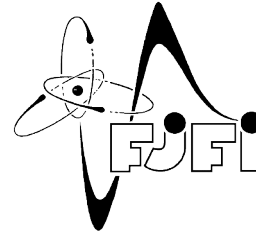




ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

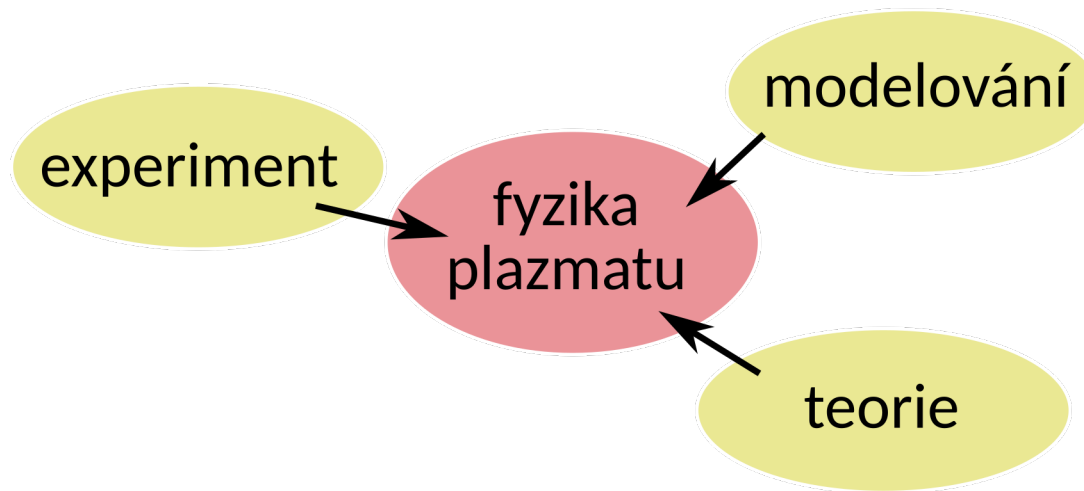


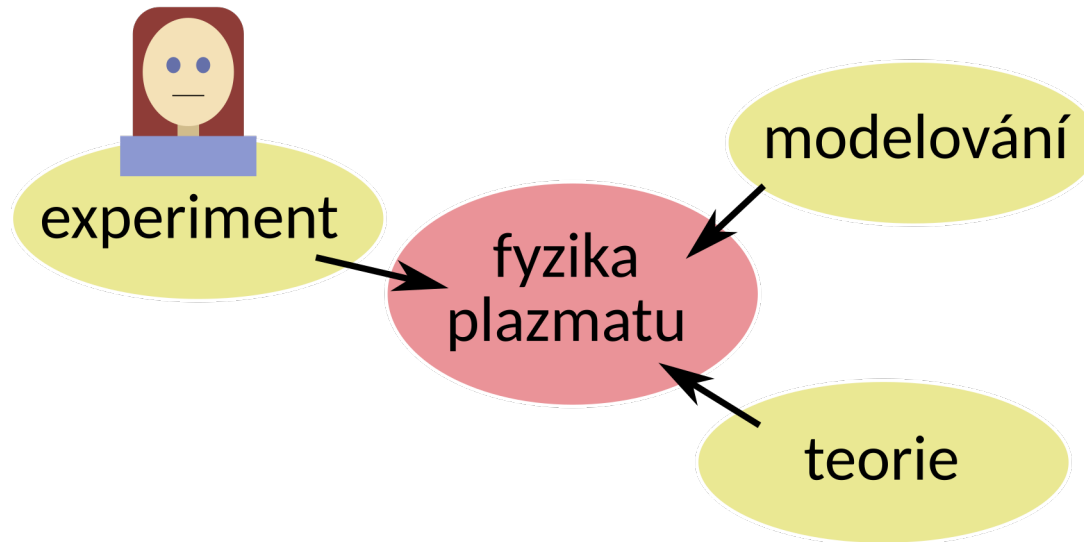
Transportní modelování okrajového plazmatu

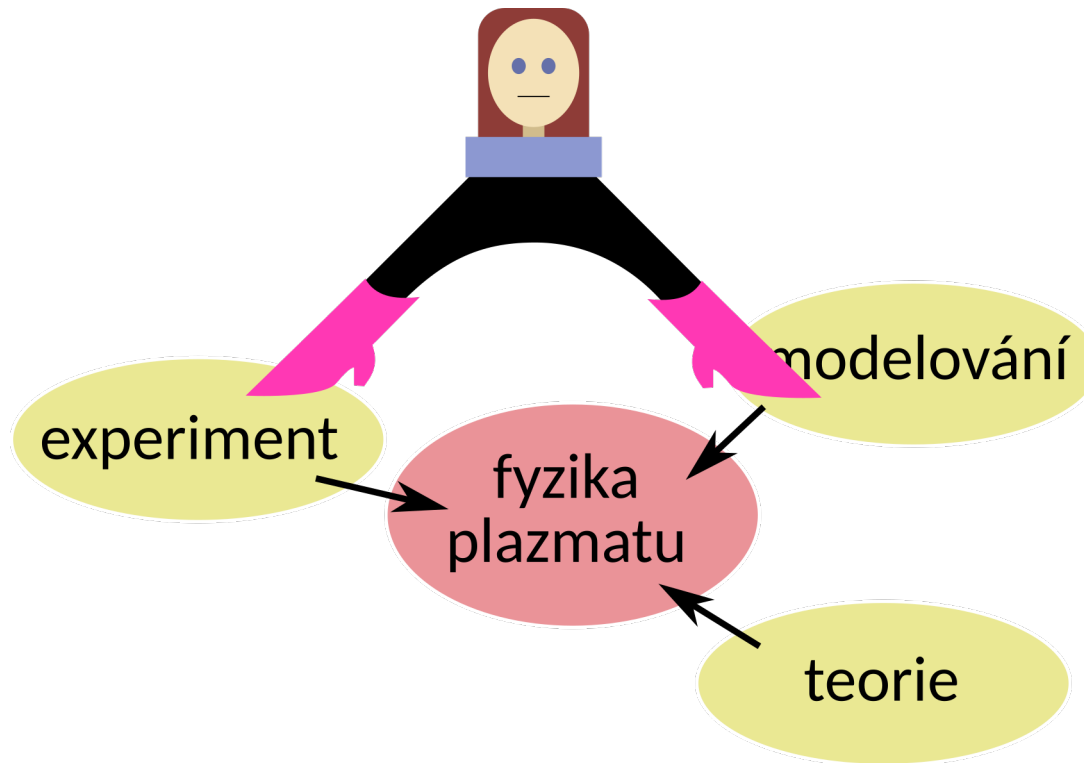
Ing. Kateřina Jiráková

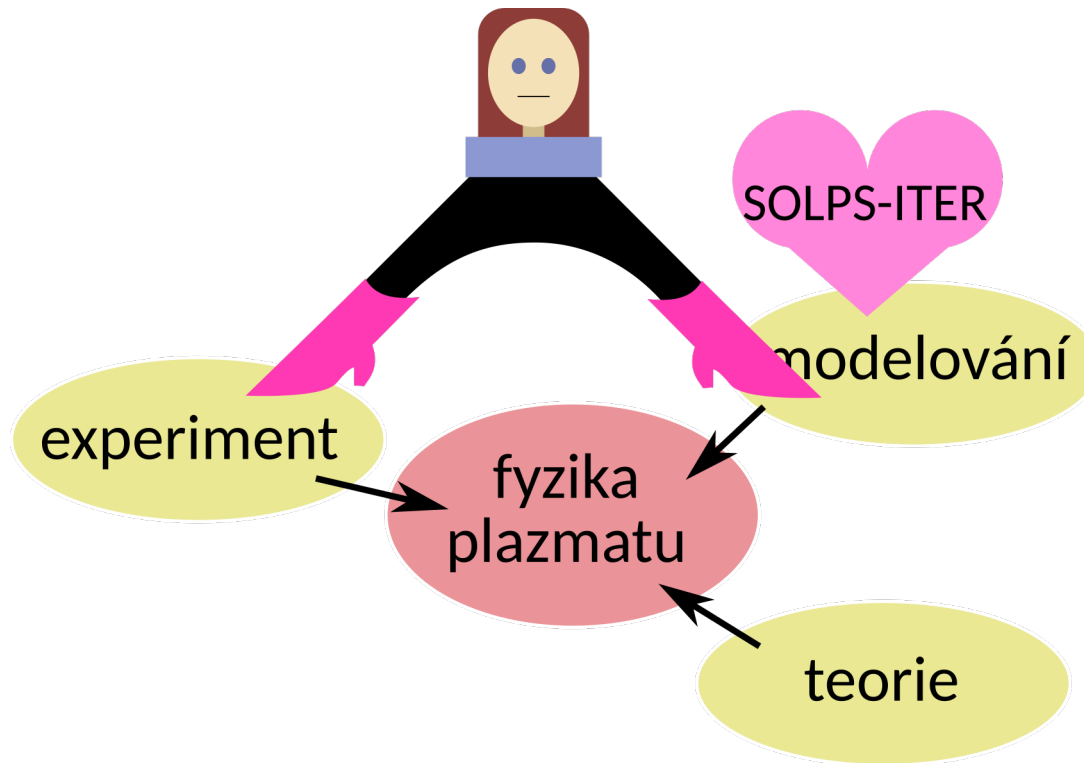
školitel: Mgr. Jakub Seidl, Ph.D.

školitel-specialista: Mgr. Michael Komm, Ph.D.

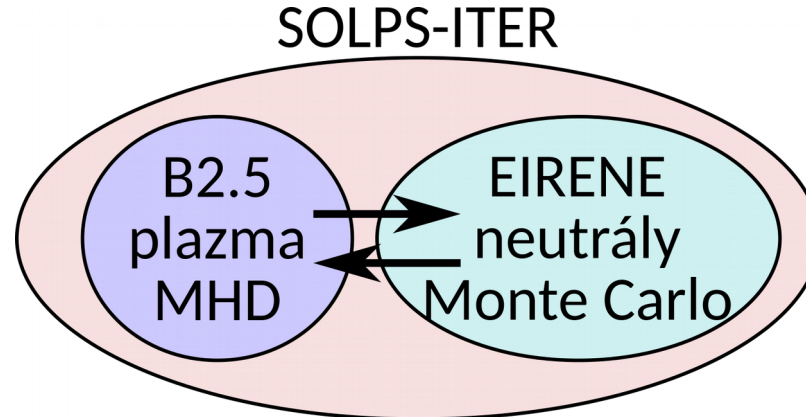






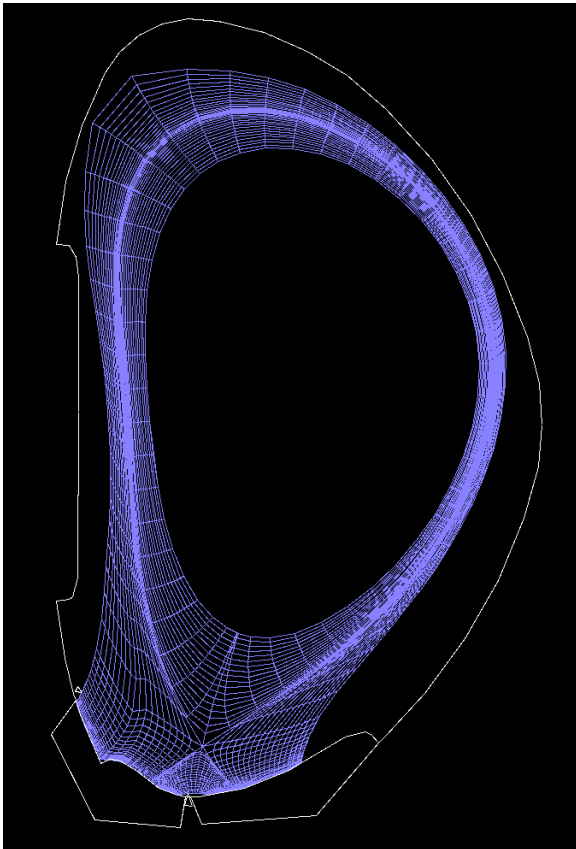


- 2D transportní kód pro modelování okrajového plazmatu v tokamaku
- složen ze dvou provázaných kódů:



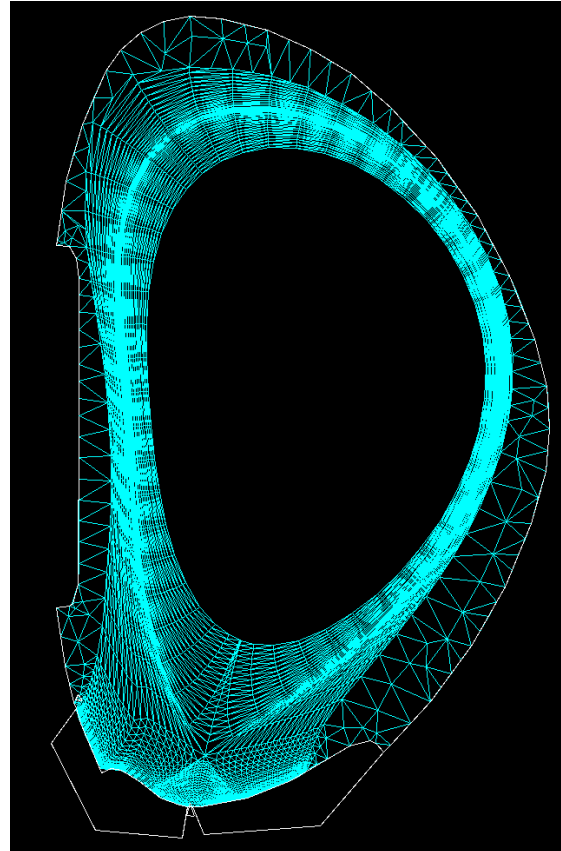
- vhodný zejména pro modelování tepelných toků skrze SOL
- aplikace: modelování ITERu, COMPASSu, COMPASSu-Upgrade...

Plazma (MHD)



Mřížka pro B2.5
(obdélníková).

Neutrály (Monte Carlo)



Mřížka pro EIRENE
(trojúhelníková).

- transport:
 - částice
 - hybnost
 - teplo
 - pro každý druh částic zvlášť (izotopový efekt, nečistoty...)
- tepelná zátěž stěny a divertoru
- transport nečistot
- L-mód i H-mód (ne self-konzistentně)

- Braginskii, S.I.,
Transport Processes in Plasma. Reviews of Plasma Physics 1 (1965) 205
- MHD rovnice pro elektrony a různé druhy iontů až do rovnice pro transport tepla
- diskretizovány a řešeny tak, aby $P - L = 0$

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} + \operatorname{div} (n_e \mathbf{V}_e) = 0, \quad (2.1e)$$

$$\frac{\partial n_i}{\partial t} + \operatorname{div} (n_i \mathbf{V}_i) = 0, \quad (2.1i)$$

$$m_e n_e \frac{d_e V_{e\alpha}}{dt} = - \frac{\partial p_e}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial \pi_{e\alpha\beta}}{\partial x_\beta} - e n_e \left(E_\alpha + \frac{1}{c} [\mathbf{V}_e \mathbf{B}]_\alpha \right) + R_\alpha, \quad (2.2e)$$

$$m_i n_i \frac{d_i V_{i\alpha}}{dt} = - \frac{\partial p_i}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial \pi_{i\alpha\beta}}{\partial x_\beta} + Z e n_i \left(E_\alpha + \frac{1}{c} [\mathbf{V}_i \mathbf{B}]_\alpha \right) - R_\alpha, \quad (2.2i)$$

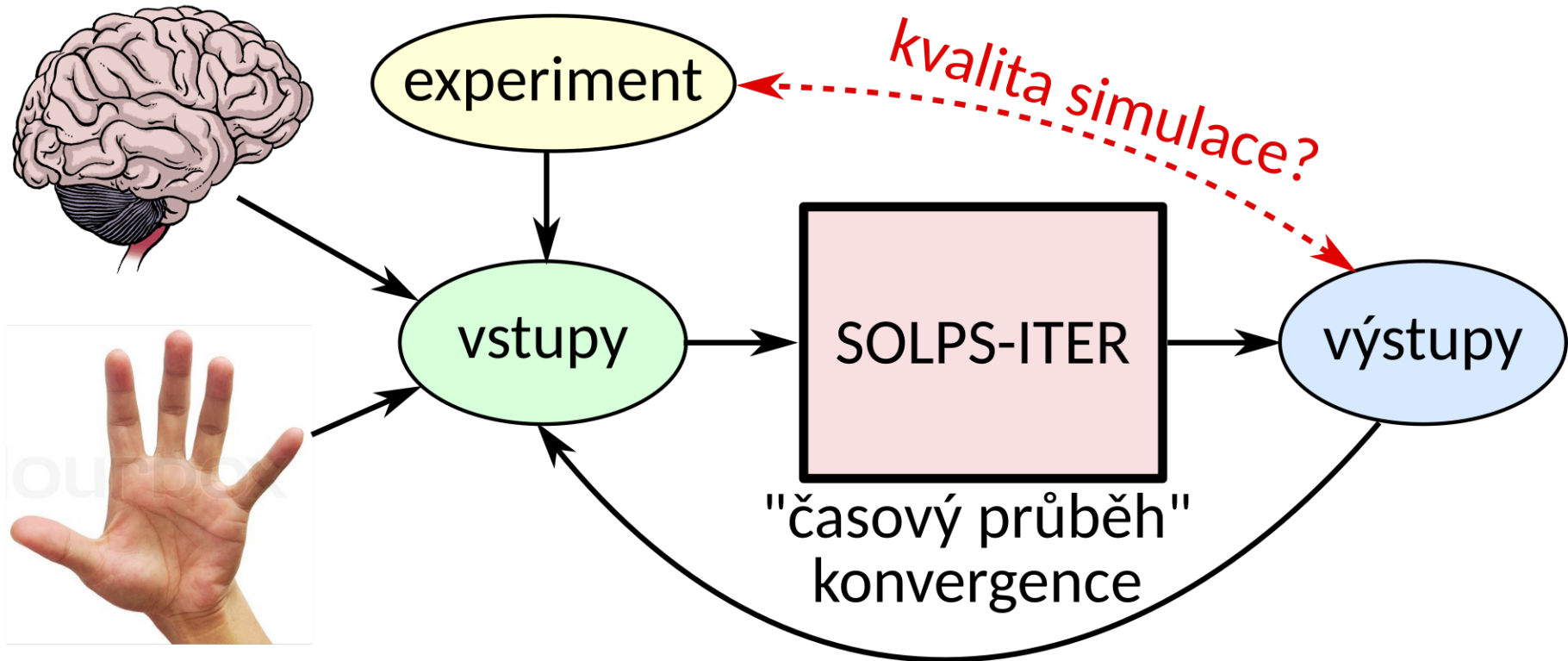
$$\frac{3}{2} n_e \frac{d_e T_e}{dt} + p_e \operatorname{div} \mathbf{V}_e = - \operatorname{div} \mathbf{q}_e - \pi_{e\alpha\beta} \frac{\partial V_{e\alpha}}{\partial x_\beta} + Q_e, \quad (2.3e)$$

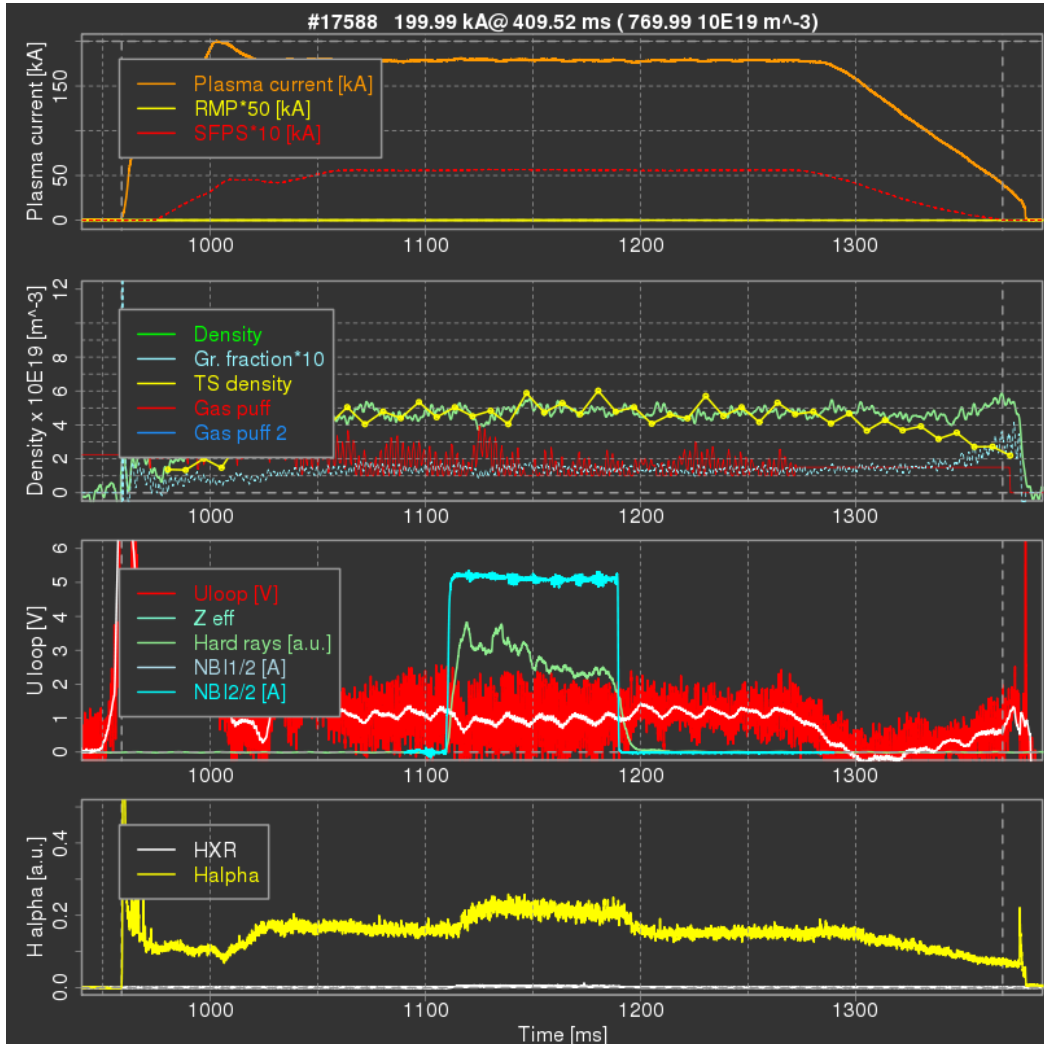
$$\frac{3}{2} n_i \frac{d_i T_i}{dt} + p_i \operatorname{div} \mathbf{V}_i = - \operatorname{div} \mathbf{q}_i - \pi_{i\alpha\beta} \frac{\partial V_{i\alpha}}{\partial x_\beta} + Q_i, \quad (2.3i)$$

where

$$p_e = n_e T_e, \quad p_i = n_i T_i,$$

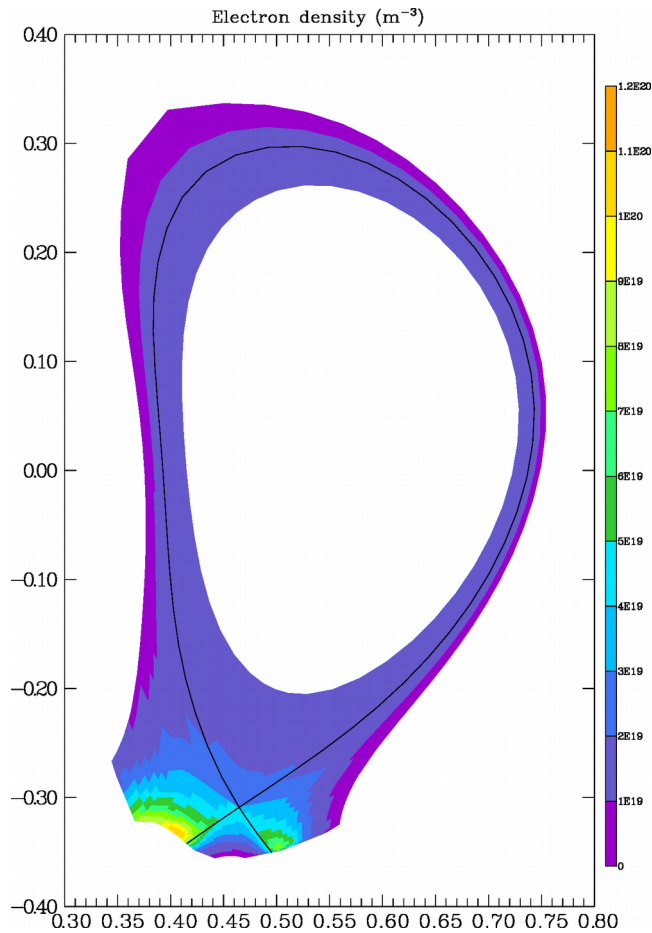
$$\frac{d_e}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + (\mathbf{V}_e \nabla), \quad \frac{d_i}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + (\mathbf{V}_i \nabla). \quad (2.4)$$



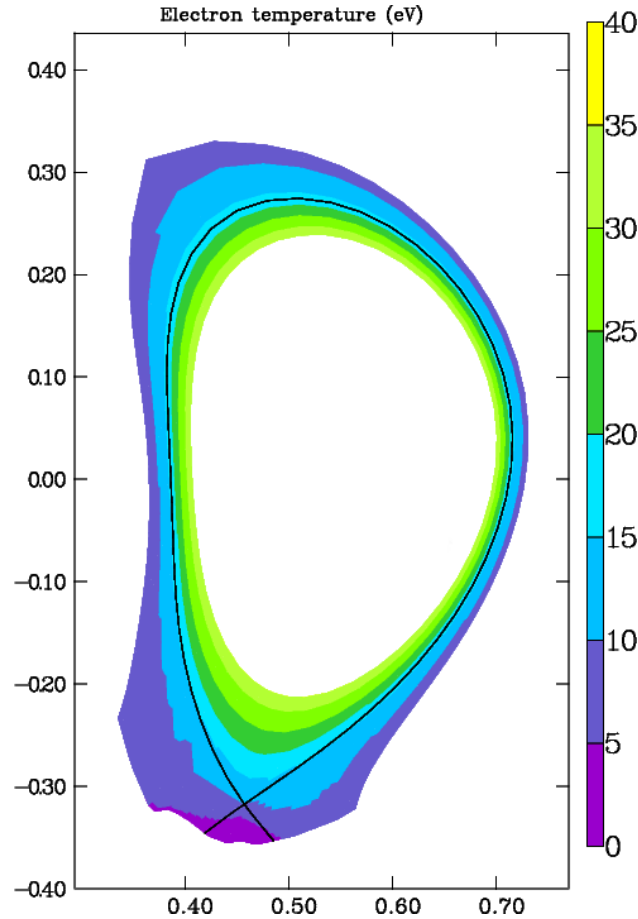


- $I_p = 130$ kA
- $n_e = 5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$
- modelován časový úsek 1090-1100 ms
- čisté deuterium
- bez driftů

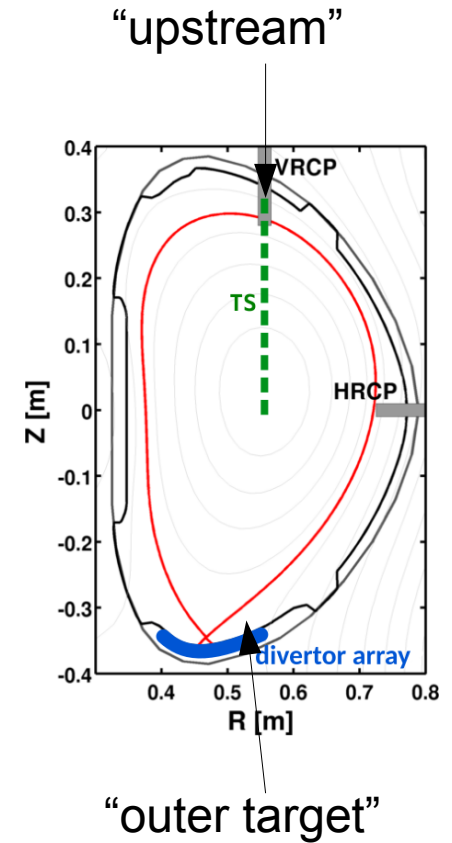
Elektronová hustota



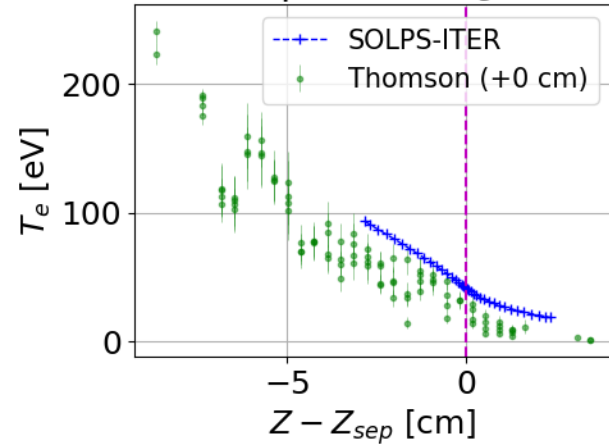
Elektronová teplota



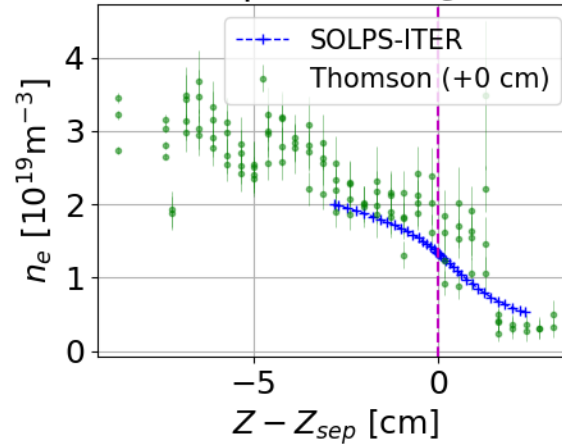
Diagnostiky



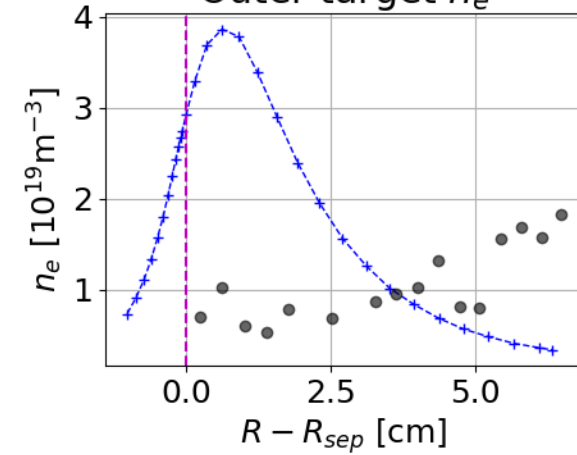
Upstream T_e



Upstream n_e

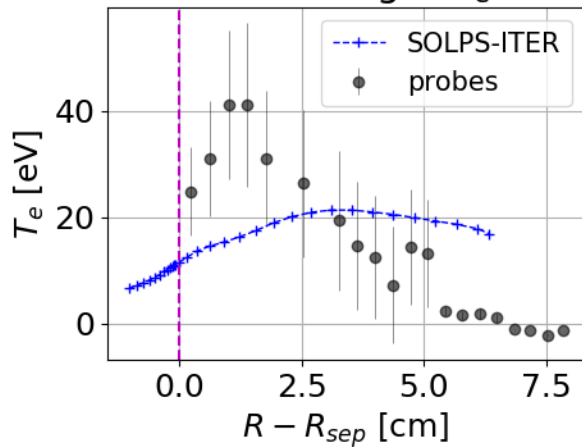


Outer target n_e

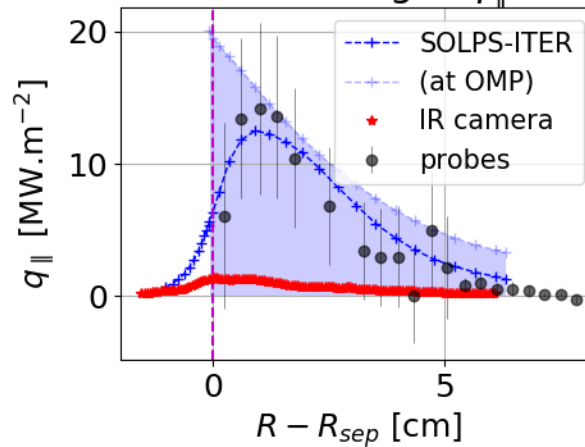


case: gammai_075

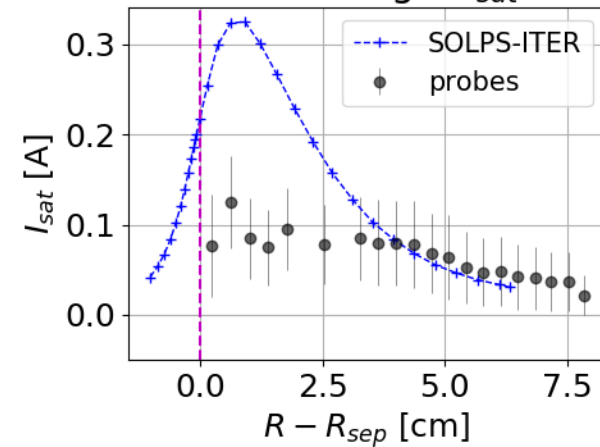
Outer target T_e



Outer target $q_{||}$



Outer target I_{sat}



- některé vstupní parametry simulace nemají fyzikální význam → jejich hodnotu lze beztestně volit “aby to vyšlo”
- difuzní koeficienty
 - (tok veličiny) = - (difuzní koeficient) * (gradient veličiny)
 - SOLPS-ITER: transport tepla a částic v radiálním směru je difuzivní
 - realita: turbulence, difuze, nestability
 - výsledek: difuzní koeficienty volíme tak, aby strmost profilu seděla s experimentem
- jaká je vypovídací a předpovídací hodnota modelu?
 - modelování ITERu, COMPASSu-Upgrade...

- SOLPS-ITER = 2D transportní kód pro modelování okrajového plazmatu v tokamaku
- složen z provázených kódů B2.5 a EIRENE
- vhodný zejména pro modelování tepelných toků skrze SOL
- aplikace: modelování ITERu, COMPASSu, COMPASSu-Upgrade...

