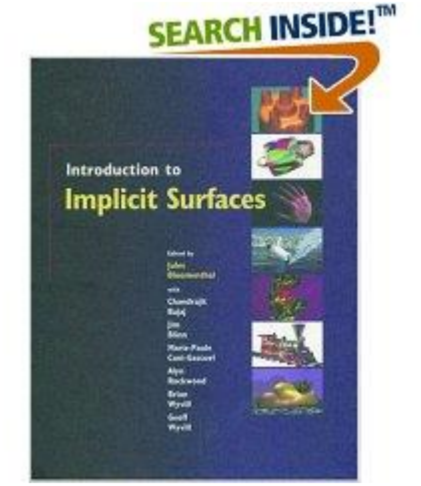
Wprowadzenie do grafiki komputerowej

Modelowanie za pomocą powierzchni uwikłanych

Kropelki

Postać uwikłana $f(x,y,z) = 0$



Metoda do specyficznych zastosowań.

Łatwo opisać: $x^2 + y^2 + z^2 = 1$.

Ale jak modelować połowę sfery?
Przy łączeniu dwóch krzywych/powierzchni może być trudno określić czy kierunki ich stycznych zgadzają się w punkcie łączenia.

Za to:
Łatwo określić po której stronie krzywej/powierzchni.
Łatwo obliczyć normalne.

Definicja powierzchni uwikłanych

- Ogólnie:

$$f(x, y, z) - Iso = 0, \quad f : R^n \to R, \quad Iso \in R$$

- Często jednak stosuje się funkcje środkowo-symetryczne, zależne od *r*

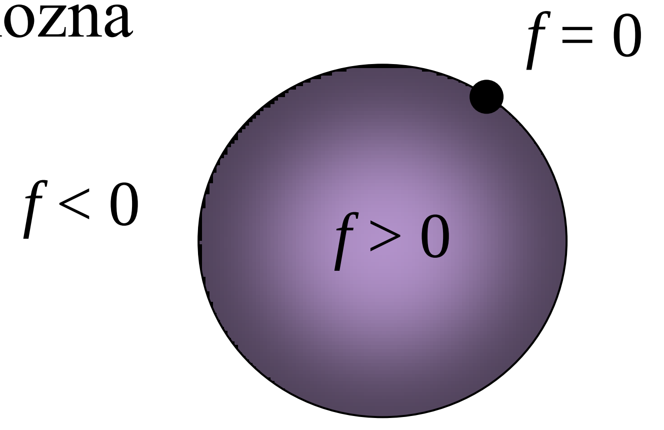
$$f(r) - Iso = 0$$

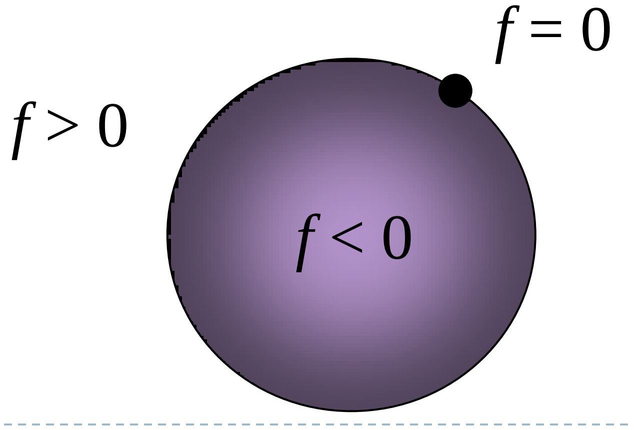
Powierzchnie uwikłane

- Wartość izopowierzchni można ukryć w funkcji:

$$f(x, y, z) = 0$$

$$f(r) = 0$$





Czy warto używać funkcji uwikłanych?

- Wobec siatki wielokątów (bo to jest alternatywa wobec siatki wielokątów!)
  - Gładsze
  - Bardziej zwarte w zapisie
  - Trudne do renderowania w czasie rzeczywistym
- Wobec funkcji parametrycznych:
  - Łatwiej się łączą z sobą
  - Nie pojawiają się problemy topologiczne
  - Niższy stopień (na ogół)
  - Nie wszystko łatwo sparametryzować
  - Wygodna postać do Ray-tracingu

Rodzaje podstawowych funkcji środkowo-symetrycznych

- Blobby molecules,

$$D(r) = a\, e^{-b r^2}$$

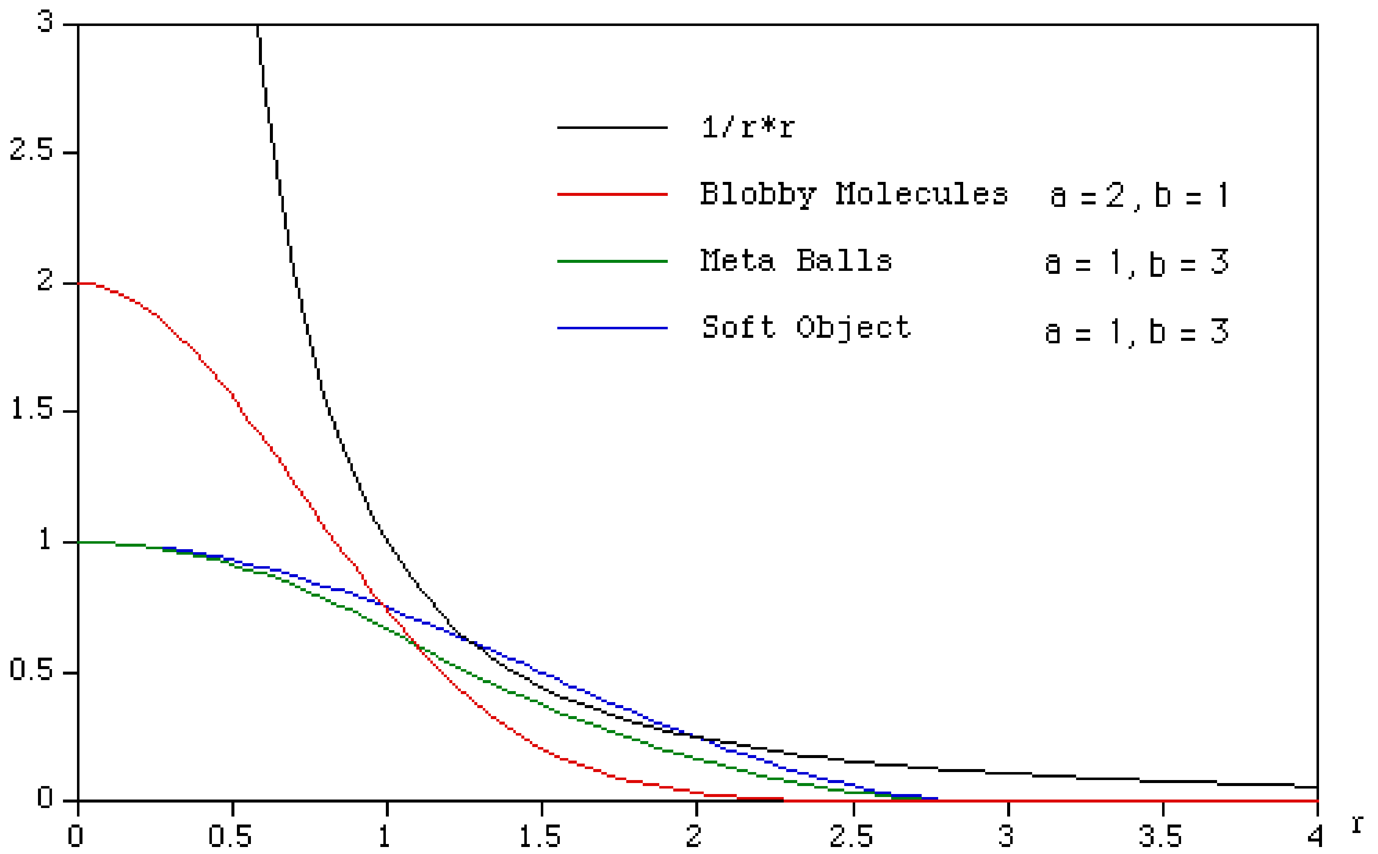
- Metaballs,

$$D(r) = \begin{cases} a\left(1 - \dfrac{3 r^2}{b^2}\right) & 0 \le r \le b/3 \\ \dfrac{3a}{2}\left(1 - \dfrac{r}{b}\right)^2 & b/3 \le r \le b \\ 0 & b \le r \end{cases}$$

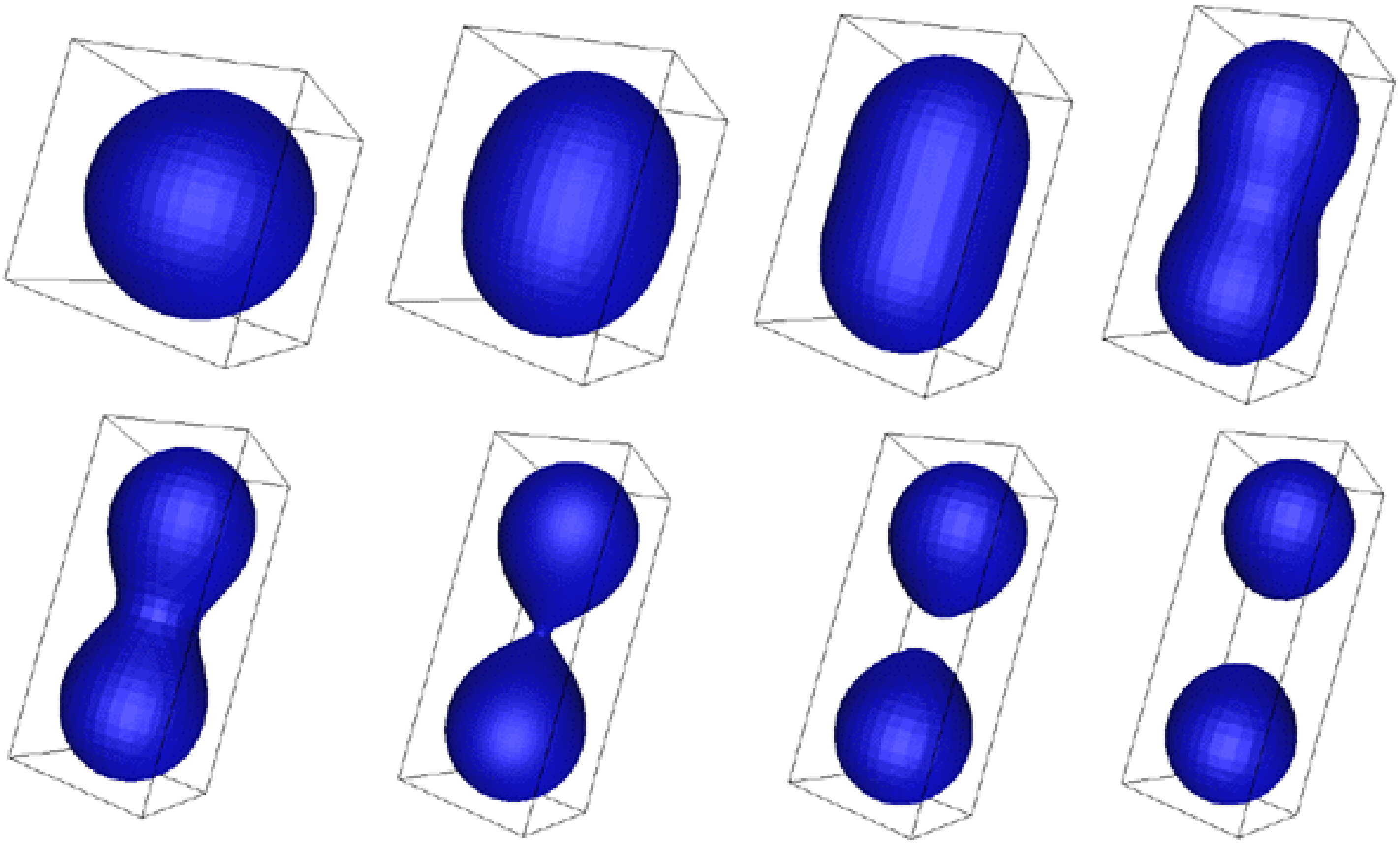
- Soft objects

$$D(r) = \begin{cases} a\left(1 - \dfrac{4 r^6}{9 b^6} + \dfrac{17 r^4}{9 b^4} - \dfrac{22 r^2}{9 b^2}\right) \\ 0 \end{cases}$$

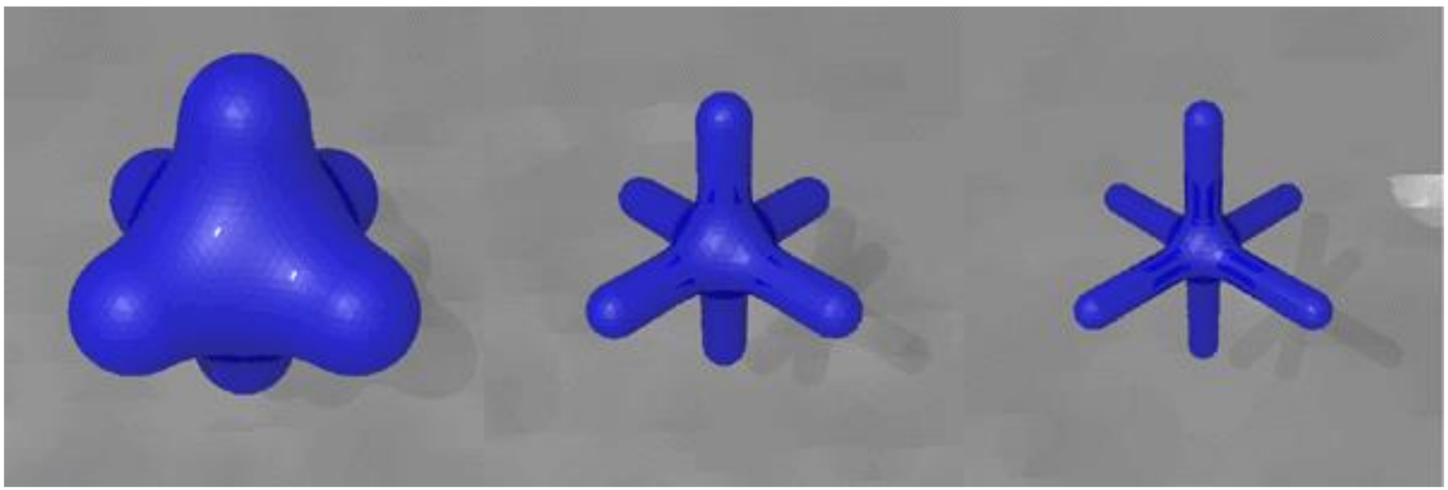
Podstawowe funkcje $f(r)$



Łączenie

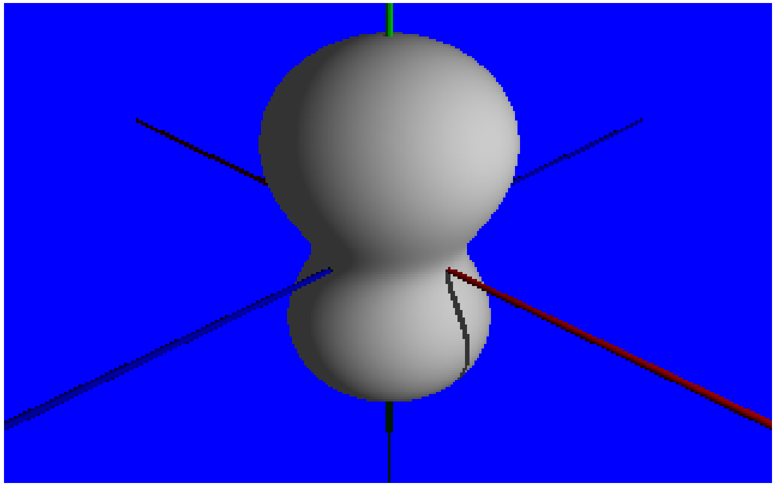


- Paul Bourke (1997)

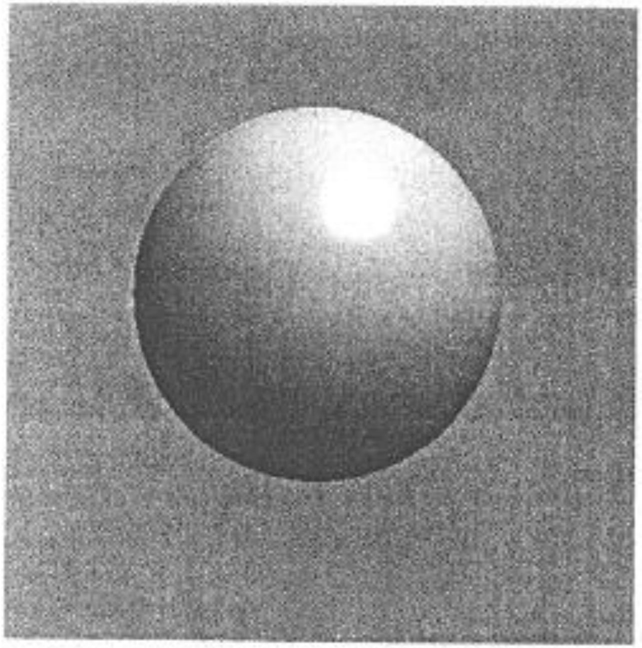


Blob

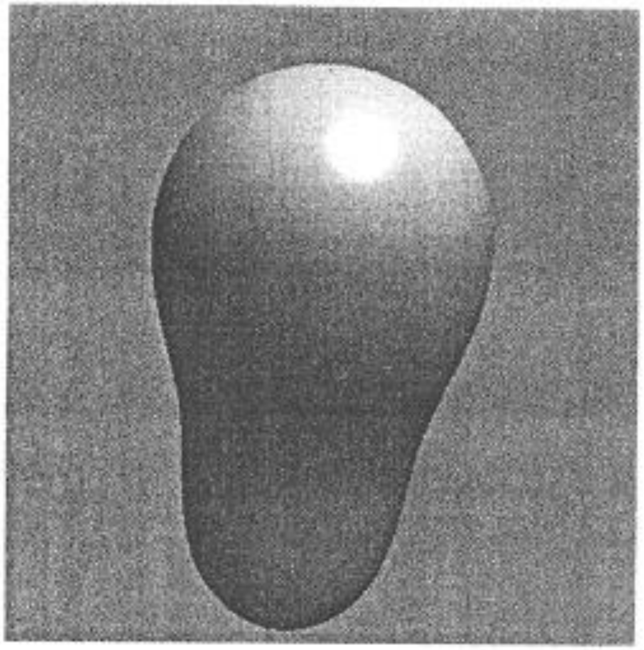
$$\exp(1-x^2-(y+\Delta)^2-z^2)+\exp(1-x^2-(y-\Delta)^2-z^2)-1$$



Blobowy model głowy

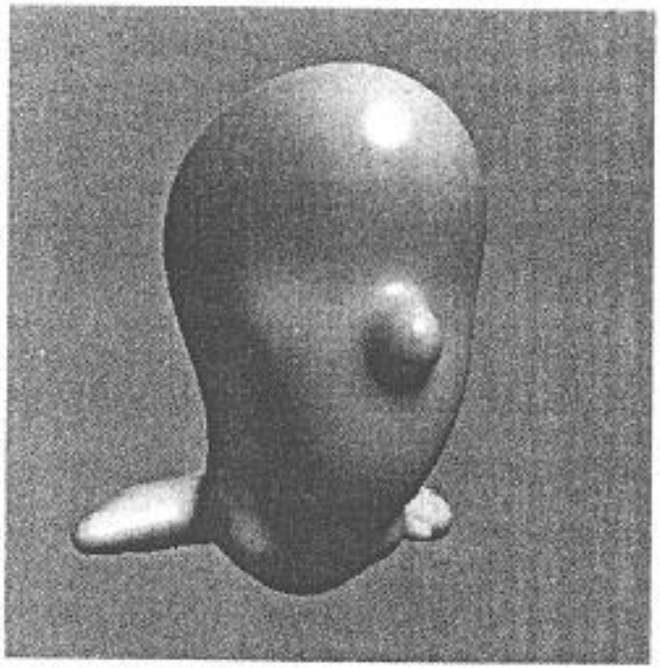


(a) $N = 1$

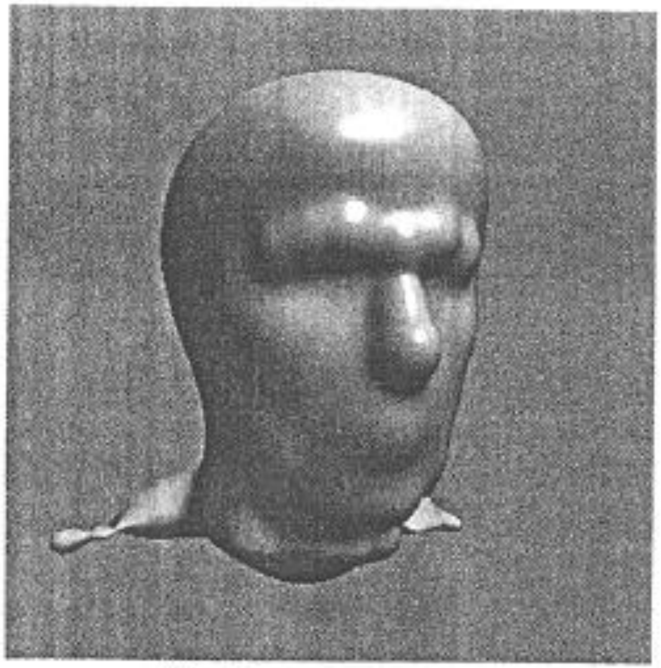


(b) $N = 2$

c.d.

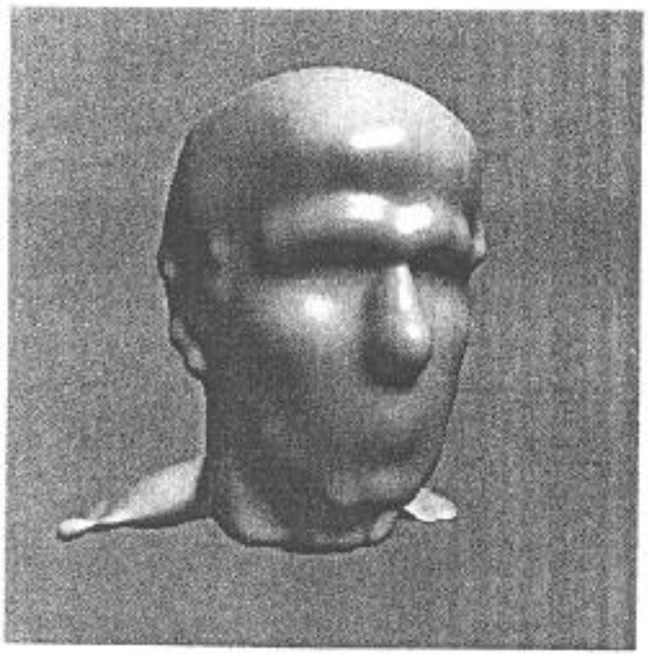


(c) $N = 20$

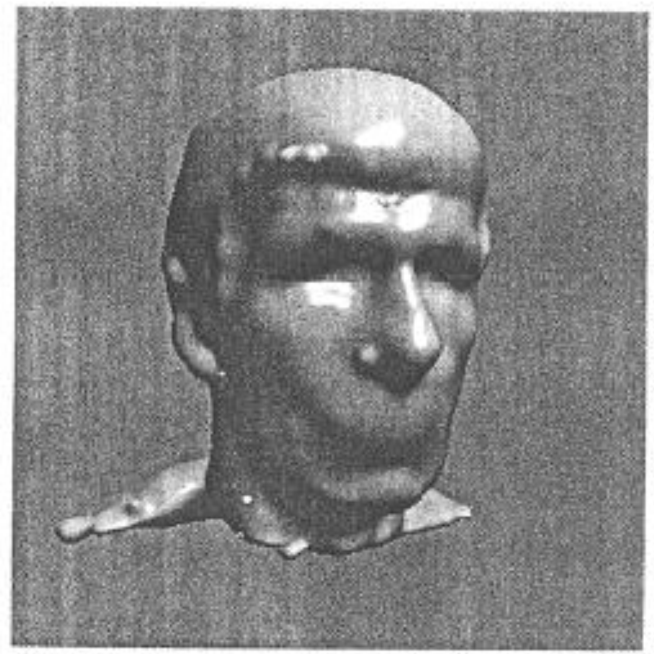


(d) $N = 60$

c.d.

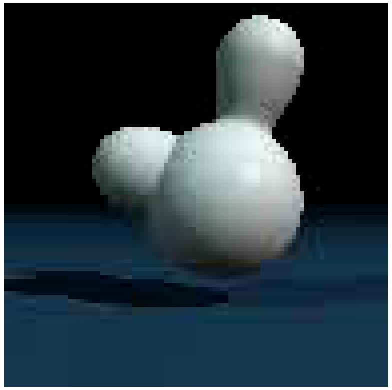


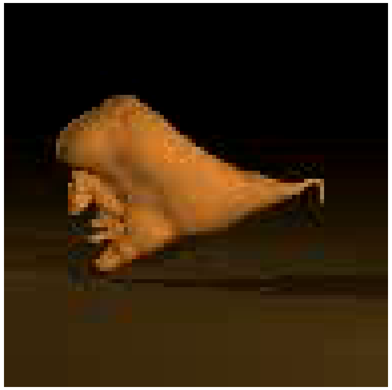
(e) $N = 120$



(f) $N = 451$

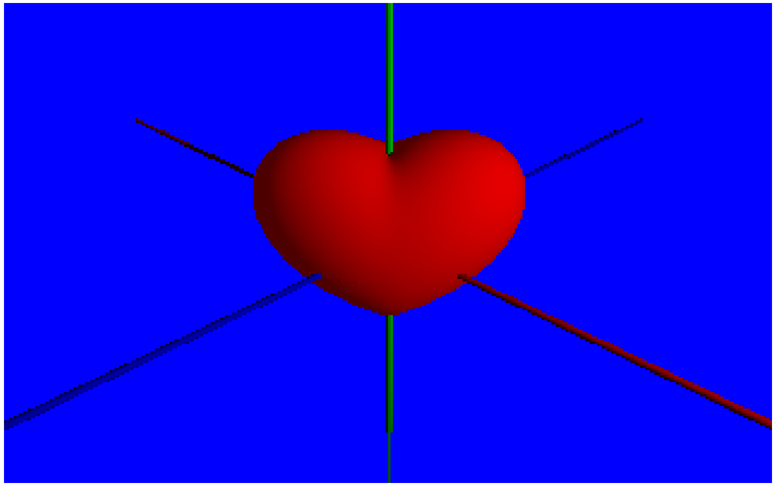
Przyłady Agaty Opalach





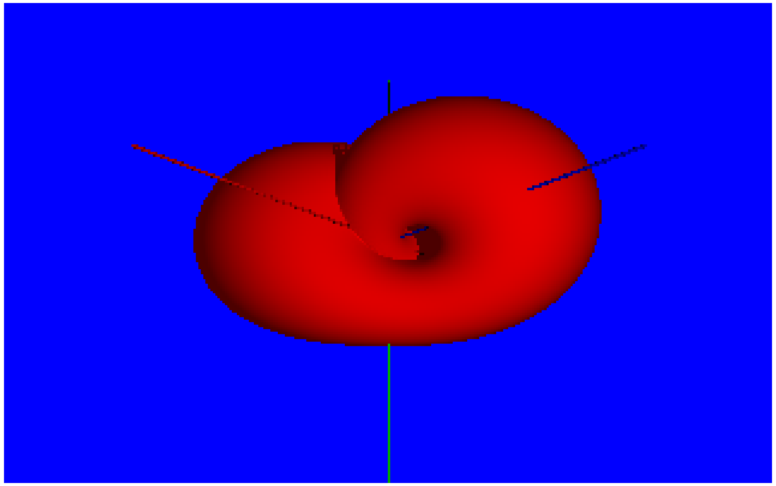
Serce

$$(2x^2 + y^2 + z^2 - 1)^3 - (0.1x^2 + y^2)z^3 = 0$$



Butelka Kleina

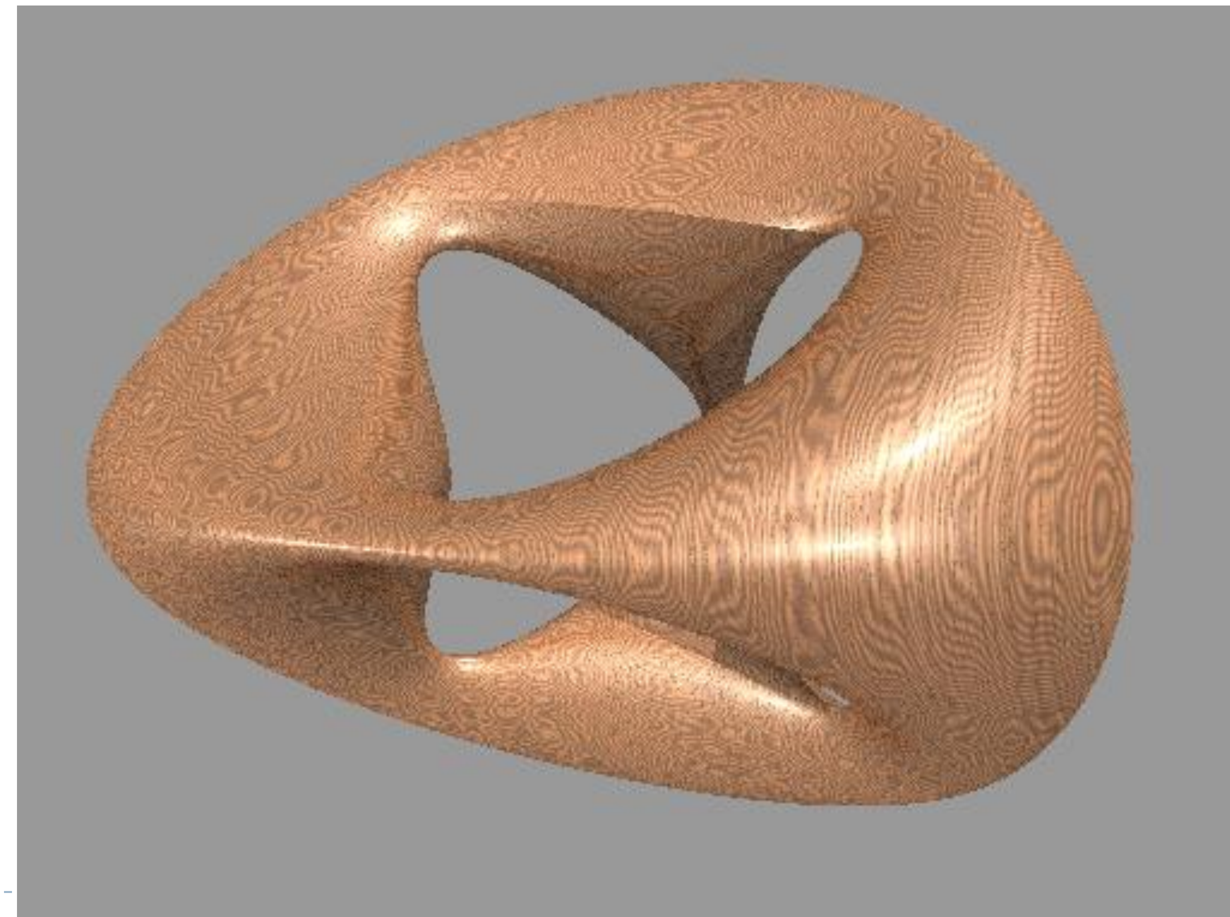
$$(x^2+y^2+z^2+2y-1)((x^2+y^2+z^2-2y-1)^2-8z^2)$$
$$+16xz(x^2+y^2+z^2-2y-1)=0$$



„krzesło”

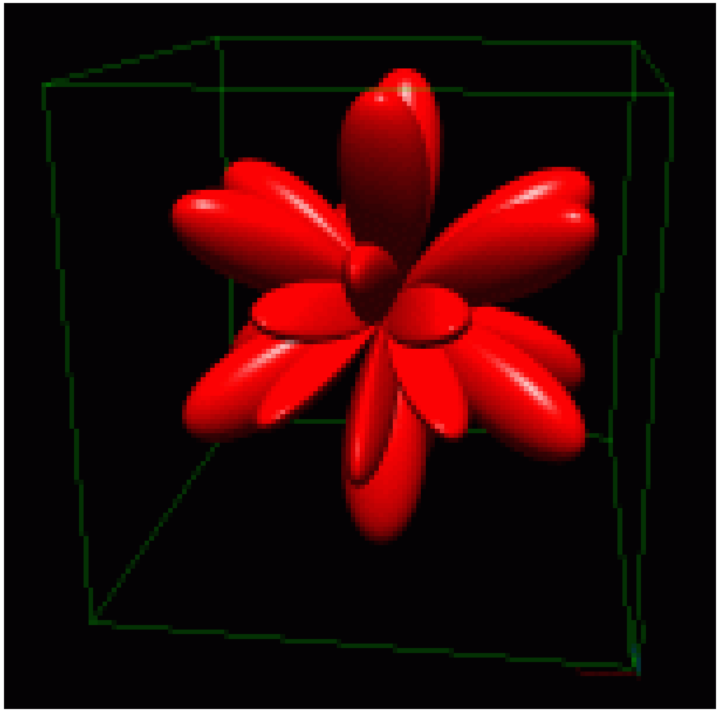
$$(x^2+y^2+z^2-ak^2)^2-b((z-k)^2-2x^2)((z+k)^2-2y^2)=0$$

k=5, a=0.95, b=0.8.

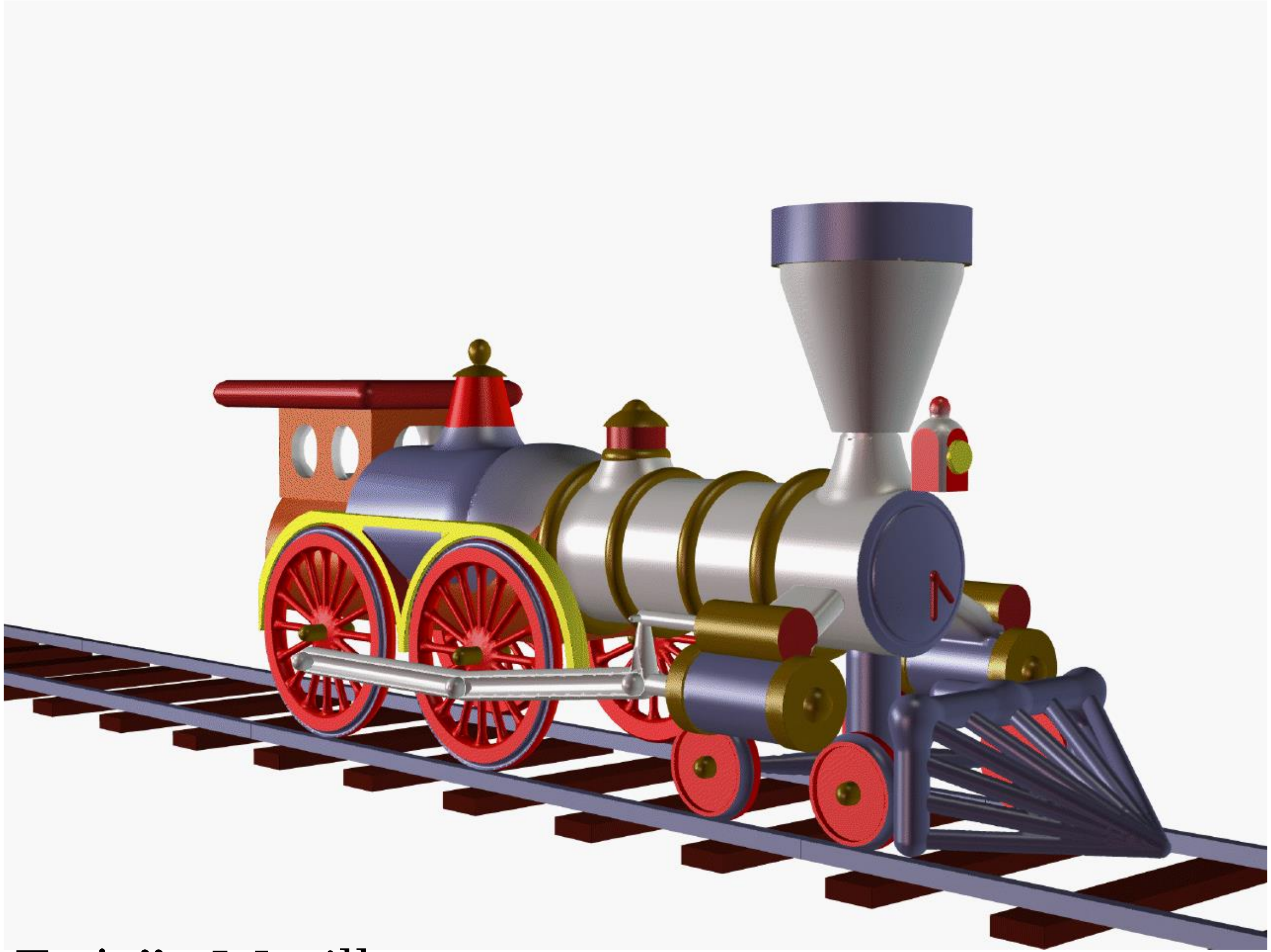


Funkcja w postaci biegunowej

$$\sin(3\theta)\sin(4\varphi) - r = 0$$



Można też tworzyć bardziej złożone obiekty



"New Train" - Wyvill

albo jeszcze bardziej…

“Cabrit Model” - Wyvill

Zalety reprezentacji uwikłanej

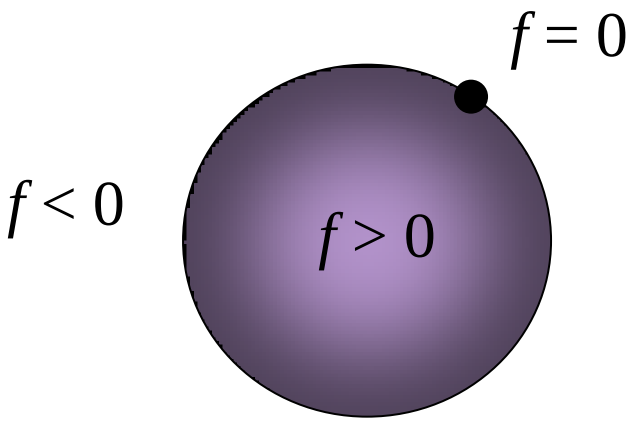
- Wizualizacja dowolnych wyrażeń algebraicznych
- Zwarta notacja złożonych powierzchni
- Budowanie złożonych powierzchni poprzez łączenie zbioru prostszych przy zachowaniu ciągłości powierzchni
- Łatwość deformowania powierzchni – choć nie zawsze wiadomo w którą stronę

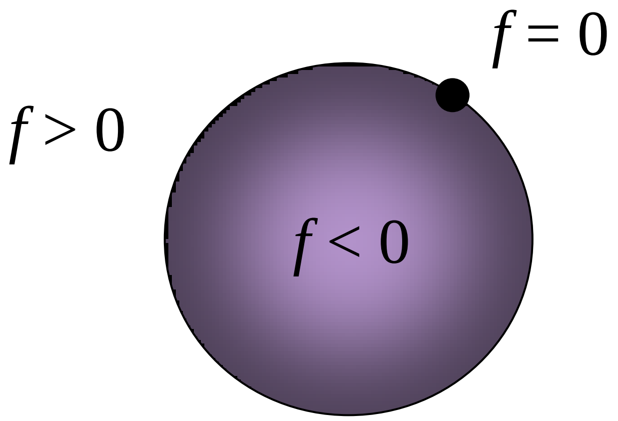
Wady reprezentacji uwikłanej

- Złożoność procesu wizualizacji
- Zaleta może być również wadą (blending)
- Trudność modelowania przy pomocy tzw. powierzchni algebraicznych
  - składanie elementów,
  - „gubienie masy”.

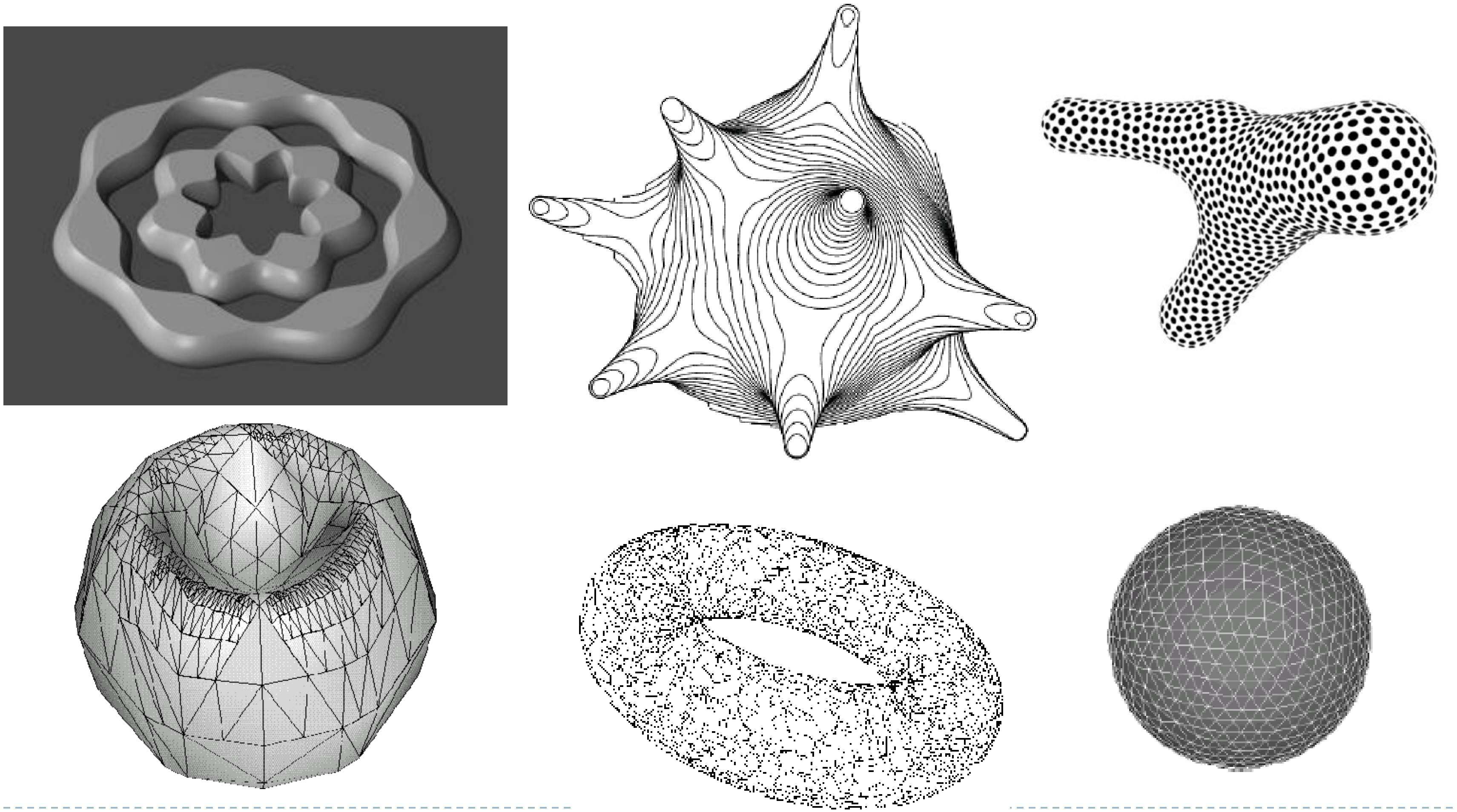
Powierzchnie uwikłane

- $f(x,y,z)=0$





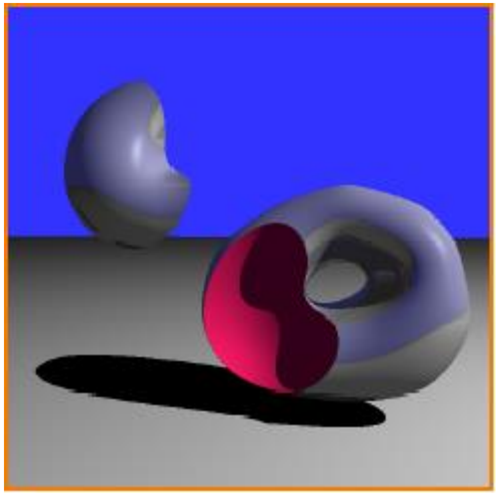
Renderowanie powierzchni uwikłanych



Kropelki

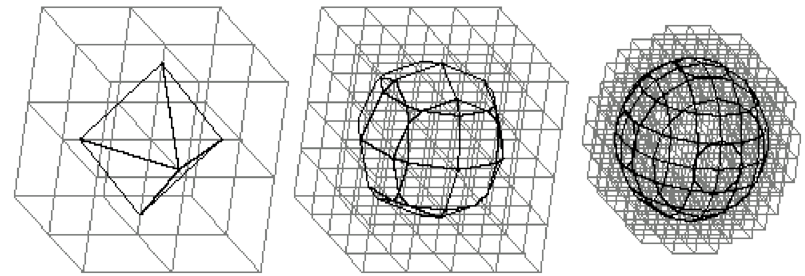
Renderowanie c.d.

- Jak możemy renderować?
  - Poligonizacja
  - Ray tracing
  - Rysowanie konturów
  - Pływające cząstki

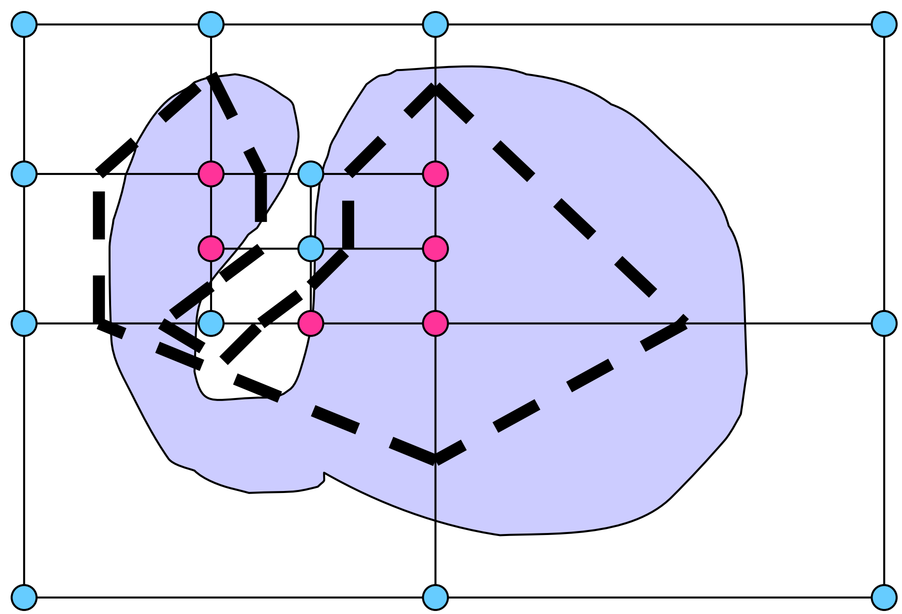


Poligonizacja

- Podział przestrzeni na sześcienne komórki

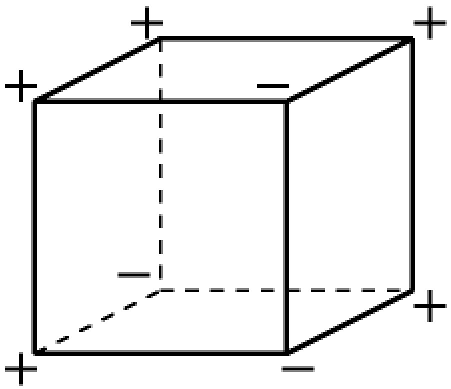


  - Zazwyczaj dzielimy z pomocą drzewa ósemkowego

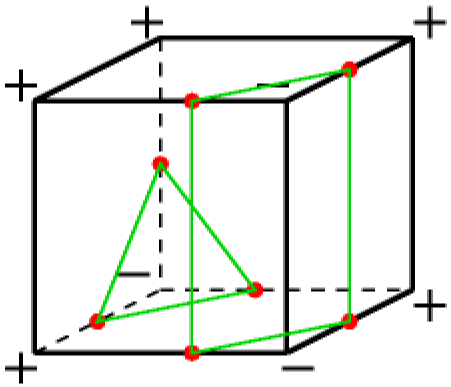


Poligonizacja – cd.

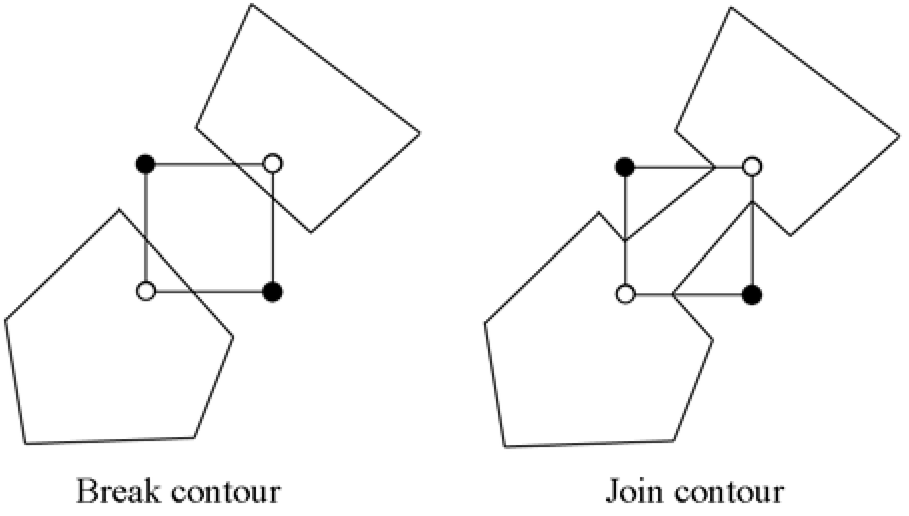
- Znajdowanie układu znaków wartości funkcji
  w wierzchołkach sześcianu



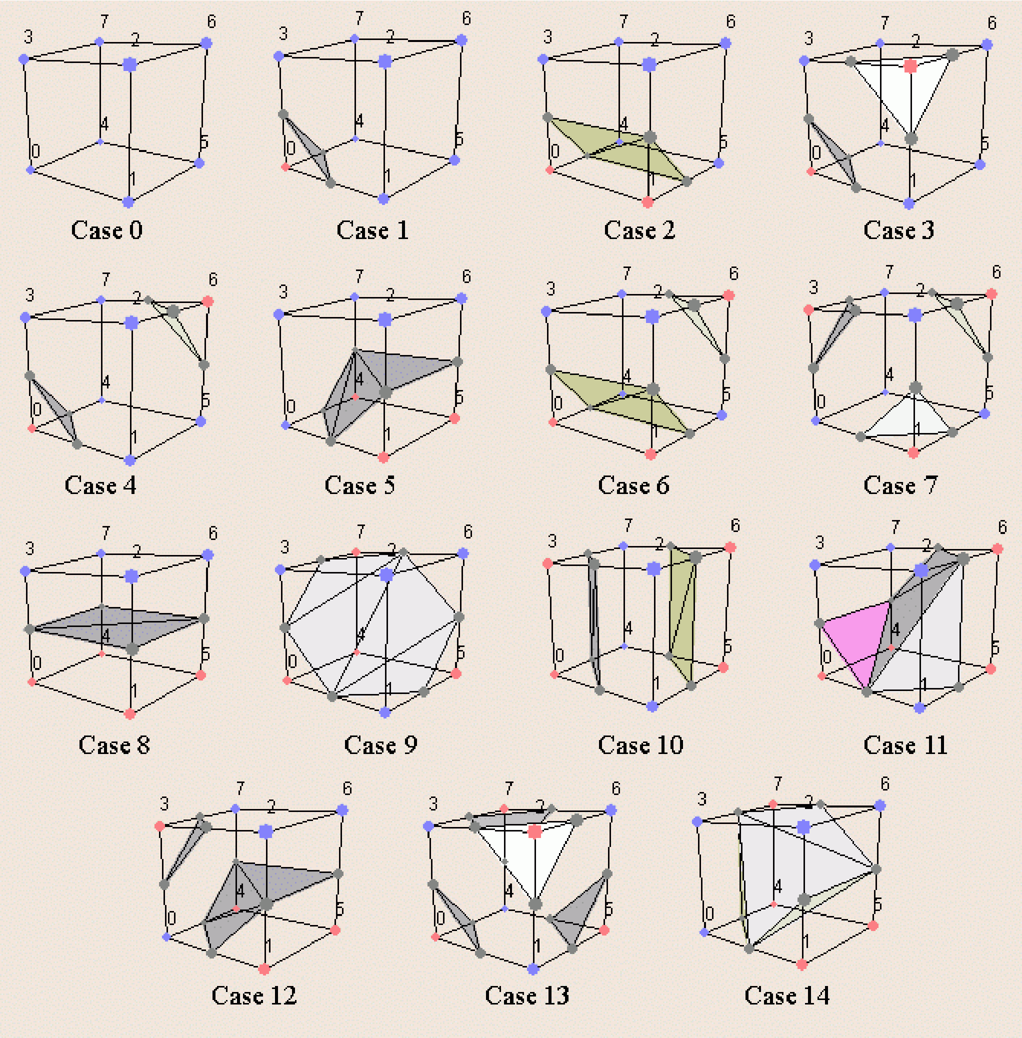
- Wyznaczanie wierzchołków i tworzenie ścian modelu wynikowego



Poligonizacja – niejednoznaczności

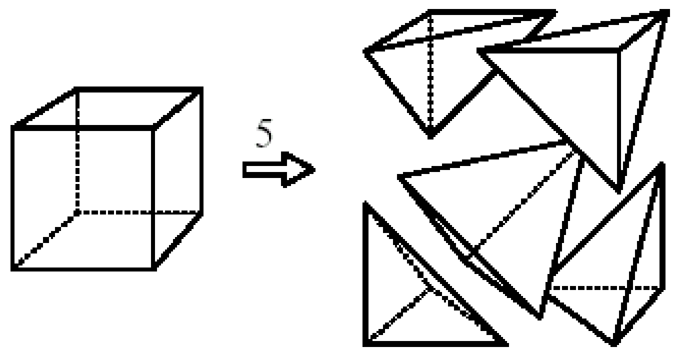


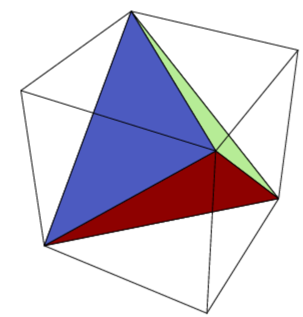
Poligonizacja – 15 przypadków

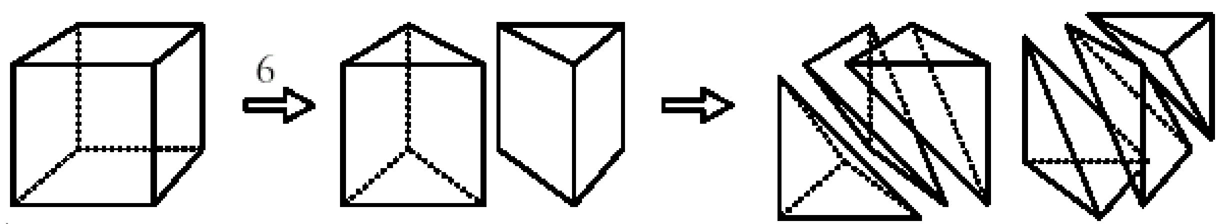


Poligonizacja – rozwiązanie konfliktu

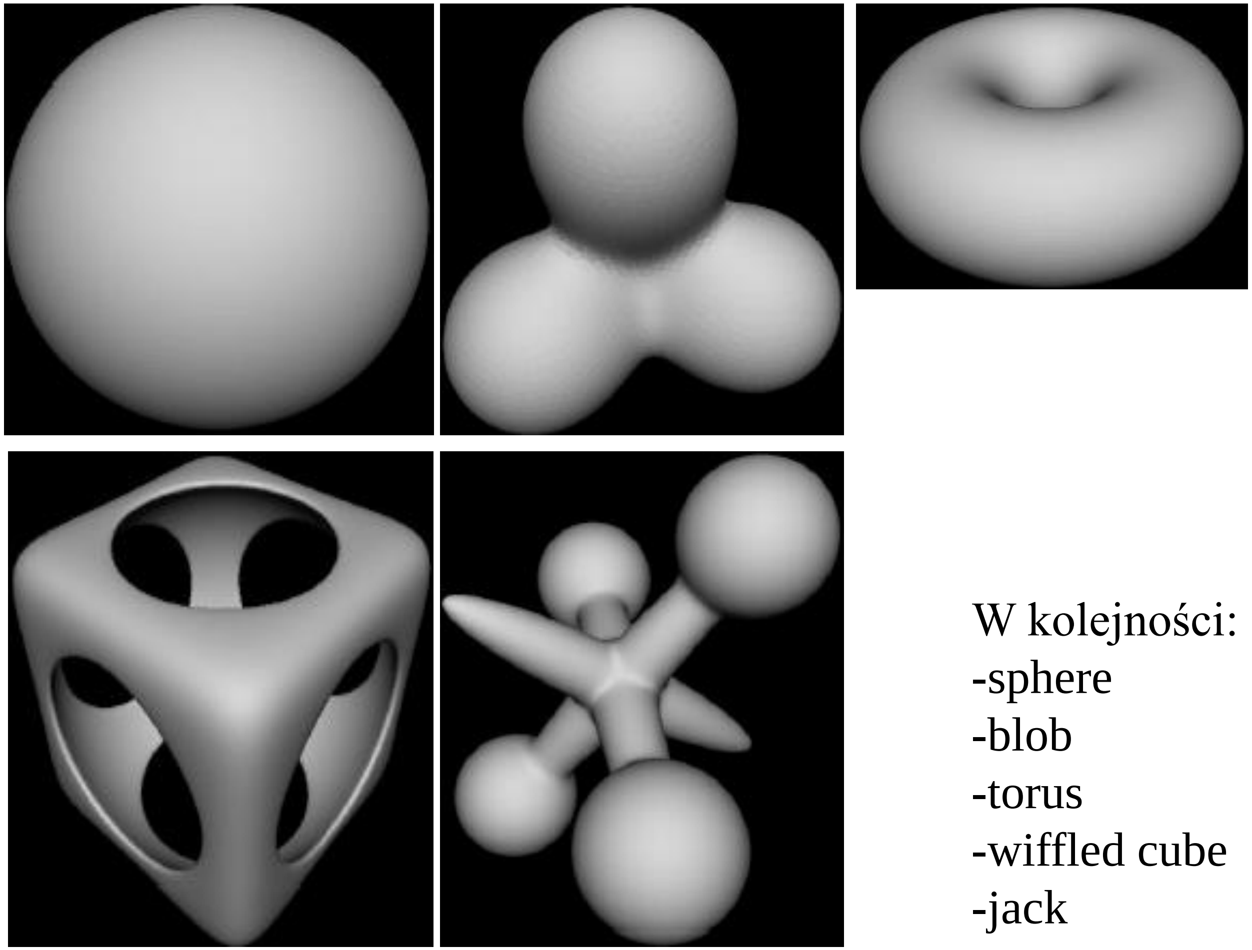
- Podział komórki na czworościany





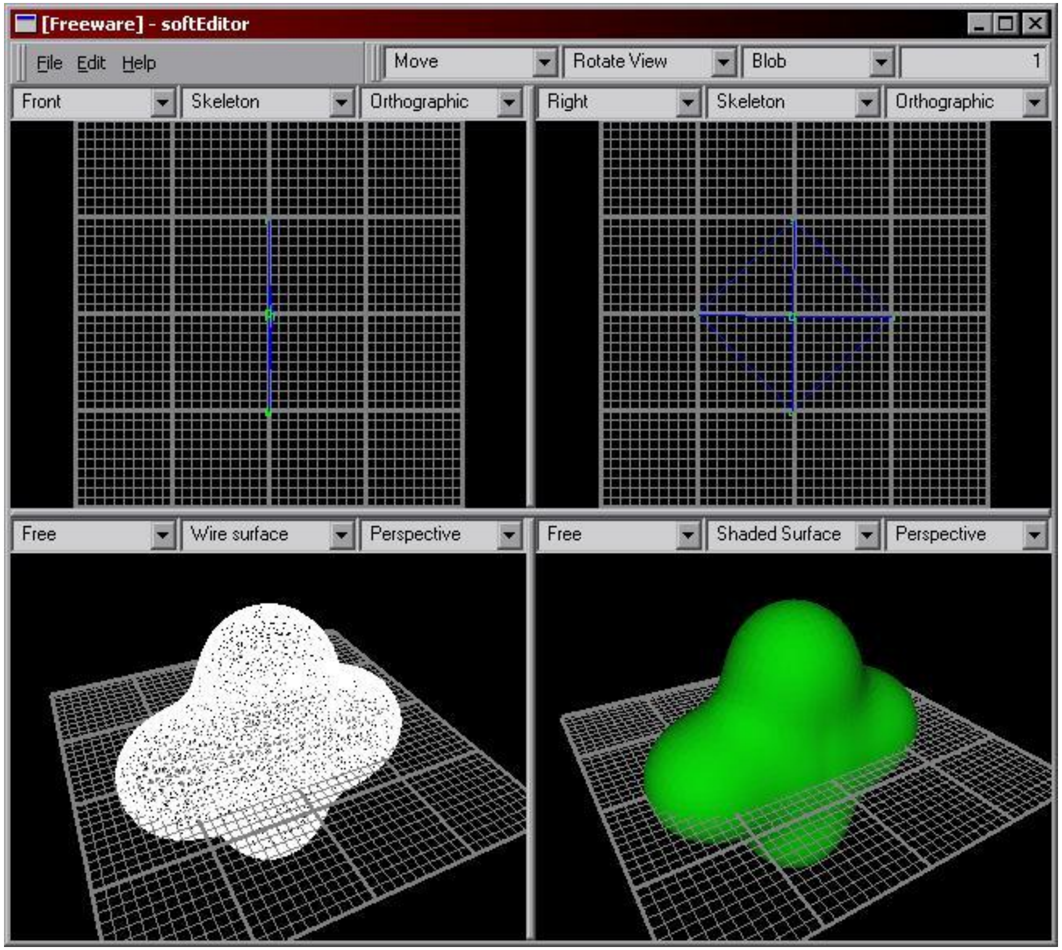


Modele testowe



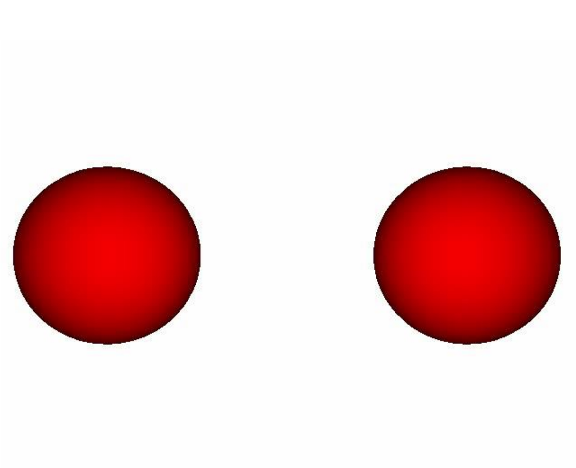
W kolejności:
-sphere
-blob
-torus
-wiffled cube
-jack

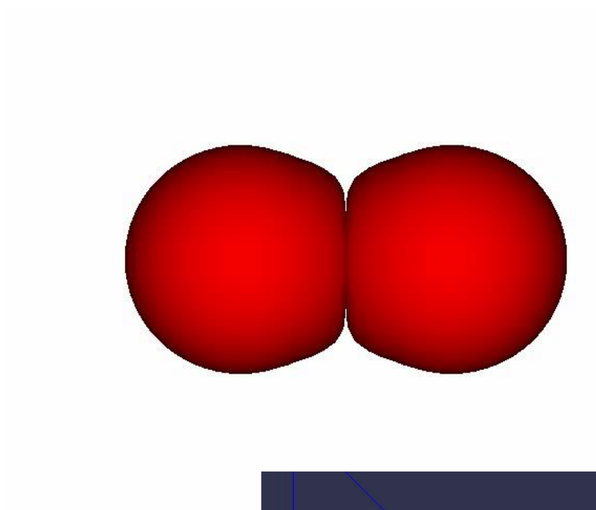
Edytor obiektów trójwymiarowych

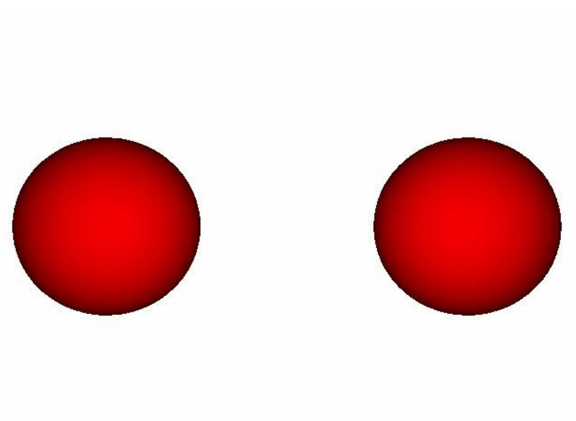


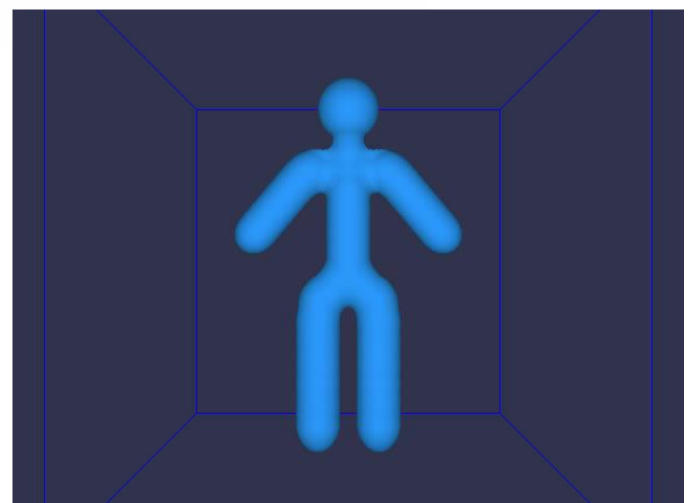
Kropelki

Animacje blobów





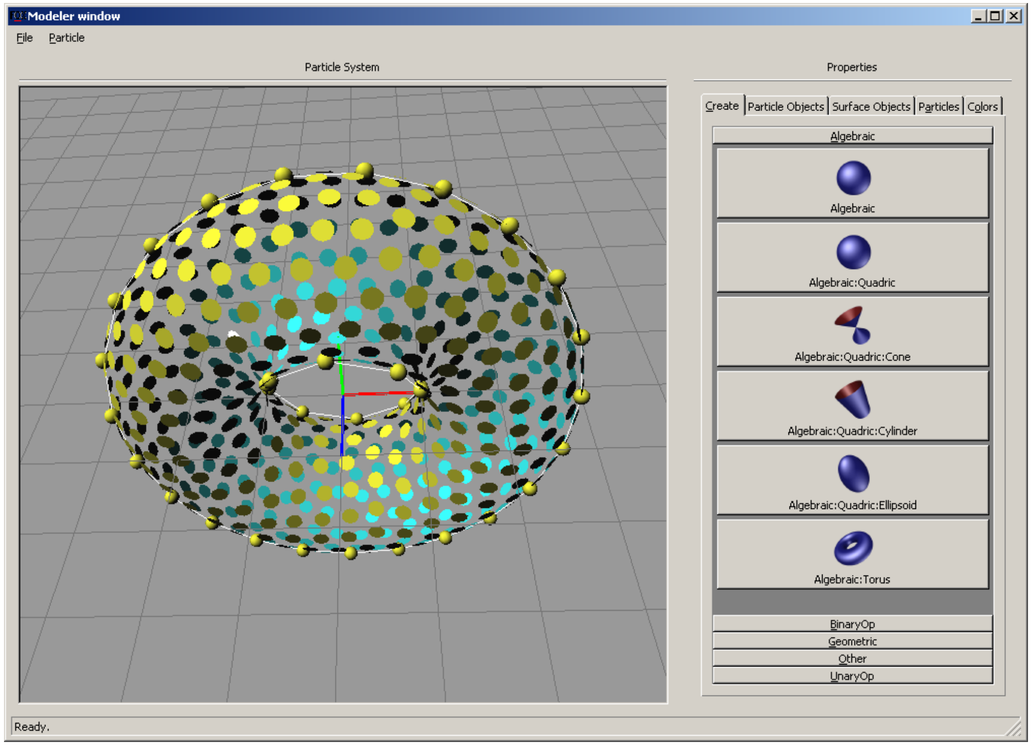




Kropelki

Oprogramowanie z UIUC

http://graphics.cs.uiuc.edu/projects/surface/

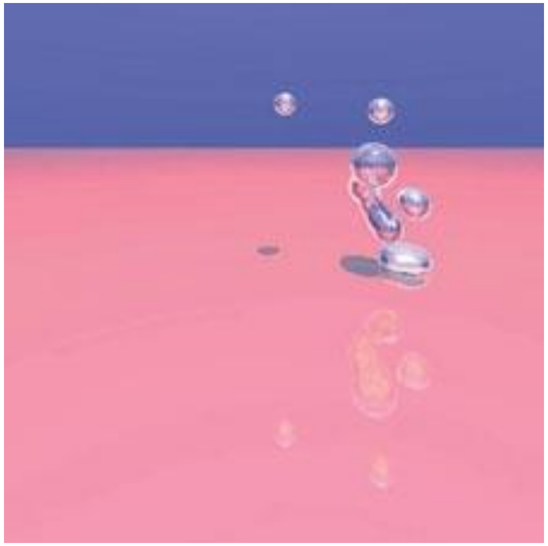


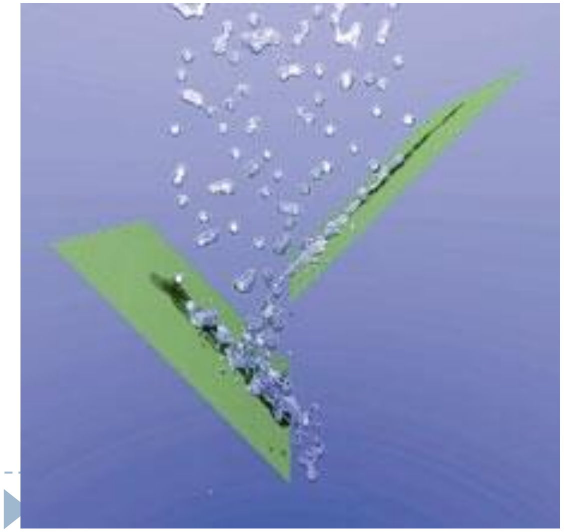
Przykład modelowania cieczy za pomocą cząstek

Alan Murta & James Miller

http://www.cs.man.ac.uk/aig/staff/alan/

Alan Murta





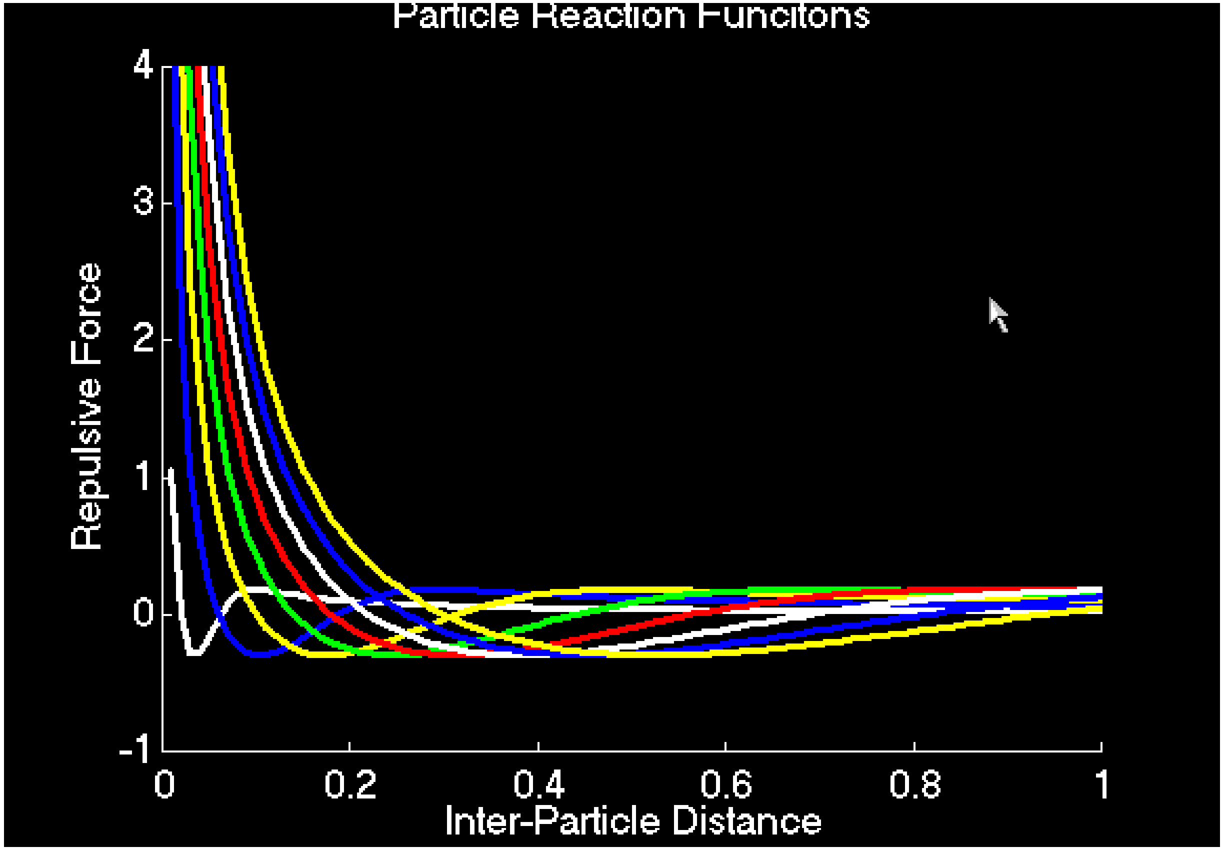
Przykład modelowania cieczy za pomocą cząstek

JEREMY S. DEBONET & CHRIS STAUFFER: USING CHARGED PARTICLE SYSTEMS TO SIMULATE FLUID FLOW

http://www.debonet.com/Projects/Graphics/NaturalModeling/FluidSimulation/

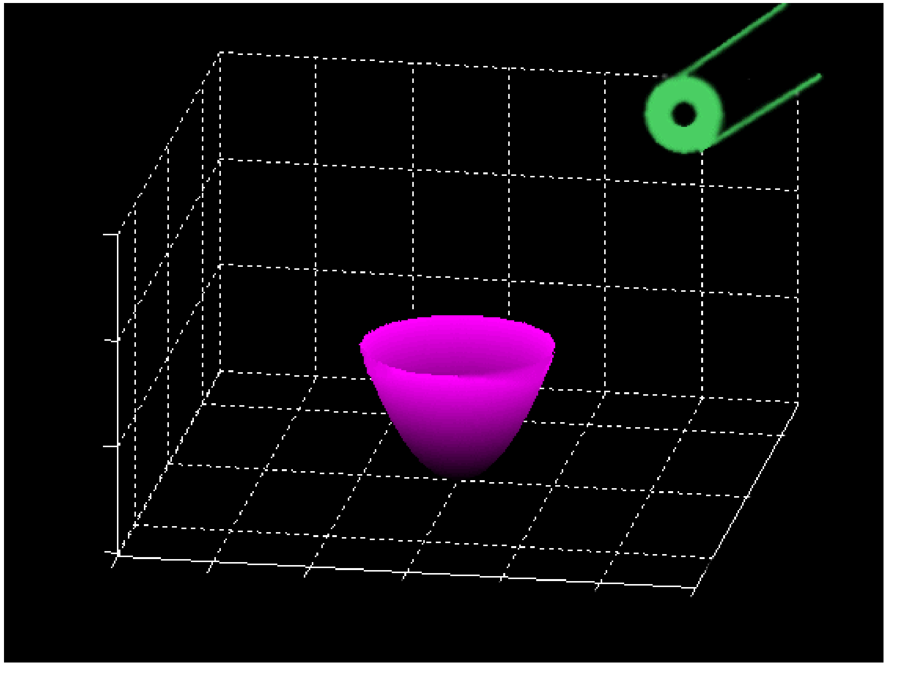
Motywacja

Model: oddziaływanie cząstek



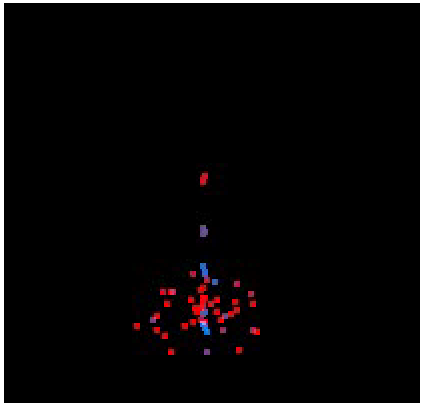
F ~ d/x + exp ((d-x)^2/4*d^2)

Środowisko do modelowania



Symulacja

Symulacja



Modelowanie przepływu krwi

Frédéric Triquet

http://www.lifl.fr/~triquet/