

Płyny, zachowania stadne i algorytmy genetyczne



Modelowanie fizyczne w animacji komputerowej
Maciej Matyka

Wykład z Modelowania – przegląd 3

1. Model płynu SPH

2. Zachowania stadne (Flocking)

3. Animation Aerodynamics

4. Płyny Android (Liquid Fun)

5. Algorytmy Genetyczne

N. Foster, R. Fedkiw (2001)



<http://youtu.be/Uo2SNtFofWI>



5_Shrek - All Stars.mp4



5_Shrek - All Stars.mp4
32.4 MB

Smoothed Particle Hydrodynamics



Fluid simulation



Navier-Stokes

Smoothed Particle Hydrodynamics
Molecular Dynamics



Fluid simulation



Navier-Stokes

Smoothed Particle Hydrodynamics
Molecular Dynamics



Skala makro (continuum)

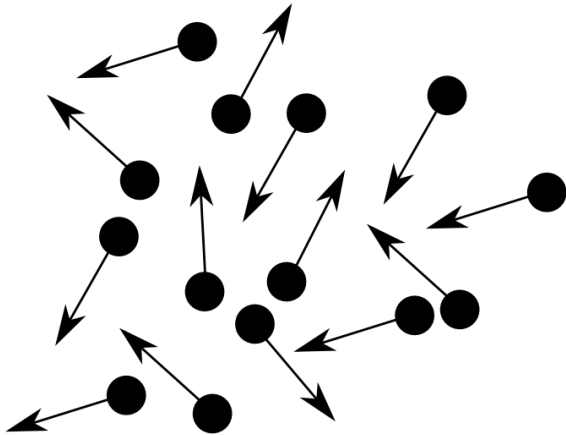


- Navier–Stokes Equations (NSE)
 - Finite Difference Method (FDM)
 - Finite Volume Method (FVM)
 - Finite Element Method (FEM)
- **Smoothed Particle Hydrodynamics** (SPH)
- Dissipative Particle Dynamics (DPD)
- The Lattice Boltzmann Method (LBM)
- Lattice Gas Automata (LGA)
- Molecular Dynamics (MD)



Skala mikro (poziom atomowy)

Smoothed Particle Hydrodynamics (**SPH**)



- Ciągłe pole gęstości

$$W_{\text{poly6}}(r) = \frac{315}{64\pi d^9} \begin{cases} (d^2 - r^2)^3 & 0 \leq r \leq d \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases}$$

$$\rho(\mathbf{x}) = \sum_j m_j W(|\mathbf{x} - \mathbf{x}_j|)$$

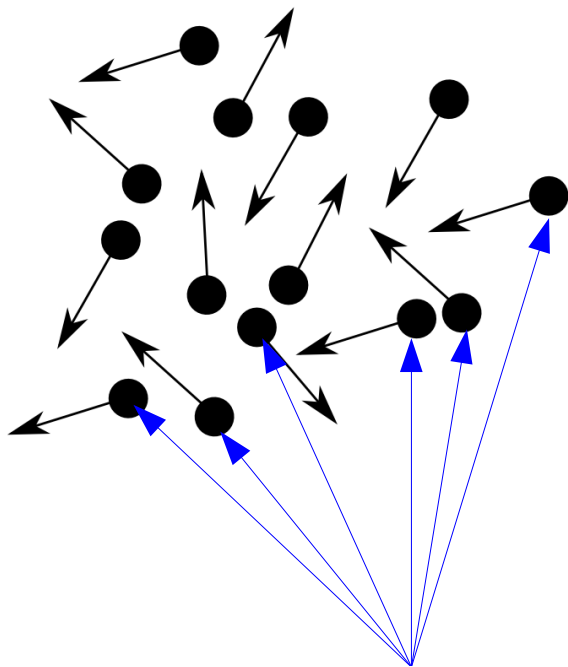
$$\rho(\mathbf{x}) = \sum_j m_j W(|\mathbf{x} - \mathbf{x}_j|)$$



```
1
2 ▼
3
4 ▼
5
6
7
8
9 ▼
10
11
12
13
```

```
for(int j=0; j<N; j++)
{
    if(i!=j)
    {
        rx = px[i] - px[j];
        ry = py[i] - py[j];
        d = sqrt(rx*rx + ry*ry);
        if(d<=h)
        {
            rho[i] += mass[j]*W_poly6(d);
        }
    }
}
```

- Ciągłe pole dowolnej wielkości fizycznej A



$$A_s(\mathbf{x}) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} W(|\mathbf{x} - \mathbf{x}_j|).$$

Gradient w SPH

- Gradient liczymy jako gradient z pola ciągłego

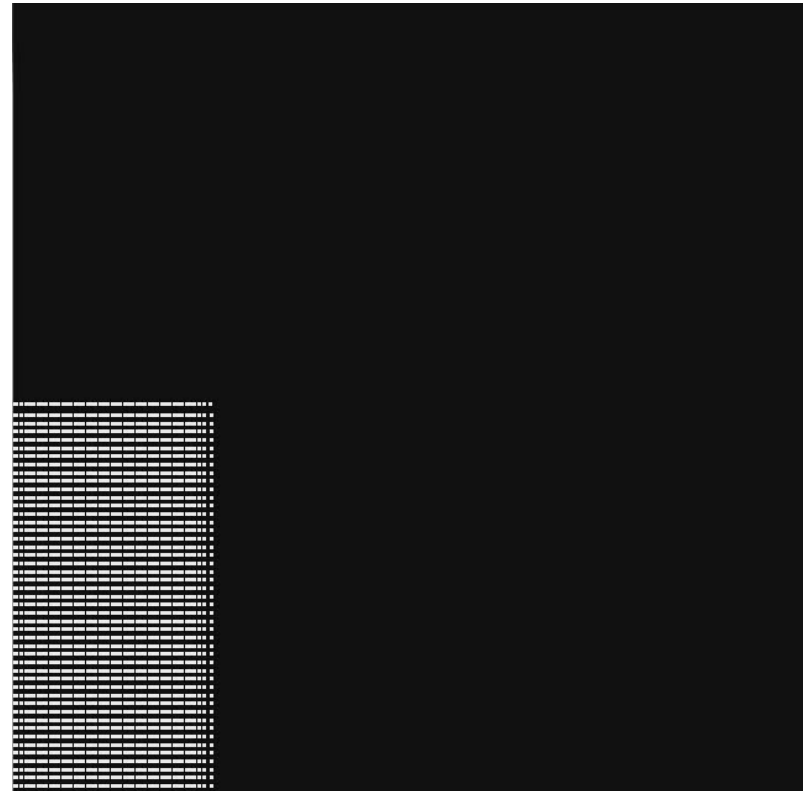
$$\nabla A_s(\mathbf{x}) = \sum_j m_j \frac{A_j}{\rho_j} \nabla W(|\mathbf{x} - \mathbf{x}_j|).$$

Smoothed Particle Hydrodynamics (**SPH**)

$$D\mathbf{v}/Dt = -\nabla p + \rho\mathbf{g} + \mu\nabla^2\mathbf{v},$$



$$\vec{a} = \vec{F}/m$$



$$\dot{\mathbf{x}}_i = \mathbf{v}_i$$

$$\dot{\mathbf{v}}_i = \mathbf{f}_i/m_i$$

```
1  »    fx = force_pres_x[i] + force_visc_x[i];  
2  »    fy = force_pres_y[i] + force_visc_y[i];  
3  
4  »    ax = dt * fx / rho[i] + gx;  
5  »    ay = dt * fy / rho[i] + gy;  
6  
7  »    vx[i] = vx[i] + ax * dt;  
8  »    vy[i] = vy[i] + ay * dt;  
9  
10 »    px[i] = px[i] + dt * vx[i];  
11 »    py[i] = py[i] + dt * vy[i];
```

Ciśnienie

- Siła ciśnienia liczona wprost z gęstości

$$\mathbf{f}_i^{\text{pressure}} = -\nabla p(\mathbf{x}_i) = -\sum_j m_j \frac{p_i + p_j}{2\rho_j} \nabla W(|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j|).$$

$$p = k(\rho - \rho_0)$$

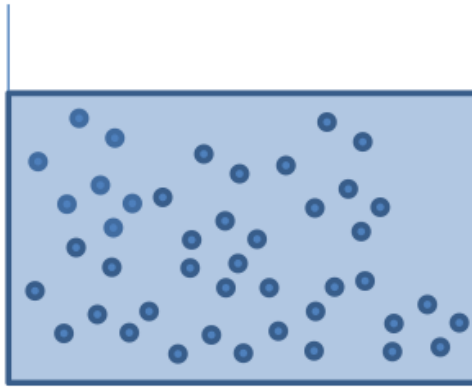


```
5 force_pres_x[i] -= mass[i] * (pi+pj)/(2.*rho[j]) * W_spiky_grad_x(rx,ry,d);  
6 force_pres_y[i] -= mass[i] * (pi+pj)/(2.*rho[j]) * W_spiky_grad_y(rx,ry,d);
```

Lepkość

$$\mathbf{f}_i^{\text{viscosity}} = \mu \nabla^2 \mathbf{v}(\mathbf{x}_i) = \mu \sum_j m_j \frac{\mathbf{v}_j - \mathbf{v}_i}{\rho_j} \nabla^2 W(|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j|)$$

```
4 force_visc_x[i] += (mu/rho0) * mass[i] * (vx[j] - vx[i])/rho[j] * W_viscosity_lapl(d);  
5 force_visc_y[i] += (mu/rho0) * mass[i] * (vy[j] - vy[i])/rho[j] * W_viscosity_lapl(d);
```

1. Lagrangian Fluid Dynamics, Using Smoothed Particle Hydrodynamics, Micky Kelager, 2006

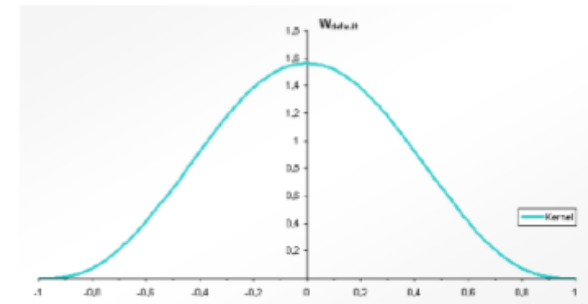
2. <http://pl.wikipedia.org/wiki/SPH>)

- Podejście **Lagrange'a** (ruchome punkty)
- Każda cząstka reprezentuje pewną objętość cieczy
- Wielkości fizyczne interpolowane po sąsiadach

$$A_i = \sum_{j=1}^N m_j \frac{A_j}{\rho_j} W_{ij}$$

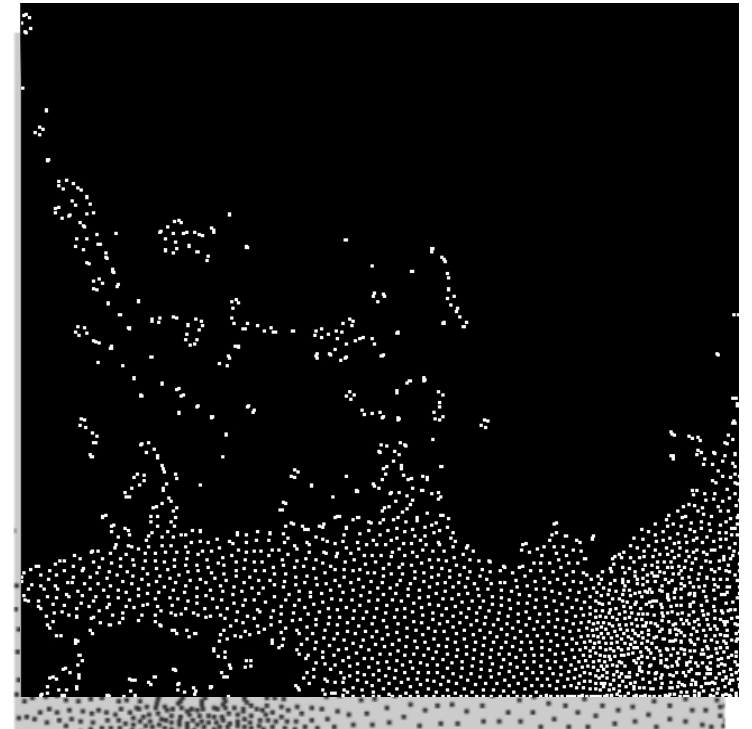
- Gdzie W_{ij} jest tytułowym „rozmyciem” np.

$$W_{default}(\mathbf{r}, h) = \frac{315}{64\pi h^9} \begin{cases} (h^2 - \|\mathbf{r}\|^2)^3 & 0 \leq \|\mathbf{r}\| \leq h \\ 0 & \|\mathbf{r}\| > h, \end{cases}$$



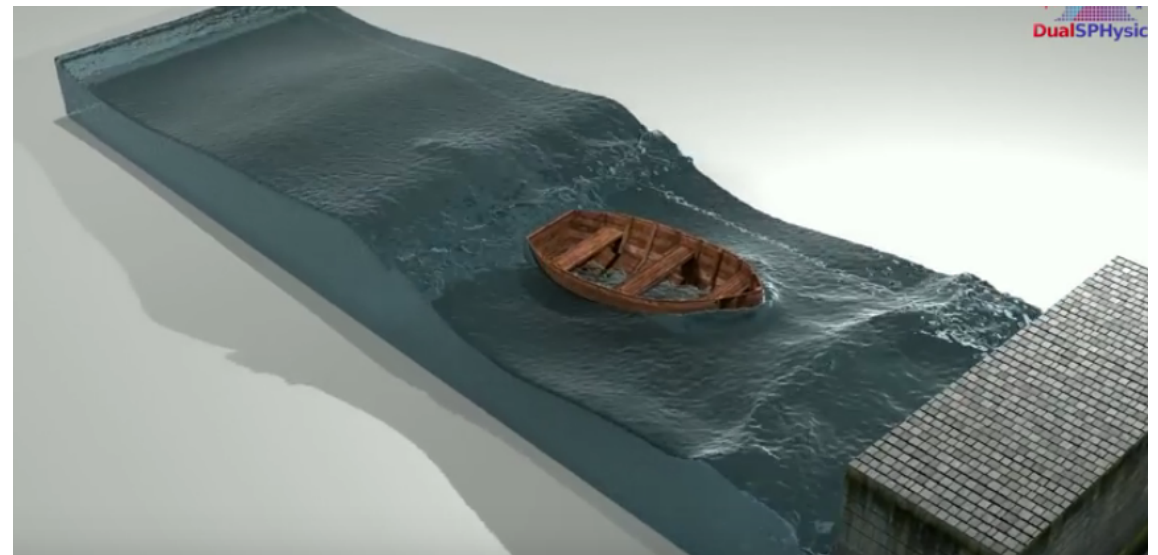
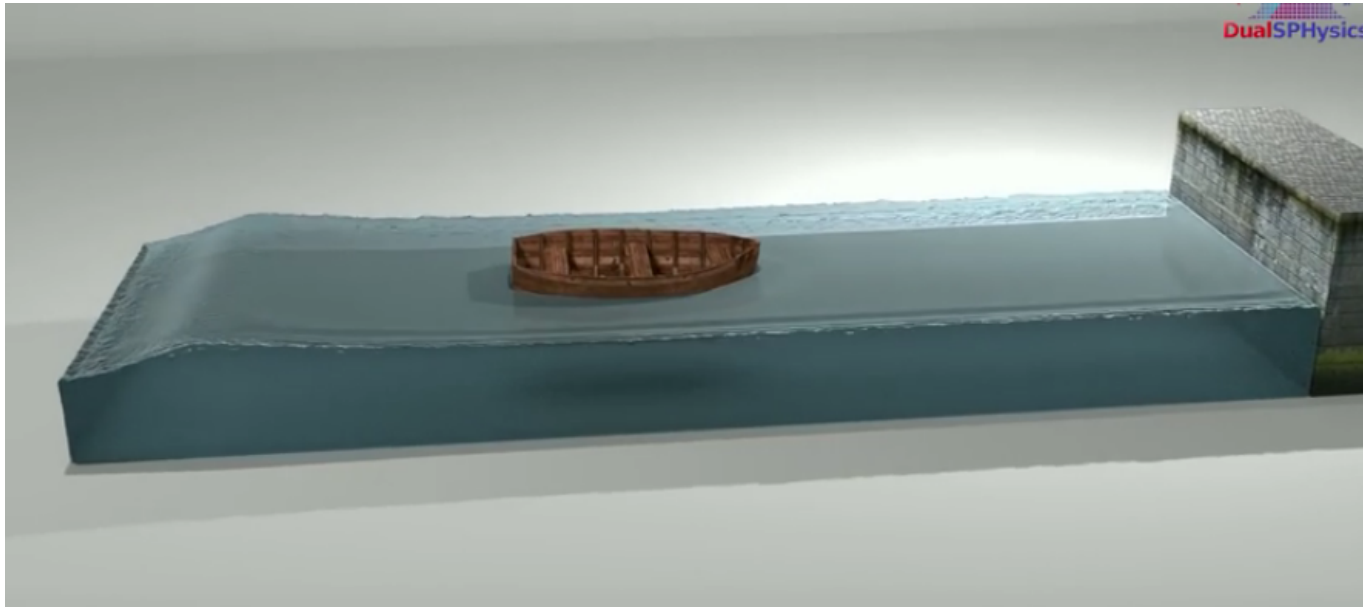
- Inicjalizuj pozycje i prędkości cząstek SPH
- Oblicz gęstość cząstki (z kerneli rozmycia)
- Oblicz siły działające na cząstkę
 - ciśnienie
 - lepkość,
 - siły powierzchniowe
- Przesuń cząstki
(najprościej schemat Euler...)

$$v = v + (F/m) * dt$$
$$p = p + v * dt$$



(SPH w działaniu)

SPH



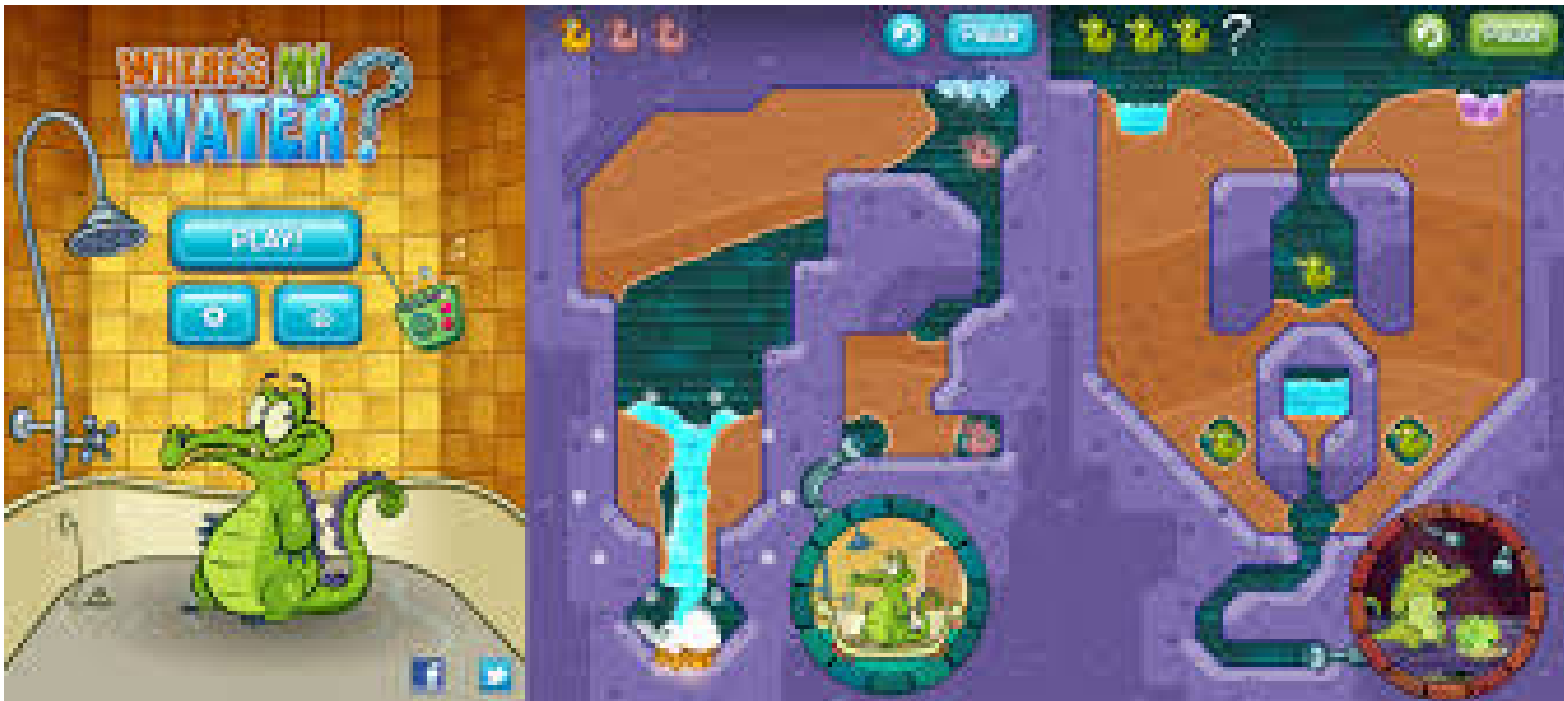
NEW. Visualisation

<http://dual.sphysics.org/>

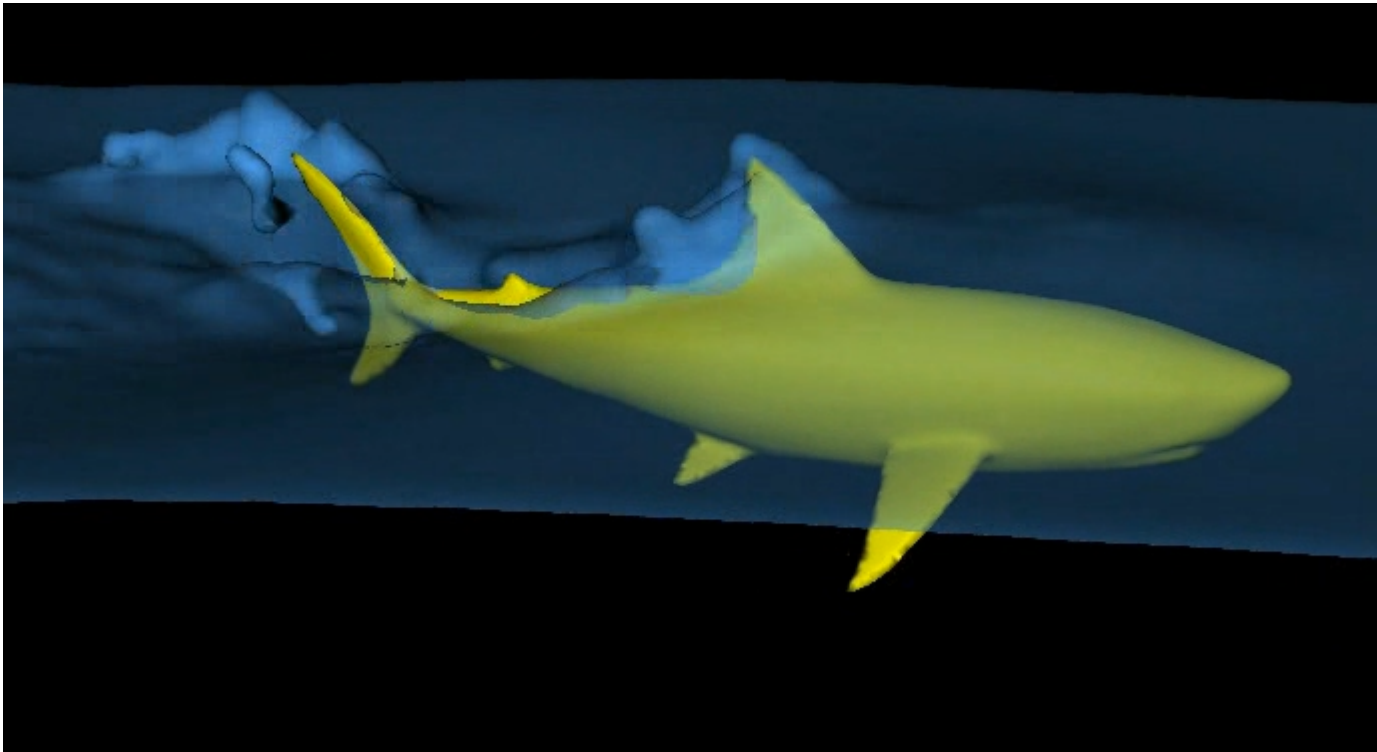
<https://www.youtube.com/watch?v=pnLTWUk6wPc>

NEW. Visualisation with Blender & DualSPHysics (SPH on GPU) [720p].mp4

Symulacje dynamiki płynów SPH



Where's My Water_
2 Level 13



shark_fps10_xvid.
avi

CSIRO Mathematics, Informatics and Statistics

http://www.csiro.au/cfd/sph_movies/

Blender + SPH

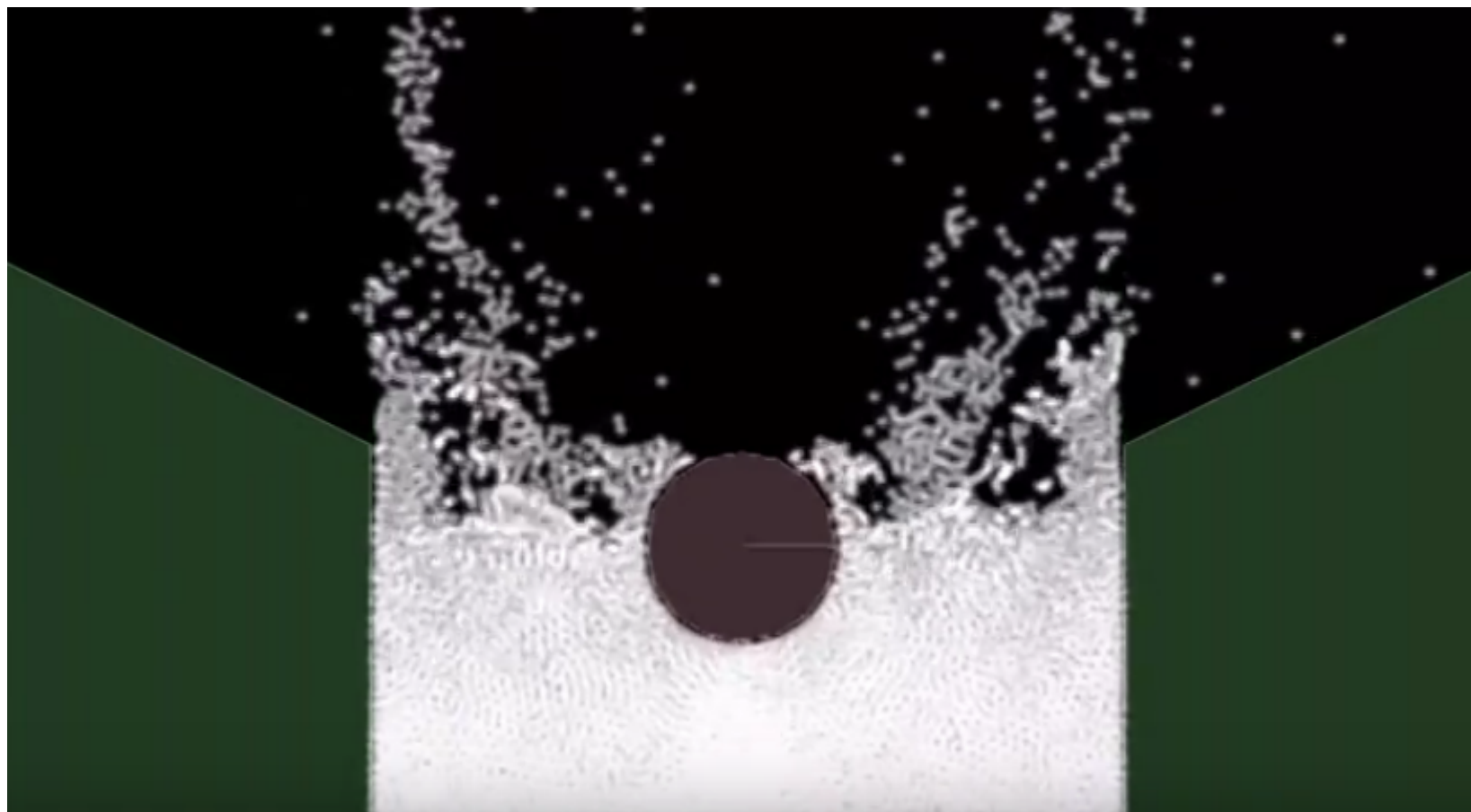
- Motion Tracking w Blenderze
- Symulacja: dual.sphysics.org



Visualisation effects (motion tracking) with

LiquidFun (Android)





Biblioteka dla C++ / Java / JavaScript

<http://google.github.io/liquidfun/>

<https://youtu.be/bofu6Hw7u5s>



LiquidFun.mp4

Zachowania stadne (Flocking)



Flocking



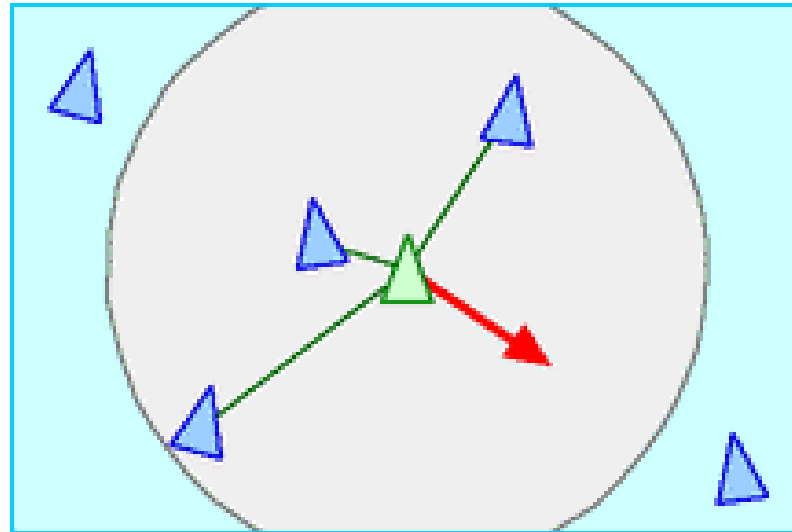
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sort_sol_pdfnet.jpg

Unbelievable Starlings [720p].mp4



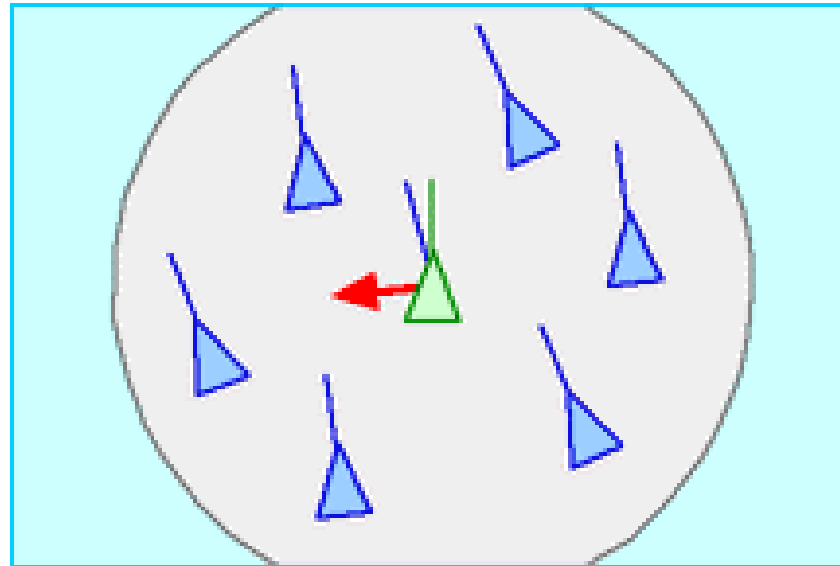
Unbelievable
Starlings [720p].
mp4

Flocking – zasada 1



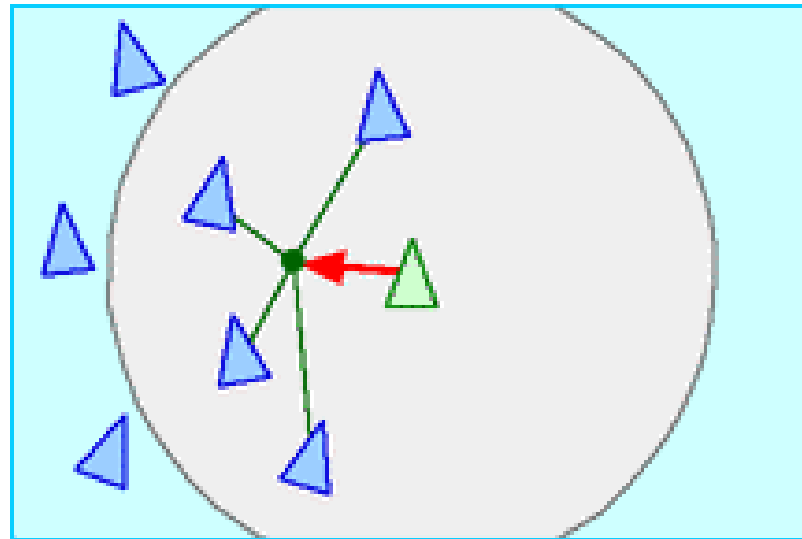
- Agent unika lokalnych zagęszczeń

Flocking – zasada 2



- Orientacja dopasowuje się do orientacji lokalnej grupy

Flocking – zasada 3



- Kieruje się w stronę średniej pozycji otaczających agentów

Flocking



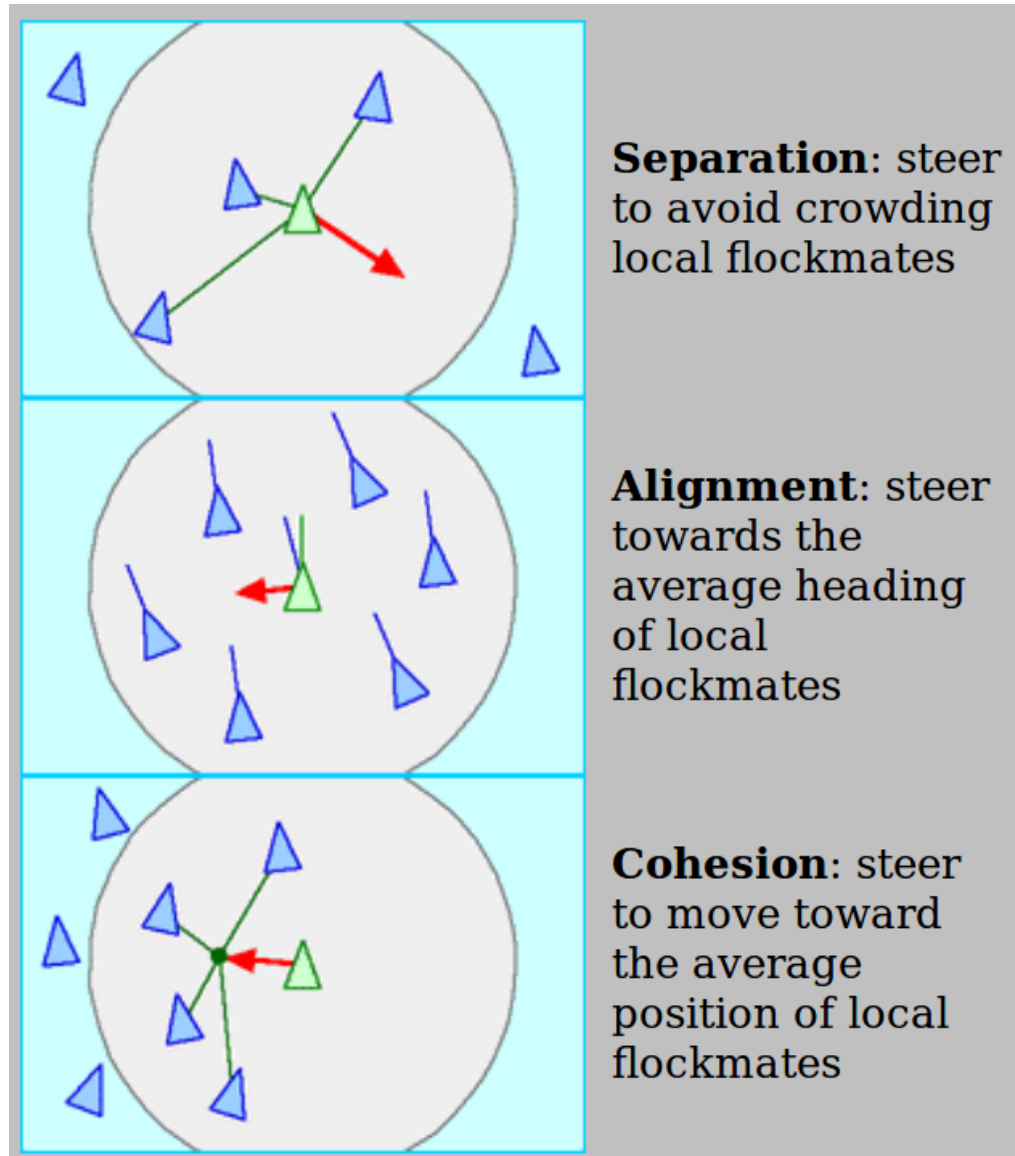
How do Boids Work? A Flocking Simulation

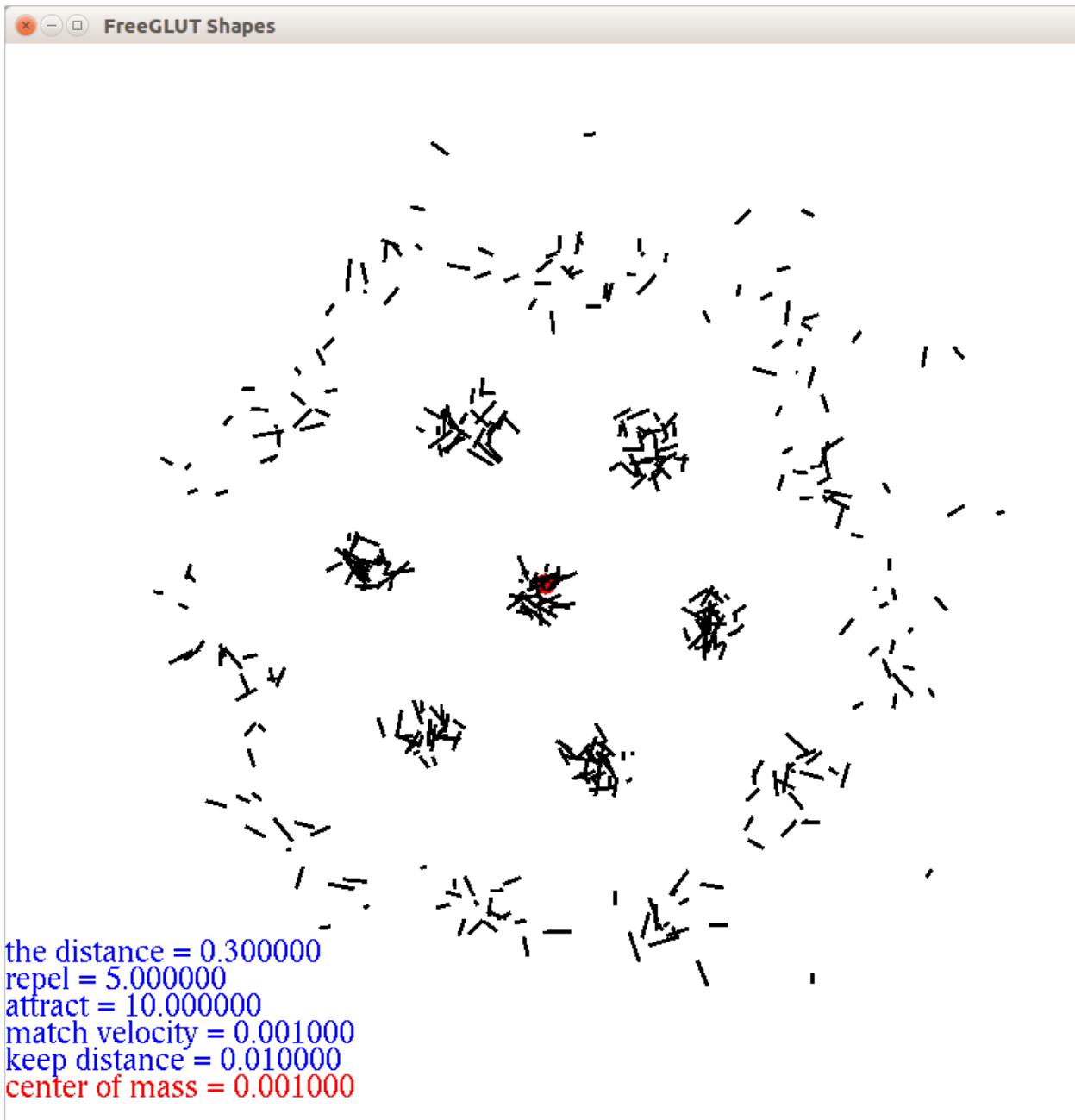
<https://www.youtube.com/watch?v=QbUPfMXXQIY>



How do Boids
Work_ A Flocking
Simulation [360p]...

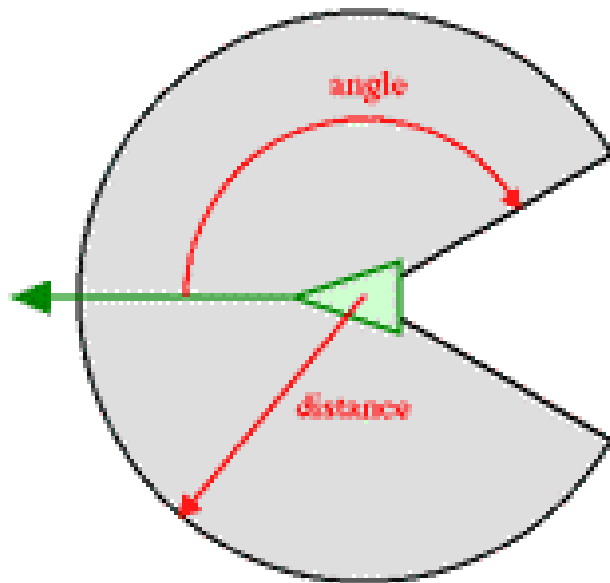
Flocking





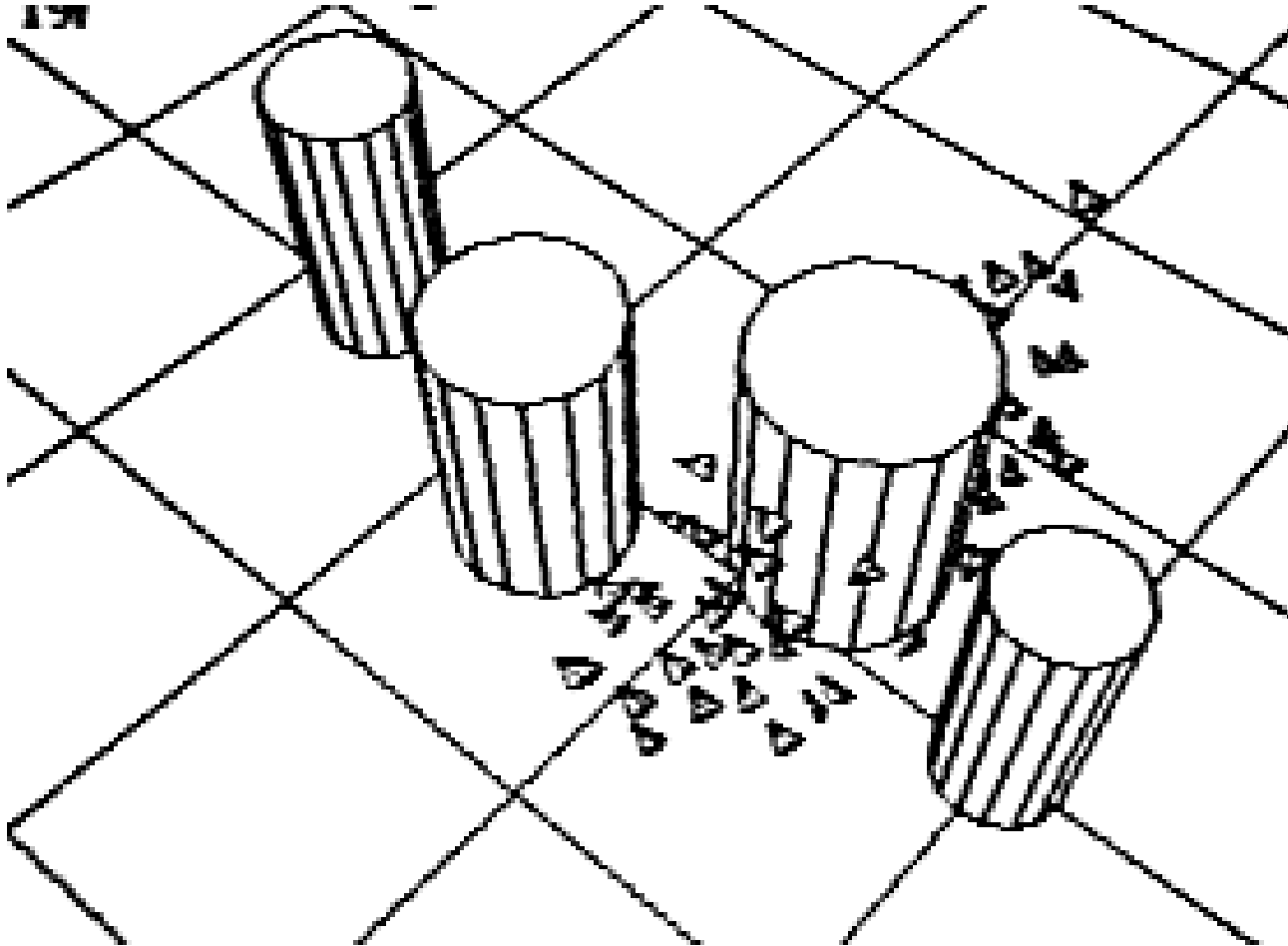
Model

- Agent reaguje tylko na bliskie otoczenie
- Uwzględniamy kąt widzenia



<https://www.red3d.com/cwr/boids/>

Flocking



Craig Reynolds in 1986

Constrained Animation of Flocks



Matt Anderson, Eric McDaniel and Stephen Cheney, SCA '03 Proceedings of the 2003 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation

Boids w Blenderze



blender predator
prey simulation
with boids particle
system [360p].mp4

<https://www.youtube.com/watch?v=rN8DzlgMt3M>

- Aplikacja: Kolektywny ruch grupy dronów



<https://vimeo.com/88660931>



VICSEK-DRONES-
233964310.mp4

Boids Źródła

<https://www.red3d.com/cwr/boids/>

<http://www.kfish.org/boids/pseudocode.html>