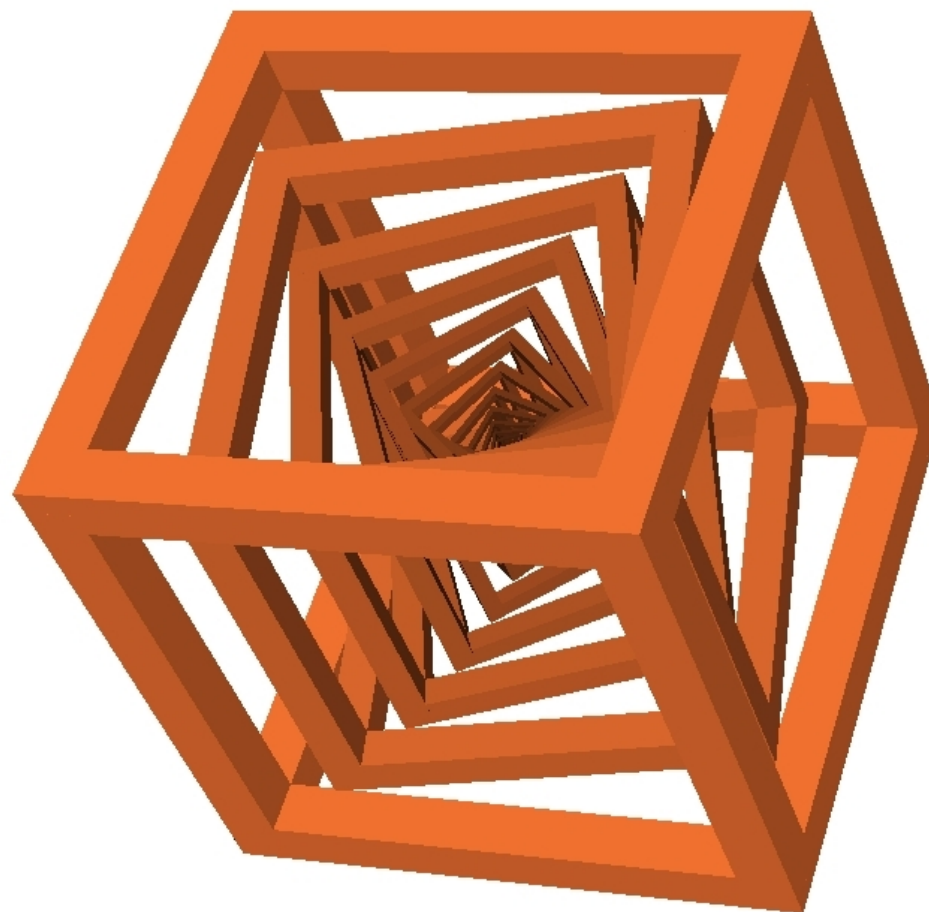


**P. Fajkus**

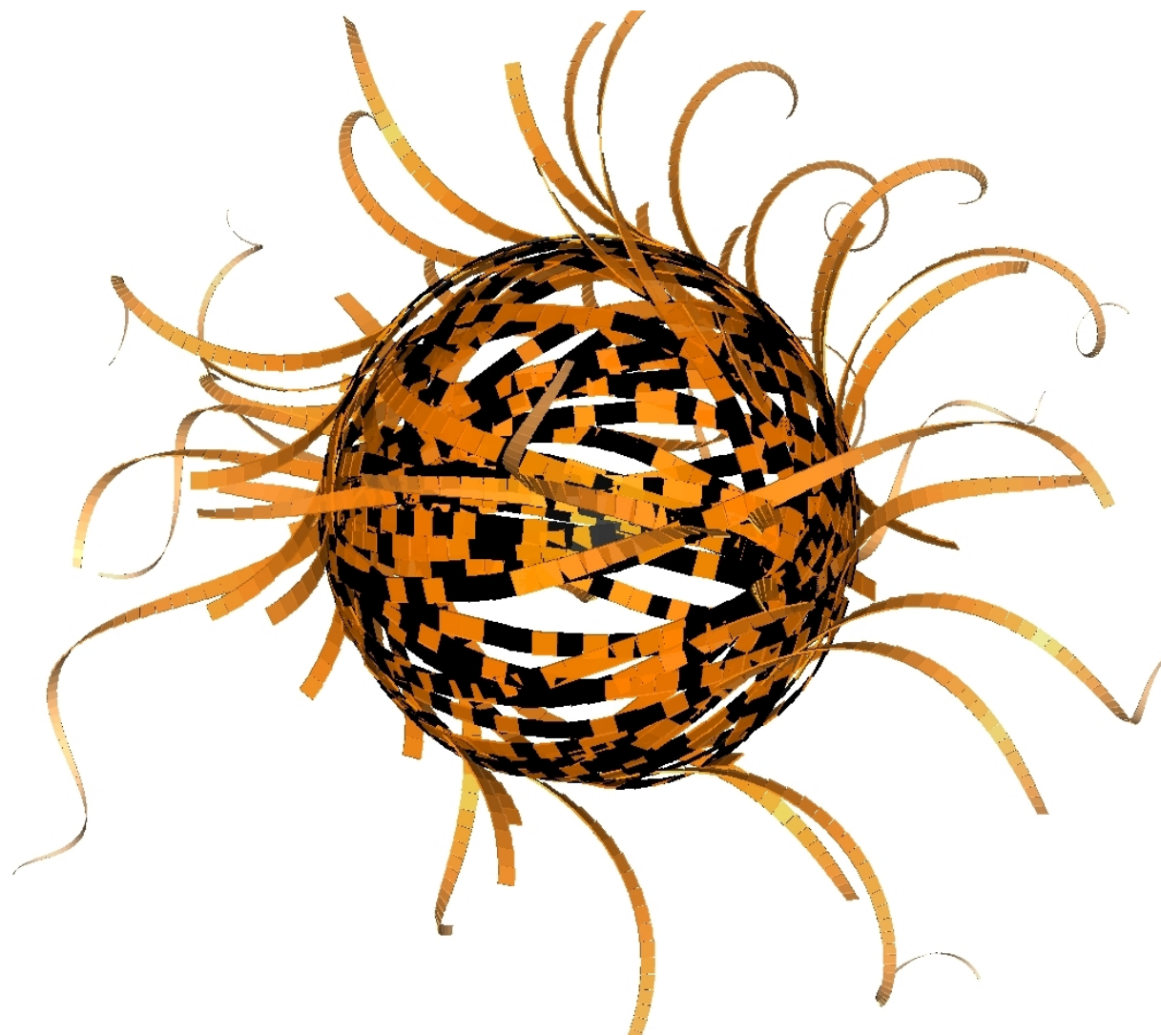


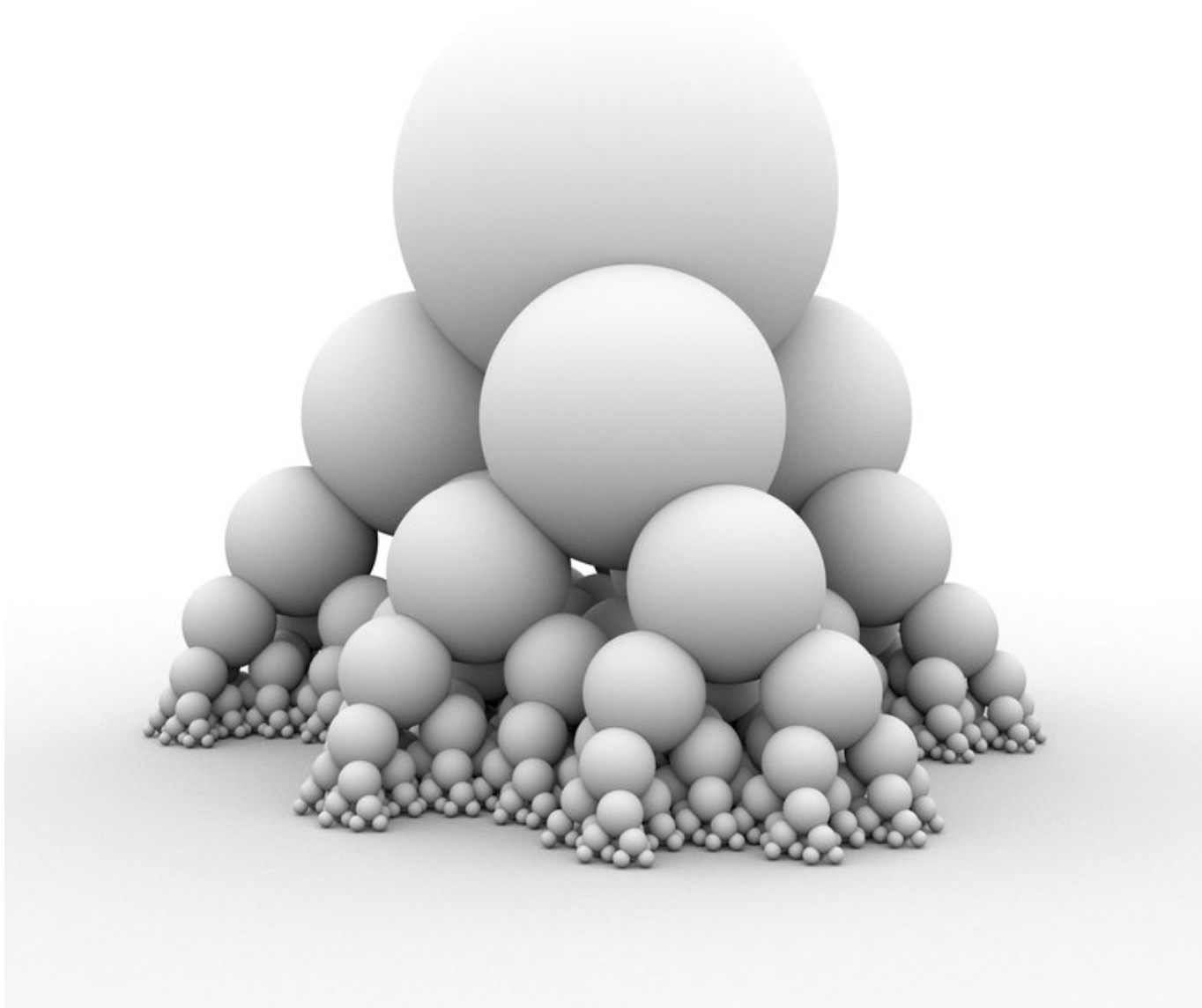
J. Šafařík



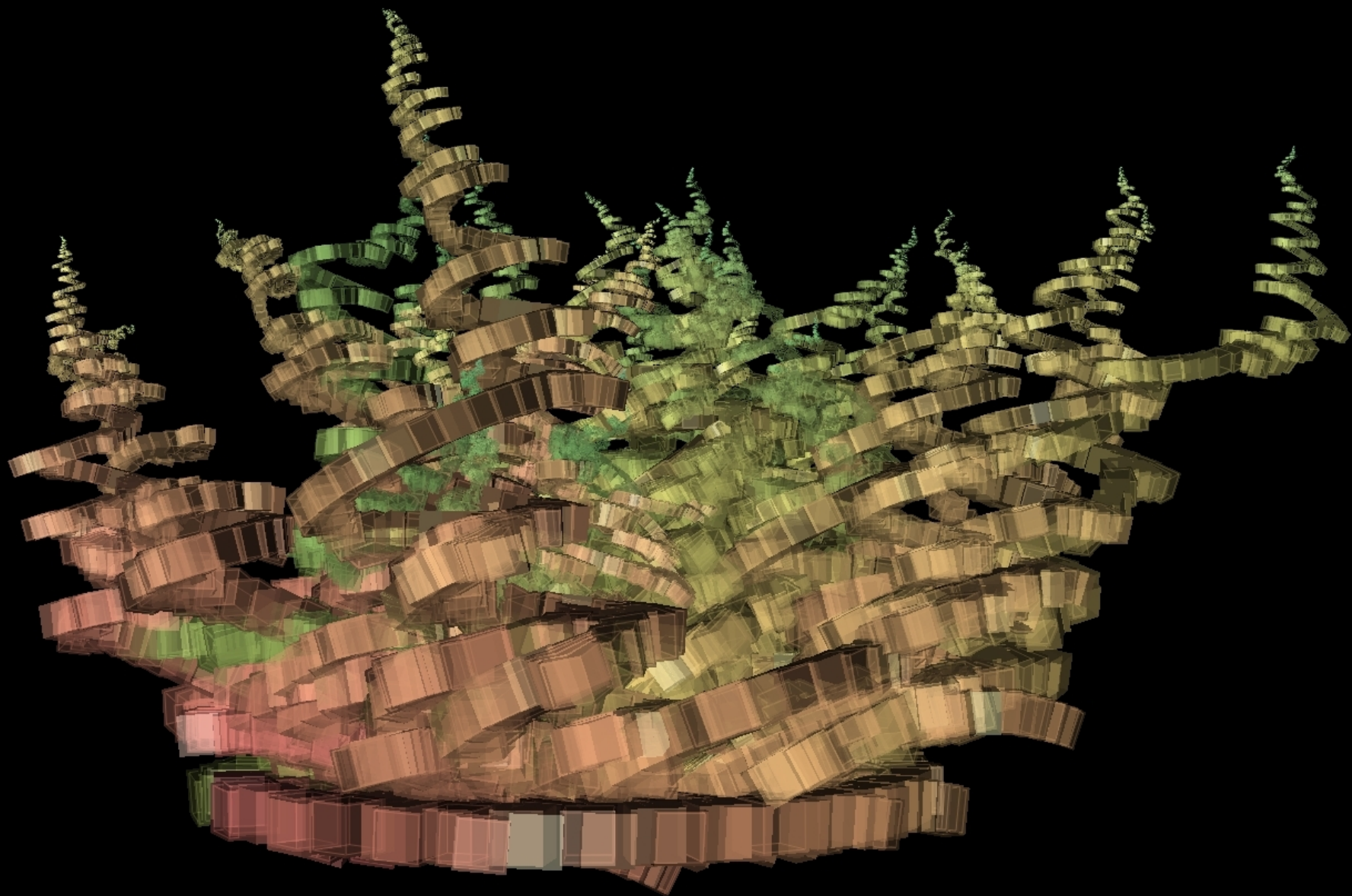


➔ [structuresynth.zip](http://structuresynth.zip) — generování v prostoru

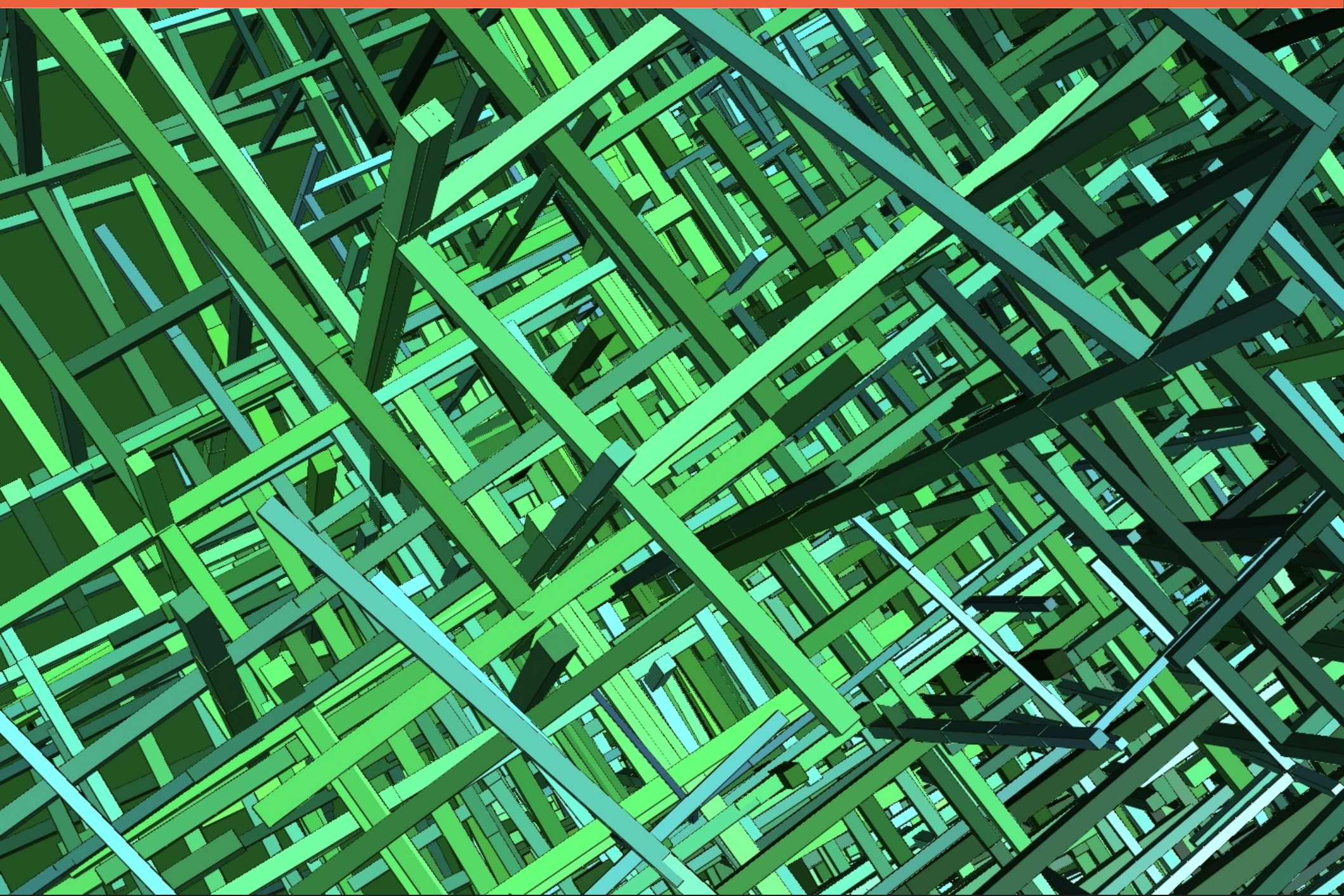
















## Jackson Pollock a jeho akční malba (*action painting*)



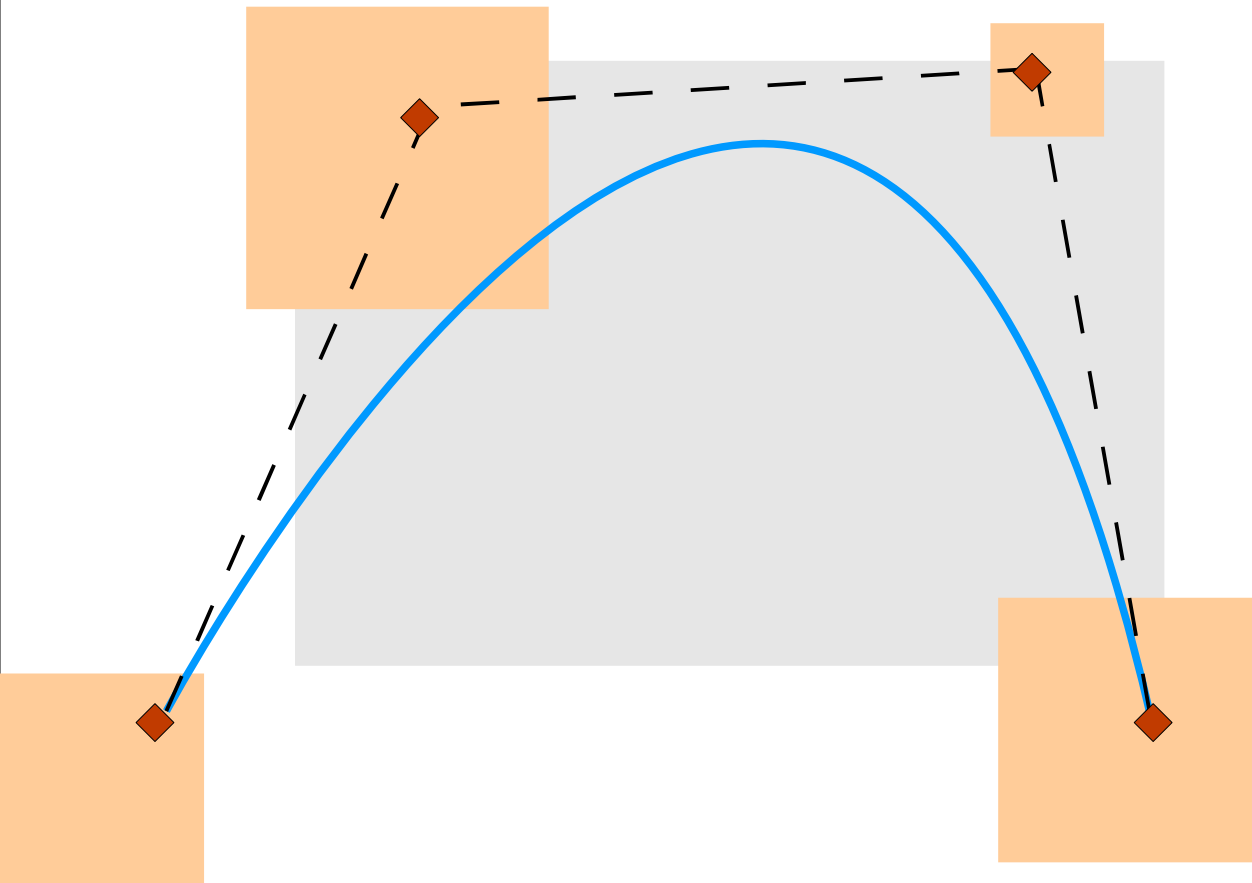
J. Pollock: Lavender Mist (No 1)





Z. Sýkora, *prog. J. Blažek* :  
Linie

## Akční, gestuální tvorba modelována náhodným generátorem



Bézierovy kubické křivky,  
4 řídicí body okolo plátna,  
řízená náhodnost pro  
rozmístění bodů, oblast  
rozptylu, šířku a hustotu  
barevné stopy

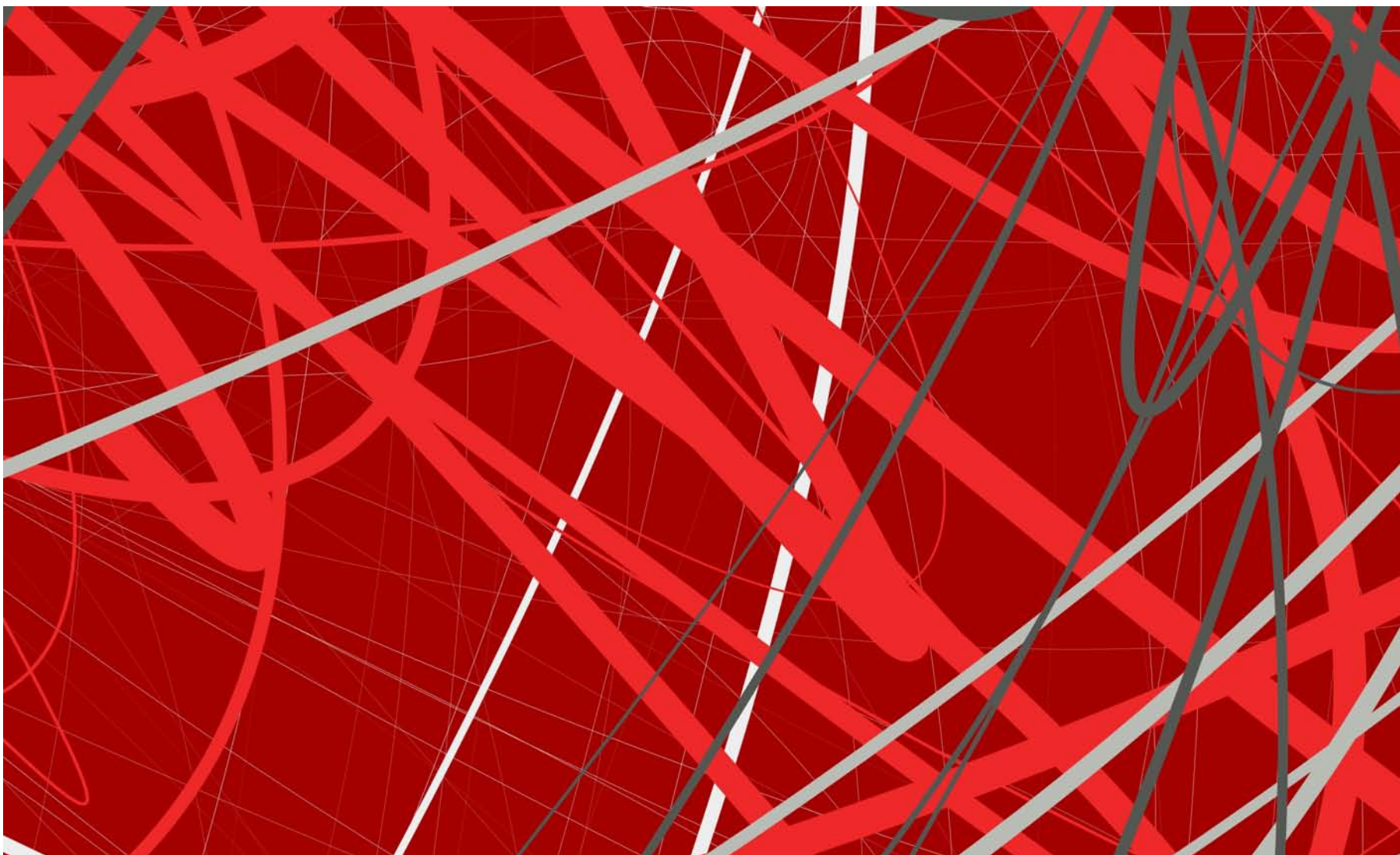
➔ [pollock.zip](#)





T. Daněk





**J. Mlích**



V. Kovalová

**1990 –**

**Klíčovými slovy jsou**

**multimédia, interakční média,  
rozšířená a virtuální realita**

**„Počítač není ani pouhé médium, ani obyčejný nástroj –  
je spolutvůrcem umožňujícím nekonečné vylepšování.“**

**Timothy Binkley, Art Journal, 1990**

**—————> Počítač je umělci plně akceptován !**





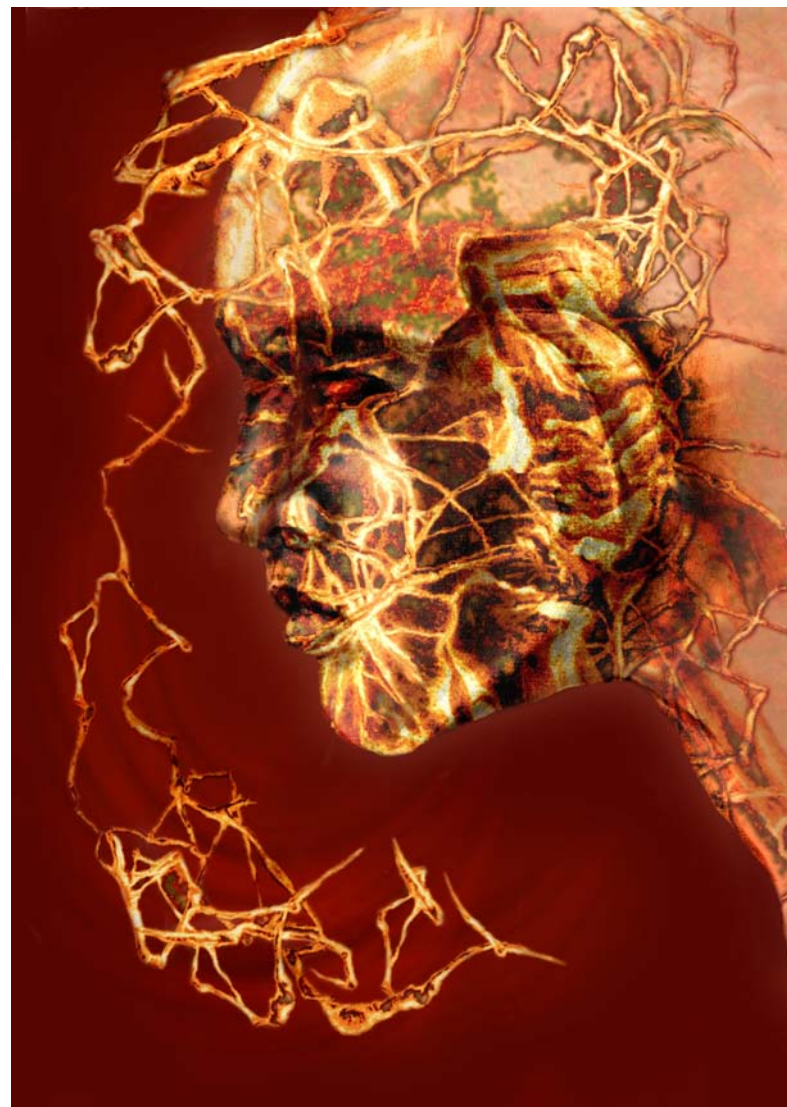
**Nepřeberné množství algoritmů,  
nástrojů, filtrů, efektů a stylů  
sdružovaných do grafických aplikací  
— univerzálních i velmi speciálních**

Typicky interakční způsob práce,  
počítač používán jako štětec  
v rukách výtvarníka

**J. Rypalová-Simonsen: Tvor 144**

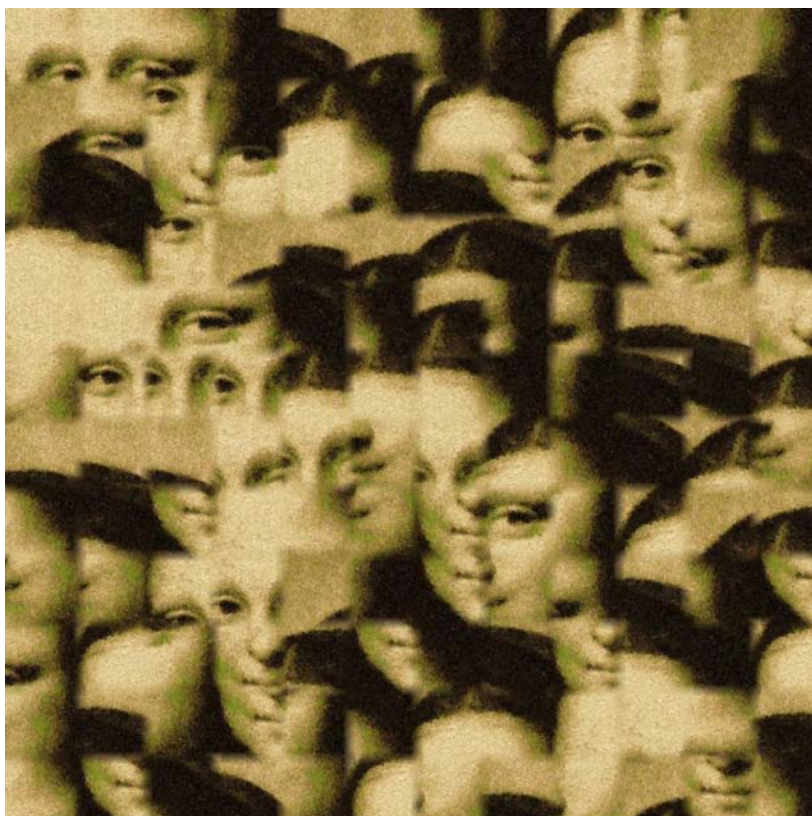


**I. Serba: Podzimní koláž**



**A. Salová: Červený portrét**





I. Serba: Pocta Kolářovi

➔ [grandpics.zip](http://grandpics.zip)





**T. Staudek: Gloucesterghosts**

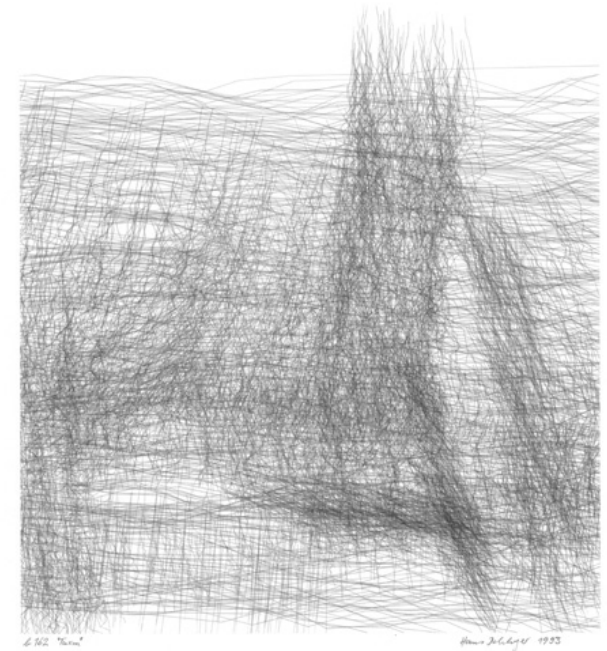
## Evokace ‚tradičních‘ grafických technik



**J. Parke:**  
**Spring of Sadness**

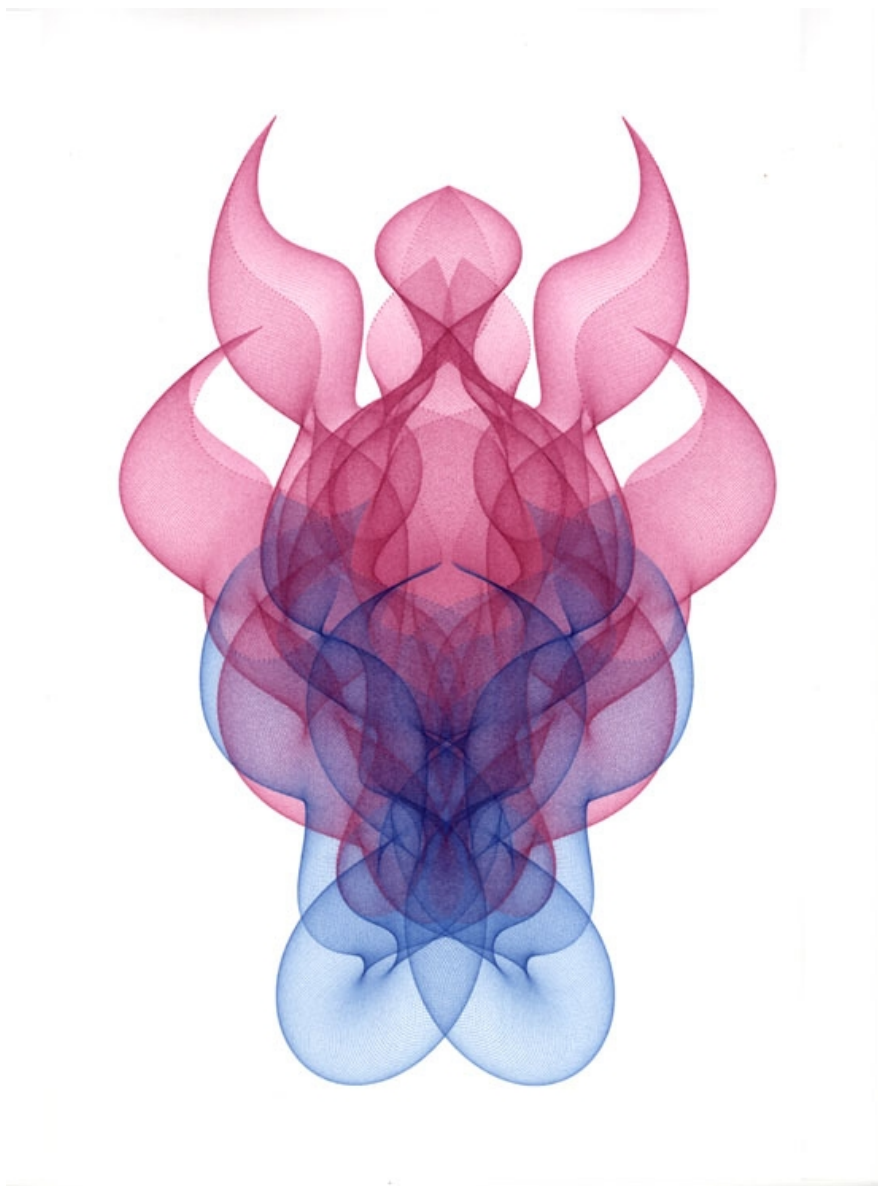


**P. Beyls:**  
**bez názvu**



**H. Dehlinger:**  
**Turm**



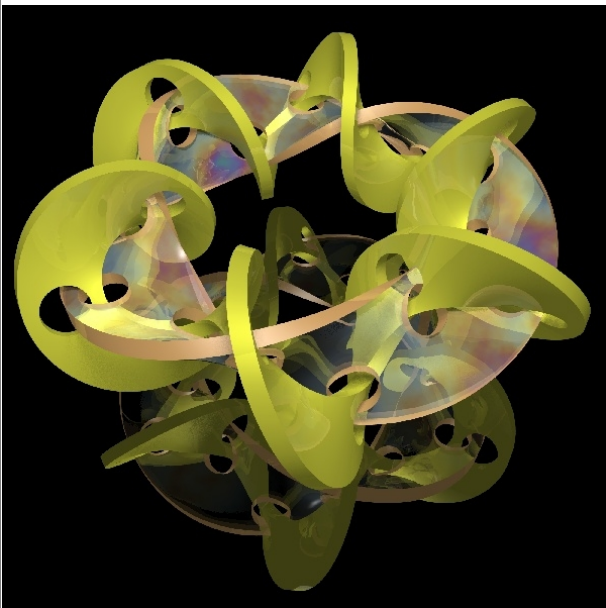


**R. Verostko:**  
**Cyberflowers**

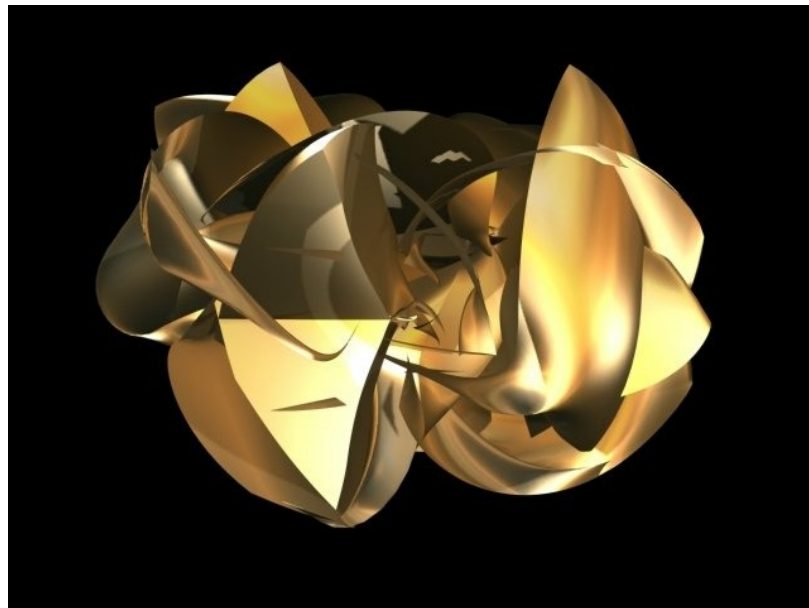




...i experimentování s **virtuálním prostorem**



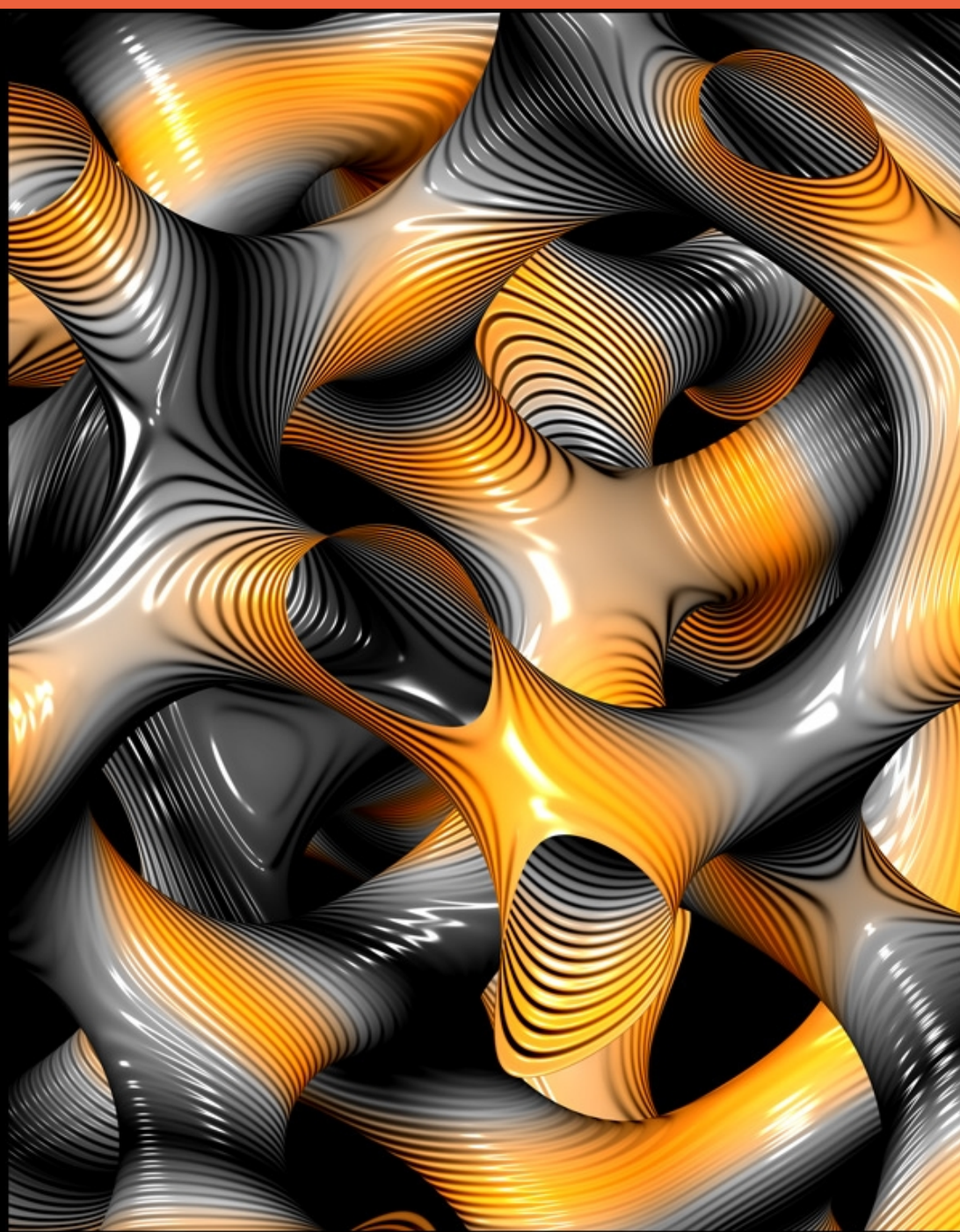
T. Longstin



A. Leyton

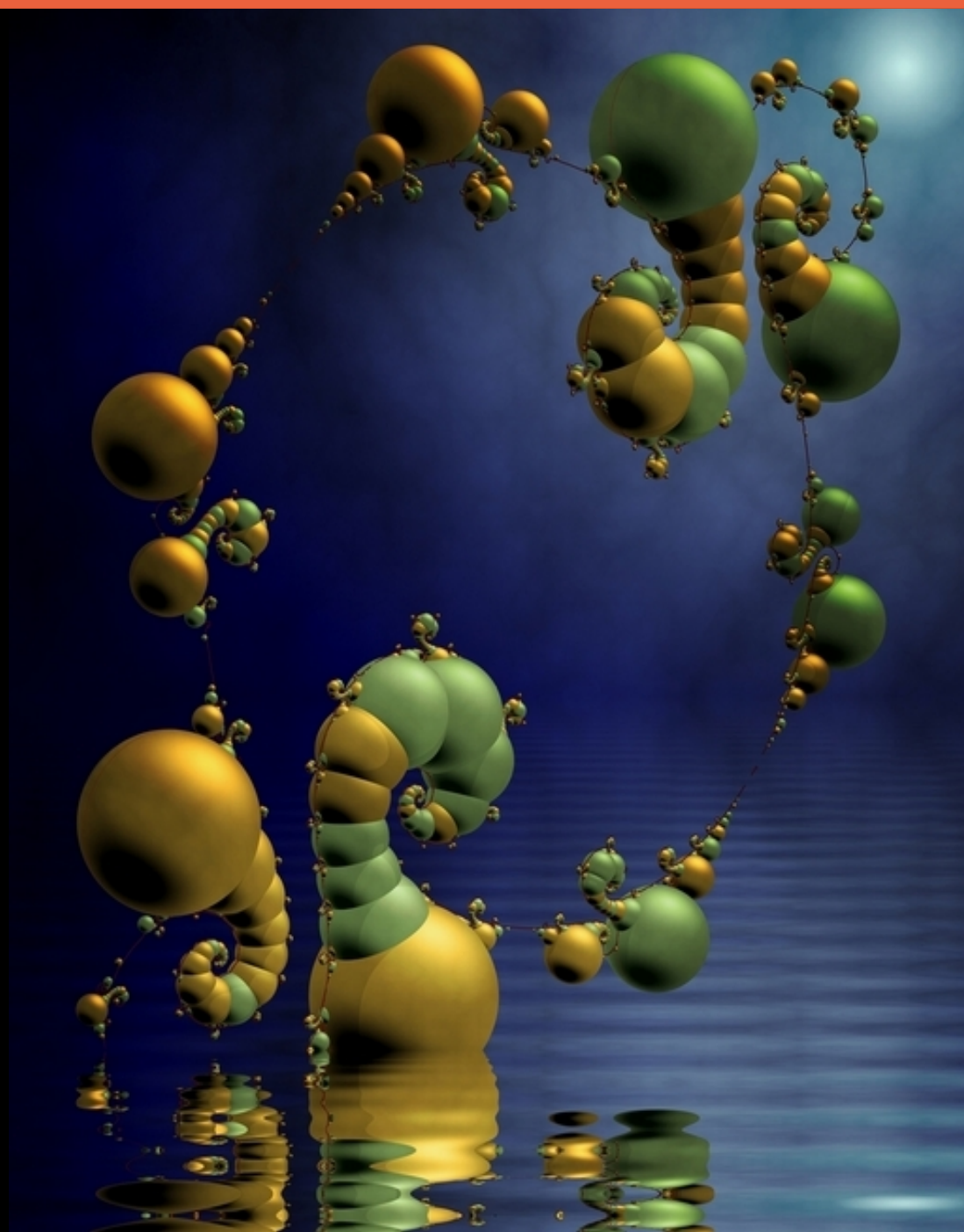


K. A. Huff



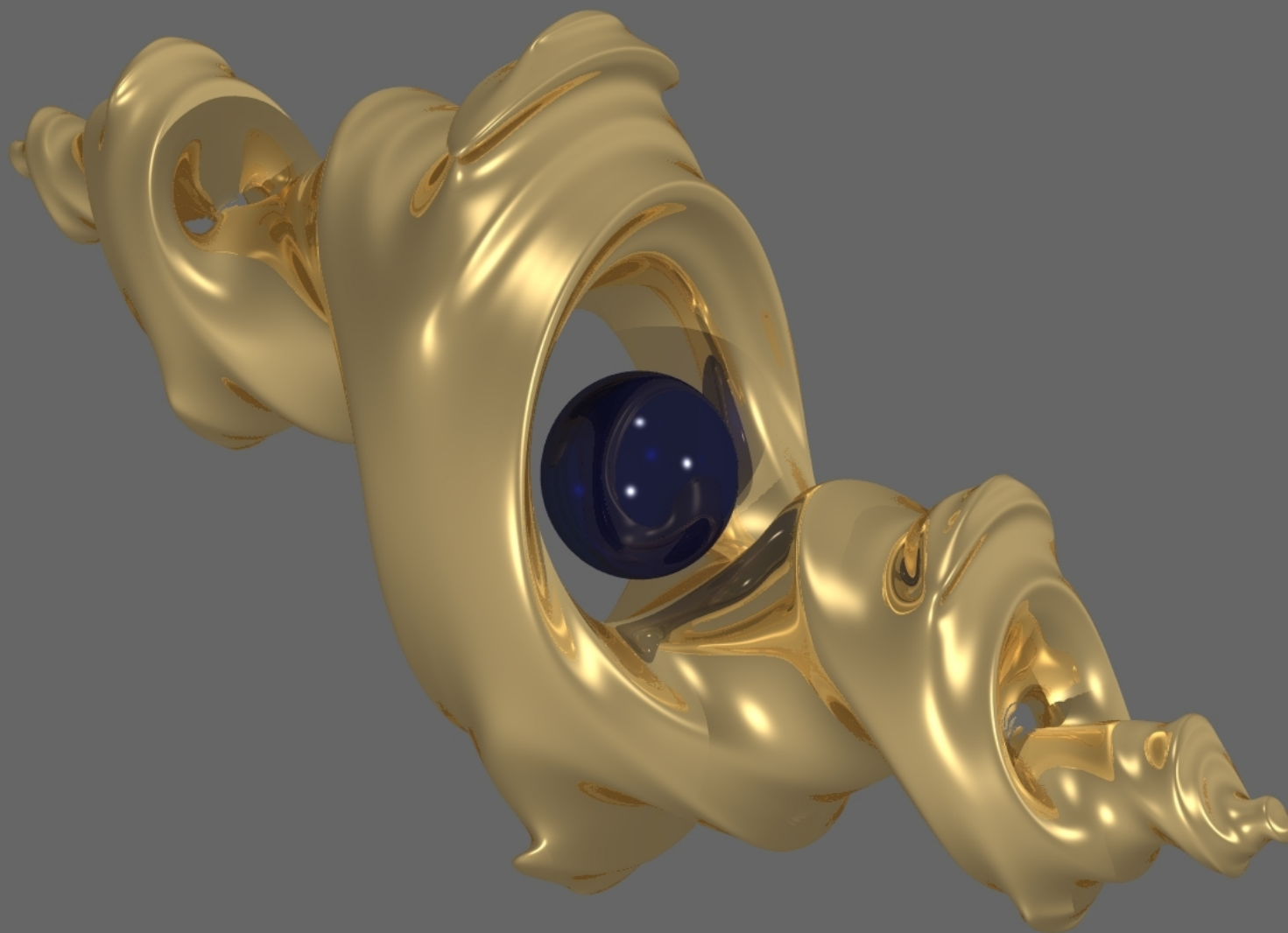
**B. Johnston**



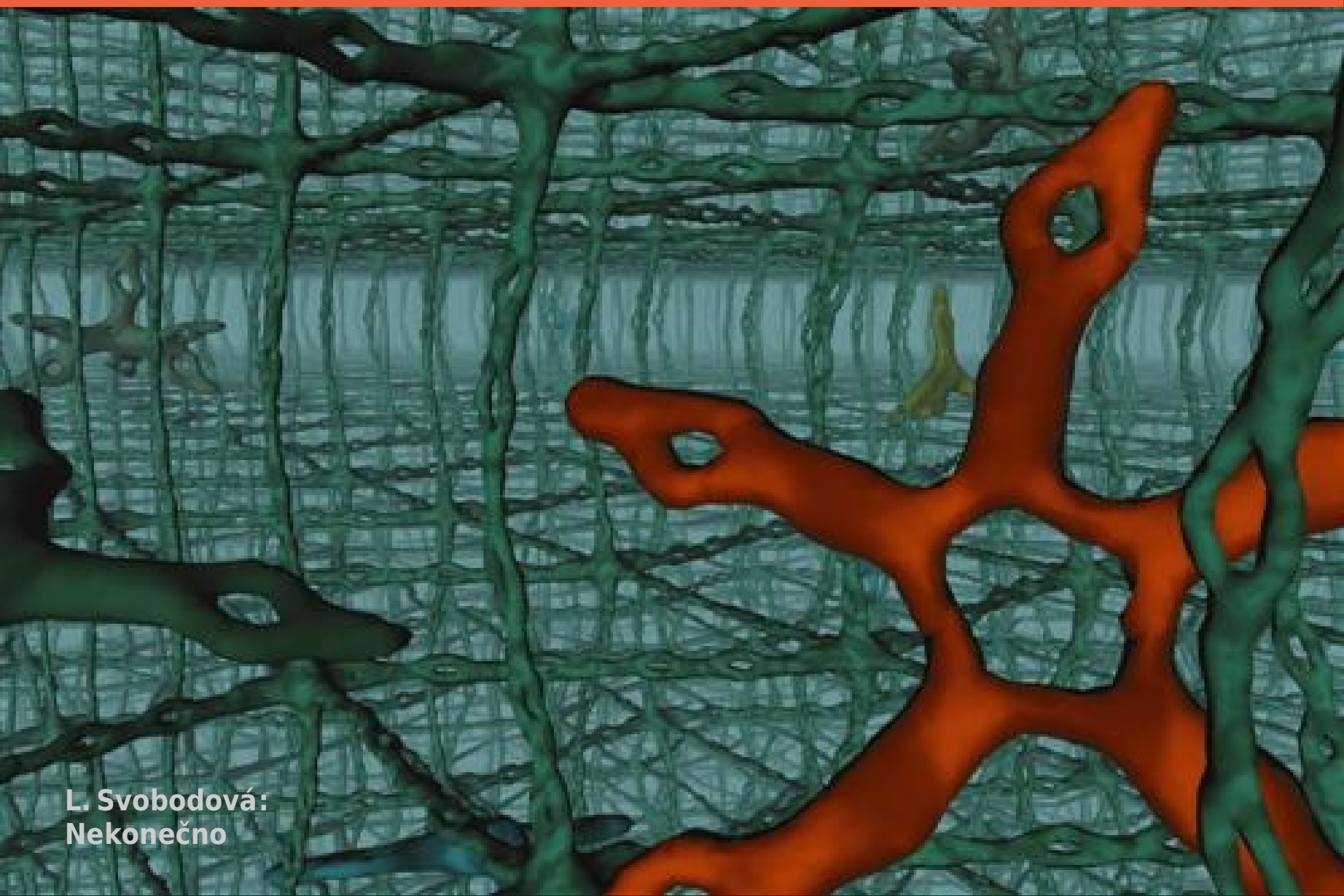


J. Leys





I. Serba



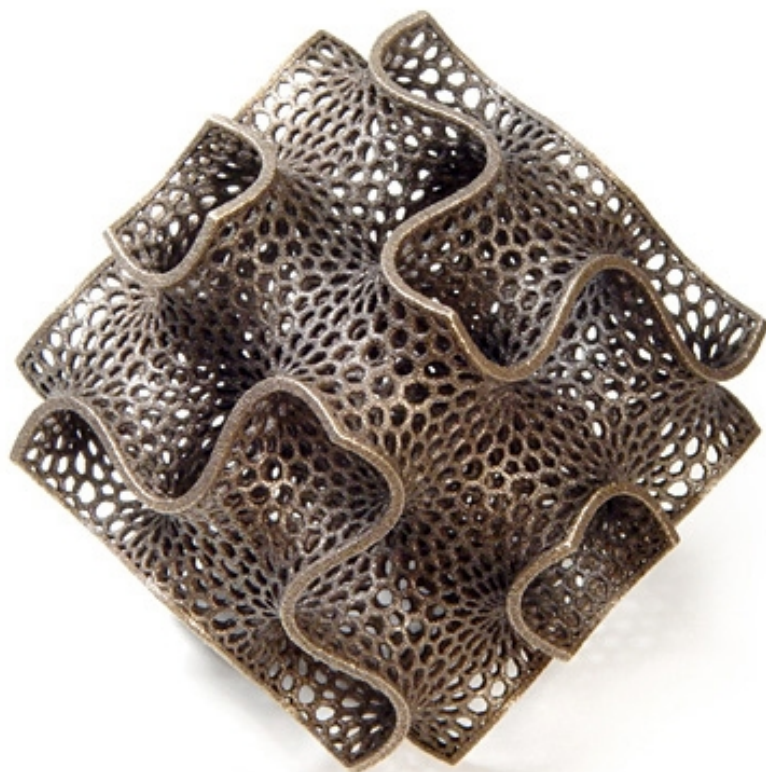
**L. Svobodová:  
Nekonečno**



G. Tran



## Matematické sochařství



G. Hart





G. Hart





**B. Collins,  
C. Séquin**

