

# Počítačové simulace turbulentního proudění

Týden vědy na Jaderce (červen 2018)

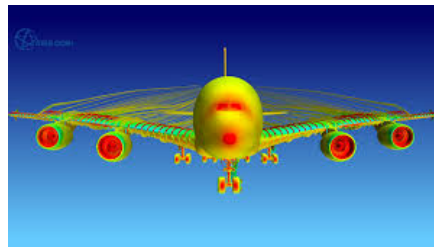
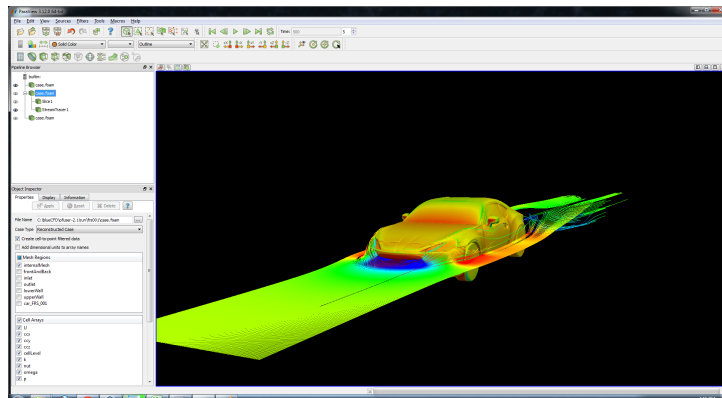
David Horský, Jan Světlík, Ondrej Tomášik, Vít Beran

Červen 19, 2018

- 1 Úvod
  - Využití numerických situací
  - Program OpenFOAM a ParaView
- 2 Data
  - Navierovy-Stokesovy rovnice
  - Simulace
  - Paralelizace
- 3 Závěr
- 4 Poděkování
- 5 Zdroje

# Využití numerických simulací

- Návrh nových součástek
- Automobilový a letecký průmysl
- Medicína



- Seznámit se s rovnicemi popisujícími proudění tekutin
- Naučit se s programem OpenFOAM a ParaView
- Nasimulovat turbulentní proudění a jeho vizualizace

- Open-source program pro simulaci proudění
- Jednoduchý na používání
- Podporuje paralelizaci výpočtů
- Vizualizace pomocí ParaView (podpora vektorových polí aj.)

Open  FOAM®

# Navierovy-Stokesovy rovnice

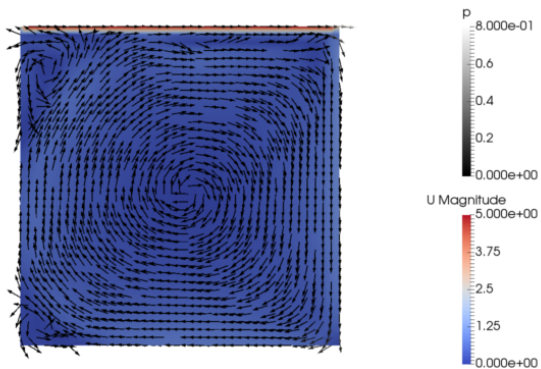
- Rovnice popisující zachování hmoty (1) a zachování hybnosti (2)
- Používali jsme zjednodušenou formu rovnic pro nestaličitelnou kapalinu

## Zjednodušené rovnice

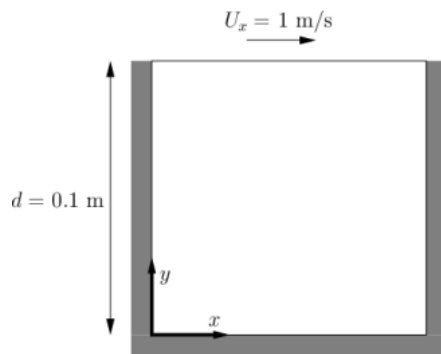
$$\nabla \cdot \vec{v} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \sum_{i=1}^N v_i \frac{\partial \vec{v}}{\partial x_i} = \vec{f} - \frac{\nabla p}{\rho} + \nu \Delta \vec{v} \quad (2)$$

# Simulace I.

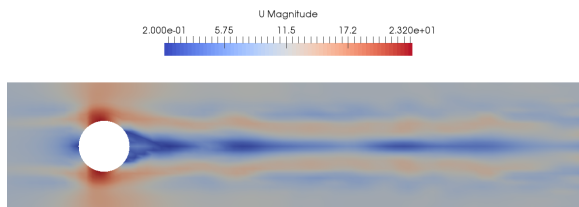


Obrázek 1: Ustálený stav v kavitě

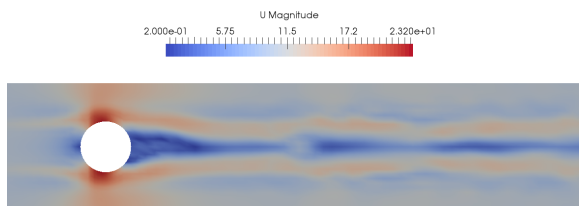


Obrázek 2: Schéma kavity

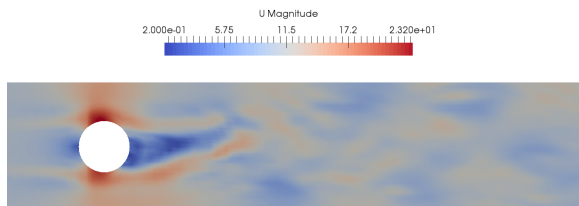
# Simulace II.



Obrázek 3: Turbulentní proudění v čase  $t = 0.71$  s



Obrázek 4: Turbulentní proudění v čase  $t = 1.05$  s



Obrázek 5: Turbulentní proudění v čase  $t = 1.67$  s



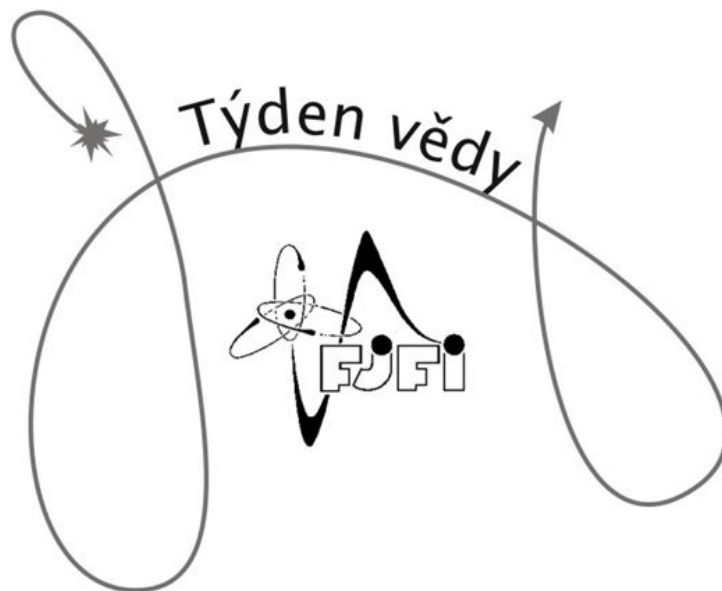
- Rozdělení výpočtu na více jader procesoru
- Jednotlivé oblasti mřížky přerozdělíme mezi jádra

## Tabulka výsledků

Počet jader	Čas [s]	Urychlení
1	142.25	1.0
2	94.91	1.5
4	84.23	1.7

- Úspěšně jsme nasimulovali turbulentní proudění
- Praktické zkušenosti s programy OpenFOAM a ParaView
- Zjistili jsme, že s více jádry nedosahujeme celočíselně vyšších urychlení

Děkuji za pozornost a za Váš čas!  
Zároveň děkujeme našim supervizorům za předané znalosti.



- [1] M. Feistauer: "Theory and Numerics for Problems of Fluid Dynamics" (2006).
- [2] OpenFoam Tutoriál, 2016