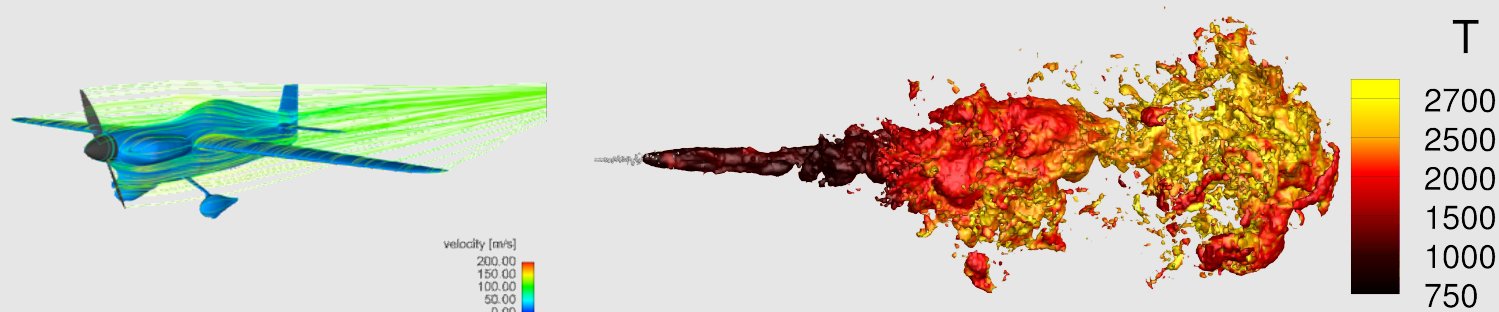


VÝPOČETNÍ DYNAMIKA TEKUTIN

ING. TOMÁŠ OBERHUBER, PH.D.

Co je výpočetní dynamika tekutin?

CFD (computational fluid dynamics) je oblast výpočetní fyziky zabývající se modelováním proudění tekutin na počítačích. Má mnoho velice praktických aplikací v **meteorologii, leteckém, automobilovém a energetickém průmyslu, medicíně, ekologii** a v řadě dalších oborů. Patří ale mezi jedny z výpočetně nejnáročnějších úloh, a proto se stále intenzivně pracuje na vývoji nových efektivních metod a algoritmů. Mezi ty nejúspěšnější patří **metoda konečných objemů, metoda konečných prvků a nově i lattice Boltzmannova metoda**. Některé z těchto metod vyžadují efektivní datové struktury pro práci s numerickými sítěmi nebo řídkými maticemi. Dále je potřeba implementovat výkonné numerické řešiče a to vše na paralelních architekturách jako **vícejádrové počítače, GPU, Intel Xeon Phi, výpočetních klastrech nebo superpočítačích**. Téma je vedeno ve spolupráci s **Výzkumným a zkušebním leteckým ústavem v Praze Letňanech, Ústavem termomechaniky Akademie věd České republiky a Institutem klinické a experimentální medicíny v Praze**.



Matematické modely

Existuje několik různých přístupů pro modelování proudění:

1. Mikroskopický: Úloha n -těles

$$\frac{\partial^2 \mathbf{p}_i}{\partial t^2} = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{G m_i m_j (\mathbf{p}_j - \mathbf{p}_i)}{\|\mathbf{p}_j - \mathbf{p}_i\|^3}, i = 1, \dots, N.$$

Tento popis vyžaduje simulaci všech částic tekutiny. Je prakticky nepoužitelný pro enormní výpočetní náročnost. V kombinaci s makroskopickým popisem je základem metody **particle-in-cell** (PIC).

2. Mezoskopický: Boltzmannova rovnice

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\mathbf{p}}{m} \cdot \nabla f + \mathbf{F} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{p}} = \nu (f_0 - f).$$

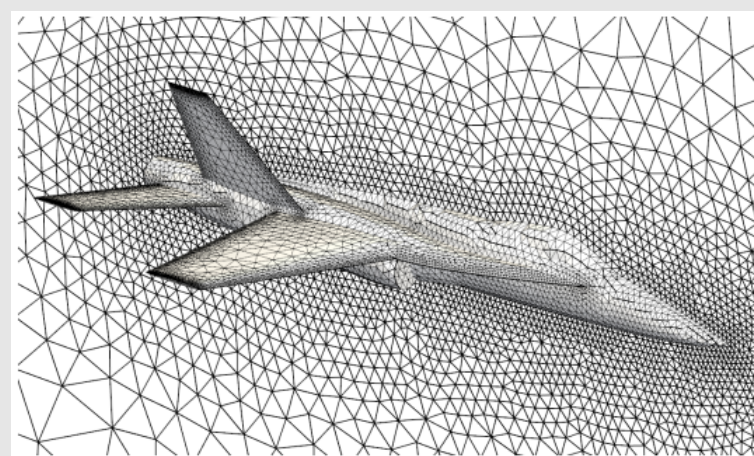
Je základem **lattice Boltzmannovy metody** (LBM) pro simulaci proudění, která reprezentuje nejmodernější trendy v CFD a přináší řadu výhod oproti jiným metodám.

3. Makroskopický: Navierovy-Stokesovy rovnice

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) &= 0, \\ \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} &= -\frac{1}{\rho} \nabla \bar{p} + \nu \nabla^2 \mathbf{u} + \frac{1}{3} \nu \nabla (\nabla \cdot \mathbf{u}) + \mathbf{g}. \end{aligned}$$

Je základem klasických metod pro simulace proudění v kombinaci s metodou **konečných diferencí** (FDM), **konečných objemů** (FVM) a **konečných prvků** (FEM).

Čím se budete zabývat



Bc.
Ing.
Ph.D.

- metoda konečných objemů pro stlačitelné proudění
- metoda konečných prvků pro nestlačitelné proudění
- efektivní řešiče pro nestlačitelné proudění
- multigradní řešiče
- algoritmy pro nesktrukturované sítě
- algoritmy pro adaptivní numerické sítě
- modely turbulencí
- lattice Boltzmannova metoda
- vícefázové proudění a level-set metoda
- Immersed boundary method (IBM) pro interakci tekutiny s pevnou látkou

