

TERMOJADERNÁ FÚZE - ENERGIE BUDOUCNOSTI

Hvězdárna Pardubice, úterý 20. října 2015

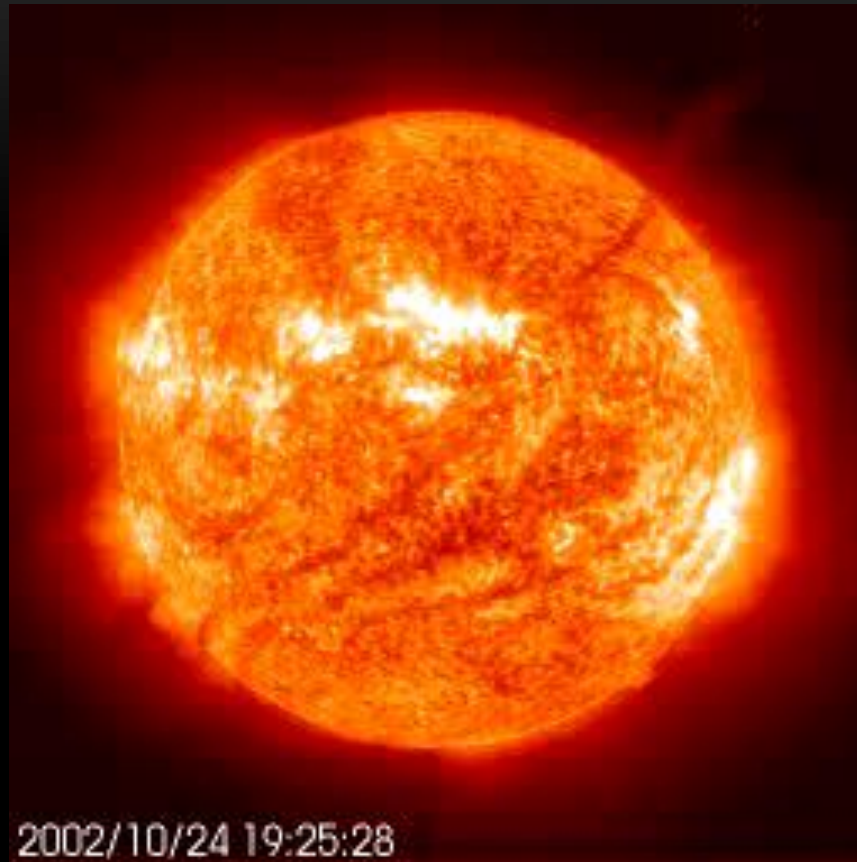
Milan Řípa

Ústav fyziky plazmatu Akademie věd ČR, v.v.i.

PROGRAM

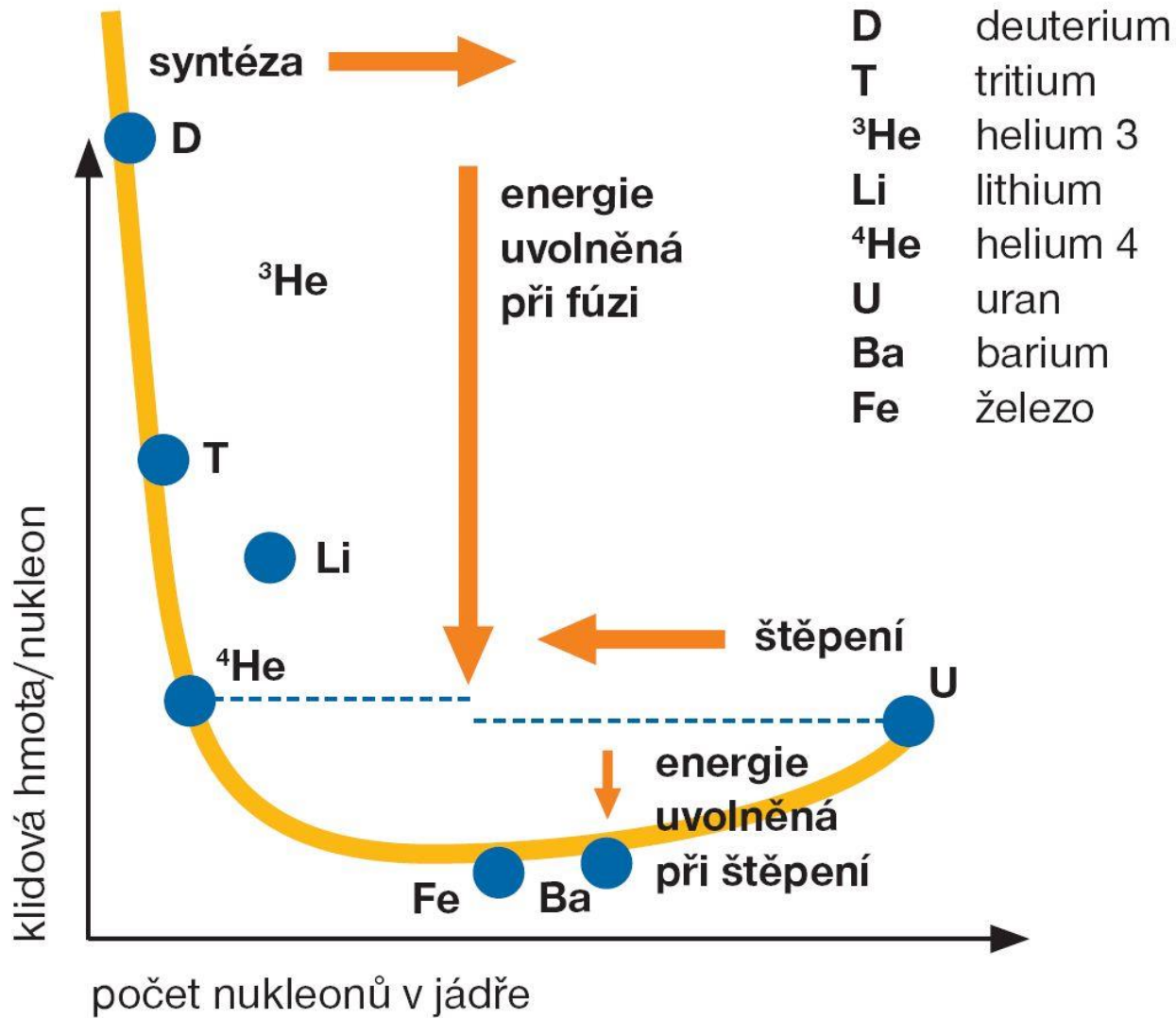
- Představení fúze ústy Jiřího Grygara – Fokus Václava Moravce, ČT 1 (video)
 - Utajený genius – Oleg Alexandrovič Lavrentěv, jeden z otců tokamaku (video)
 - Termojaderná fúze – energie budoucnosti (prezentace)
 - Česká filharmonie hraje pro ITER (video)
-

PROČ SLUNCE SVÍTÍ?

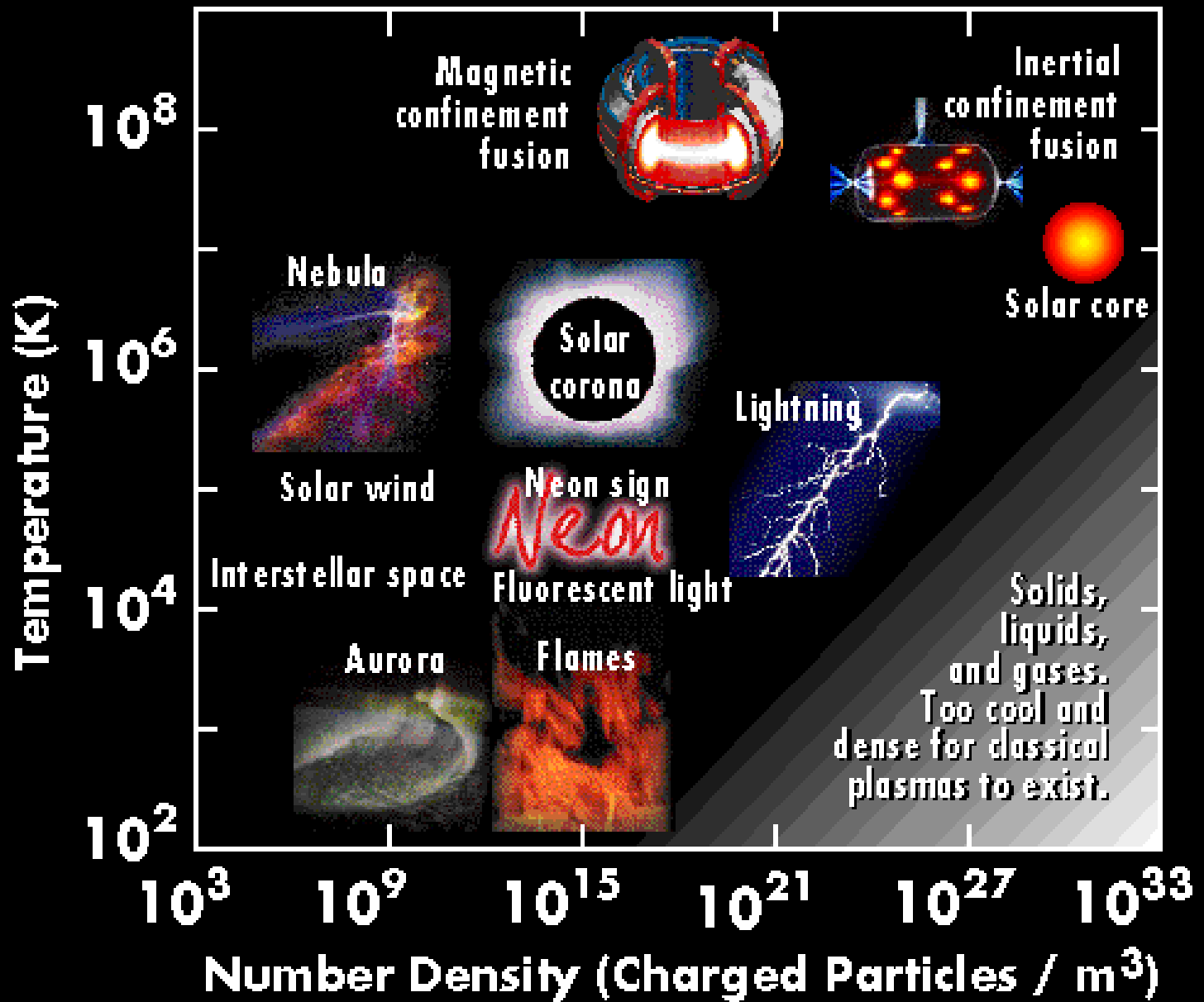


Albert Einstein + Francis Aston + Arthur Eddington = odhalili
tajemství Slunce!

$$E = mc^2$$



Menší \emptyset klidová hmotnost nukleonu v jádře \rightarrow větší deficit = větší uvolněná jaderná energie



DVA ZÁKLADNÍ PROBLÉMY TERMOJADERNÉHO PLAZMATU VE FÚZNÍM ZAŘÍZENÍ

- 1. Udržení „ τ “
- 2. Ohřátí „ T “

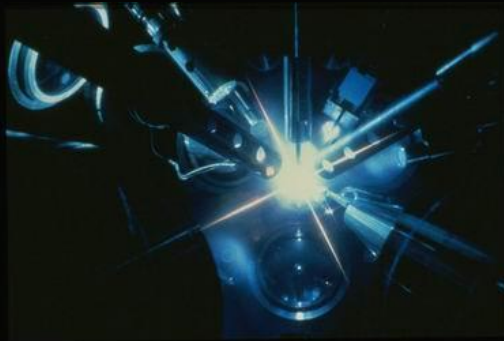


Lawsonovo kritérium: $n \tau \geq f(T)$

TYPY UDRŽENÍ

horkého plazmatu na Zemi

INERCIÁLNÍ UDRŽENÍ
(velké n , malé τ)

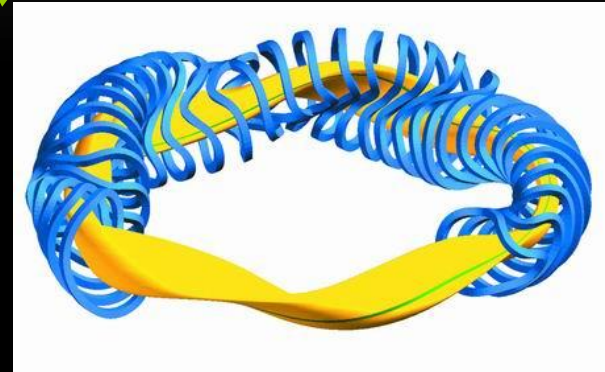


Lasery

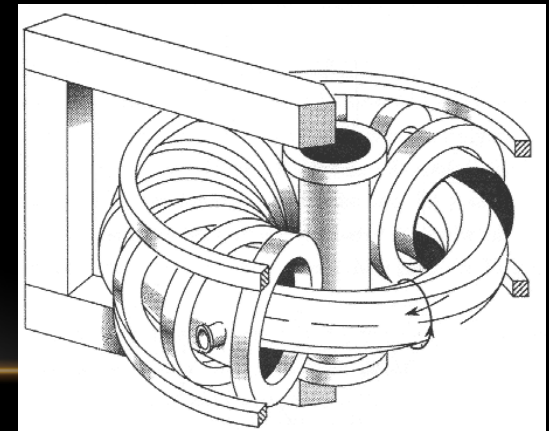


Svazky částic

MAGNETICKÉ UDRŽENÍ
(malé n , velké τ)



Stelarátor (USA)



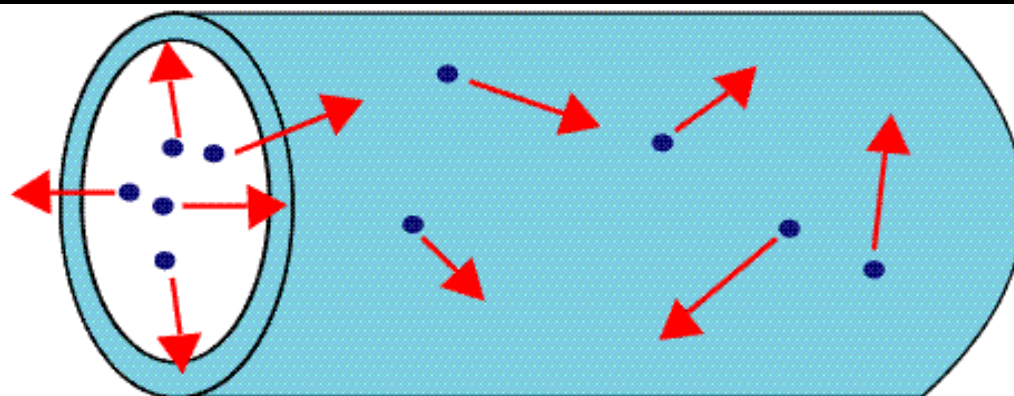
Tokamak (SSSR)

$$n \tau \geq f(T)$$

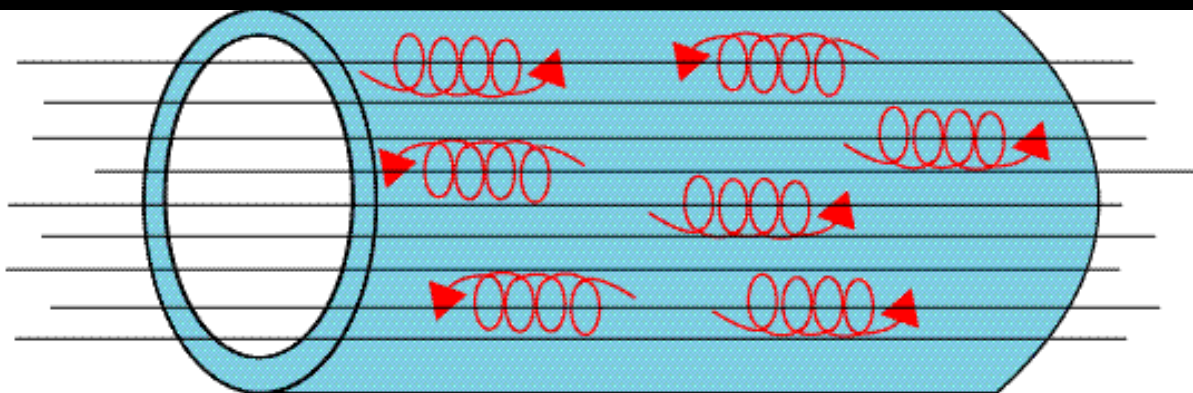
Při dané teplotě
musí být součin
hustoty a doby
udržení energie
větší než konstanta
závislá na teplotě

Magnetické udržení – možné i kontinuálně

Plazma bez magnetického pole

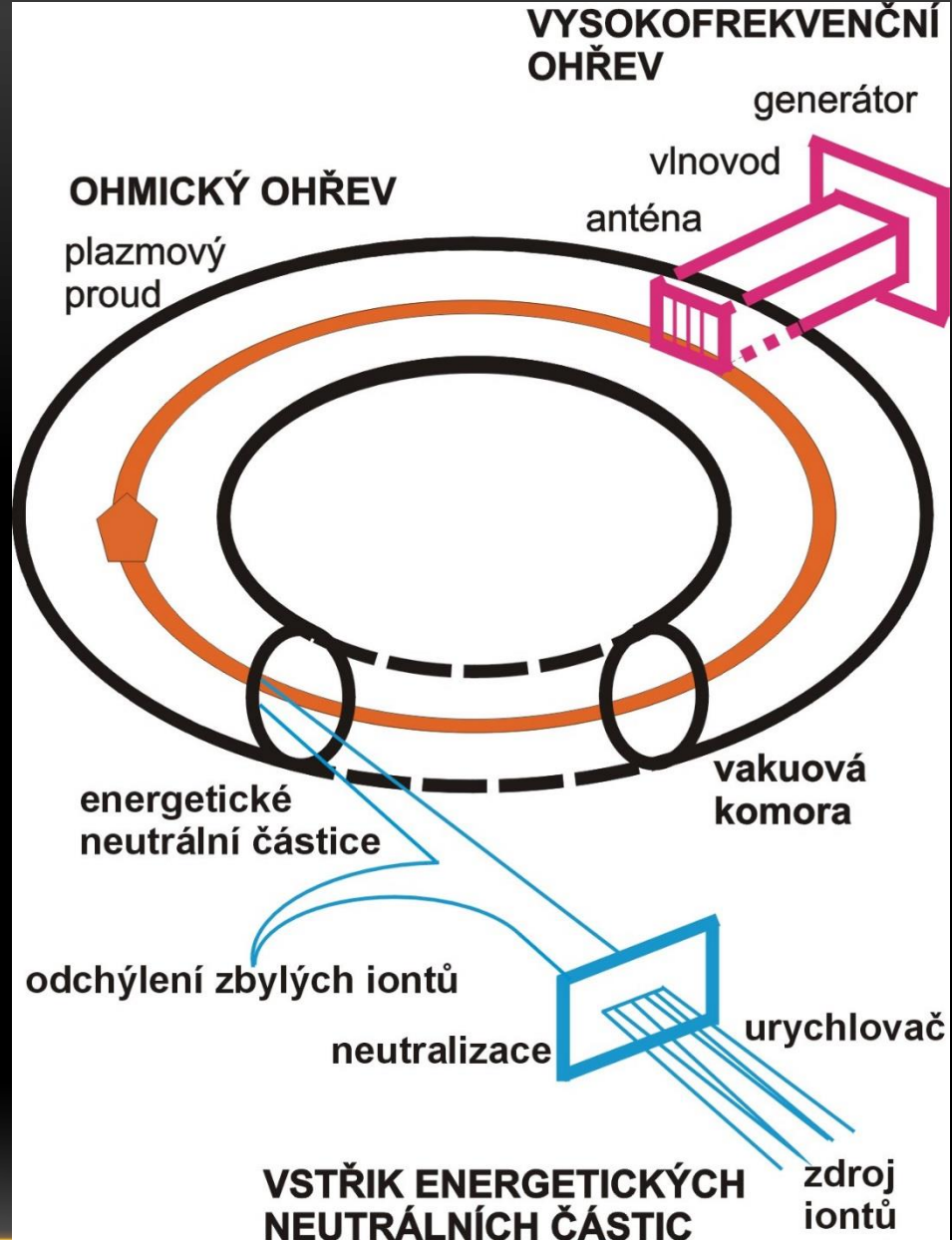


Plazma v magnetickém poli



TYPY OHŘEVU

- Ohmický ohřev
- Ohřev mikrovlnami
- Ohřev neutrálními svazky

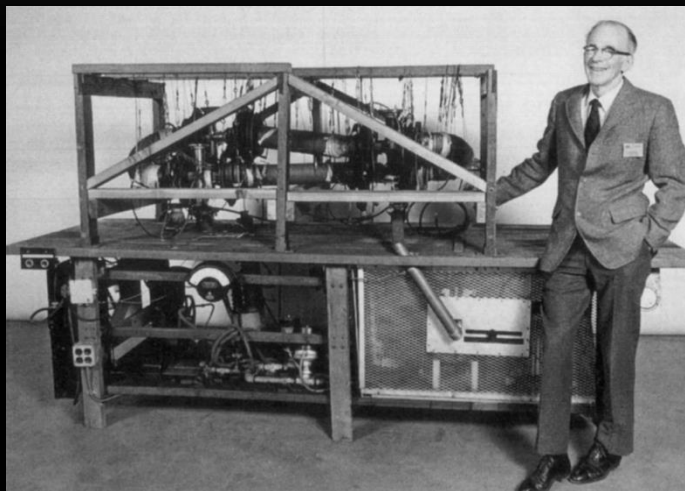


OD VÝBOJKY K TOKAMAKU



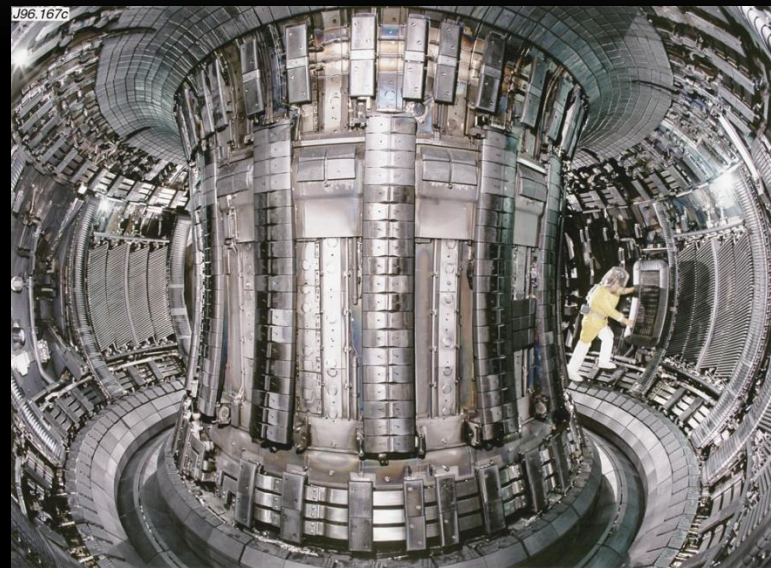
1928

I. Langmuir



1952 L. Spitzer

25 let Hubblova teleskopu



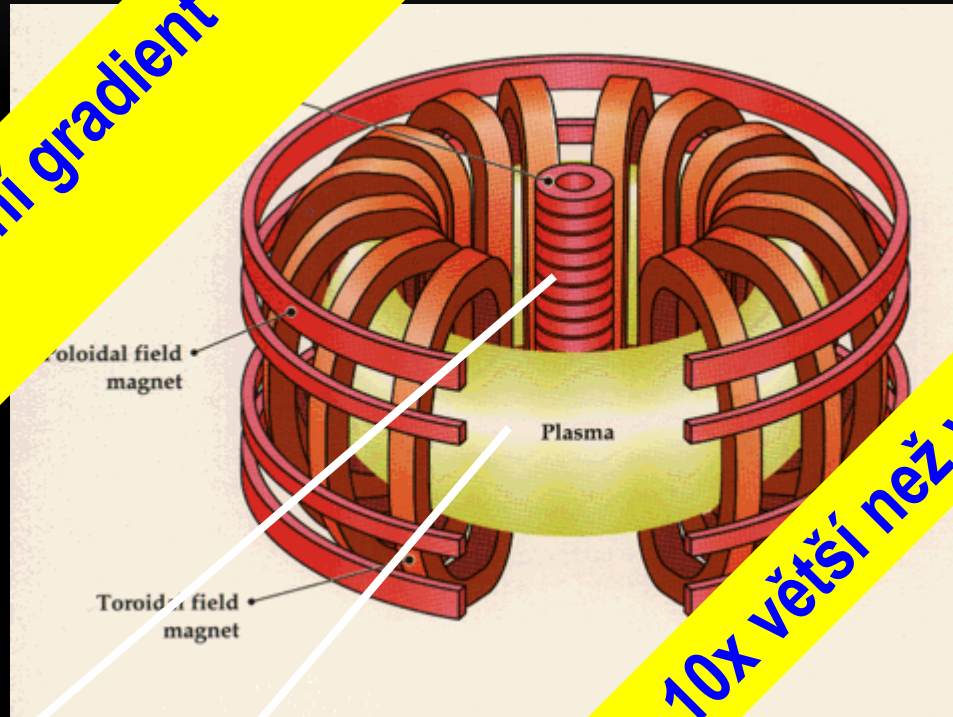
1996

Joint European Torus

PLAZMA = VÝBOJE V PLYNECH

PRINCIP TOKAMAKU

Tokamak je transformator!



Největší teplotní gradient ve vesmíru!

Teplota 10x větší než v nitru Slunce!

Má primární a sekundární vinutí!

POROVNÁNÍ TOKAMAKŮ

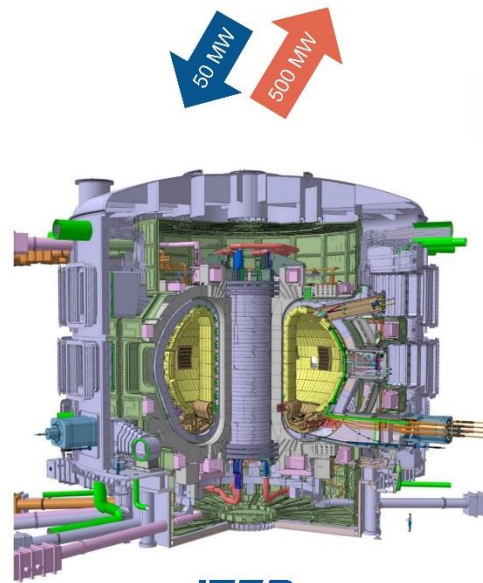


JET

80 m³

16 MW_{th}

V PROVOZU

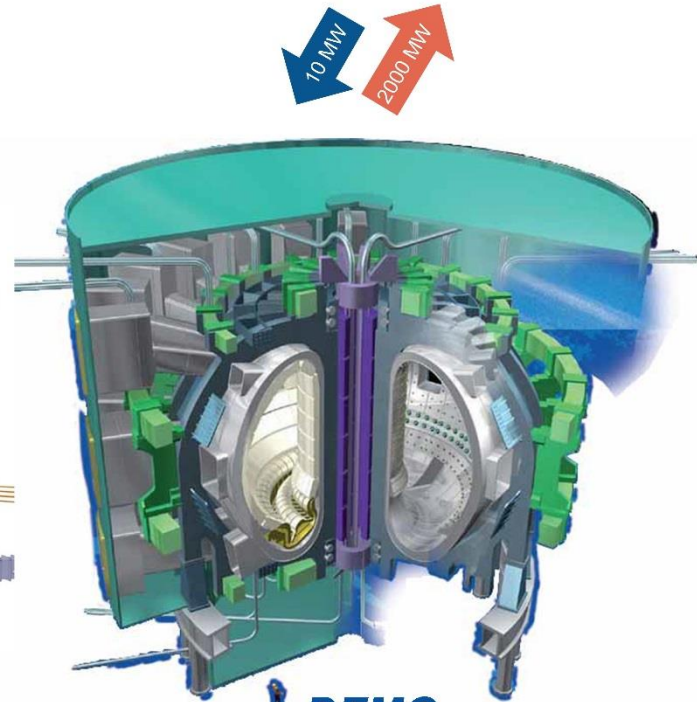


ITER

800 m³

500 MW_{th}

VE VÝSTAVBĚ



DEMO

1000 m³

2000 MW_{th}

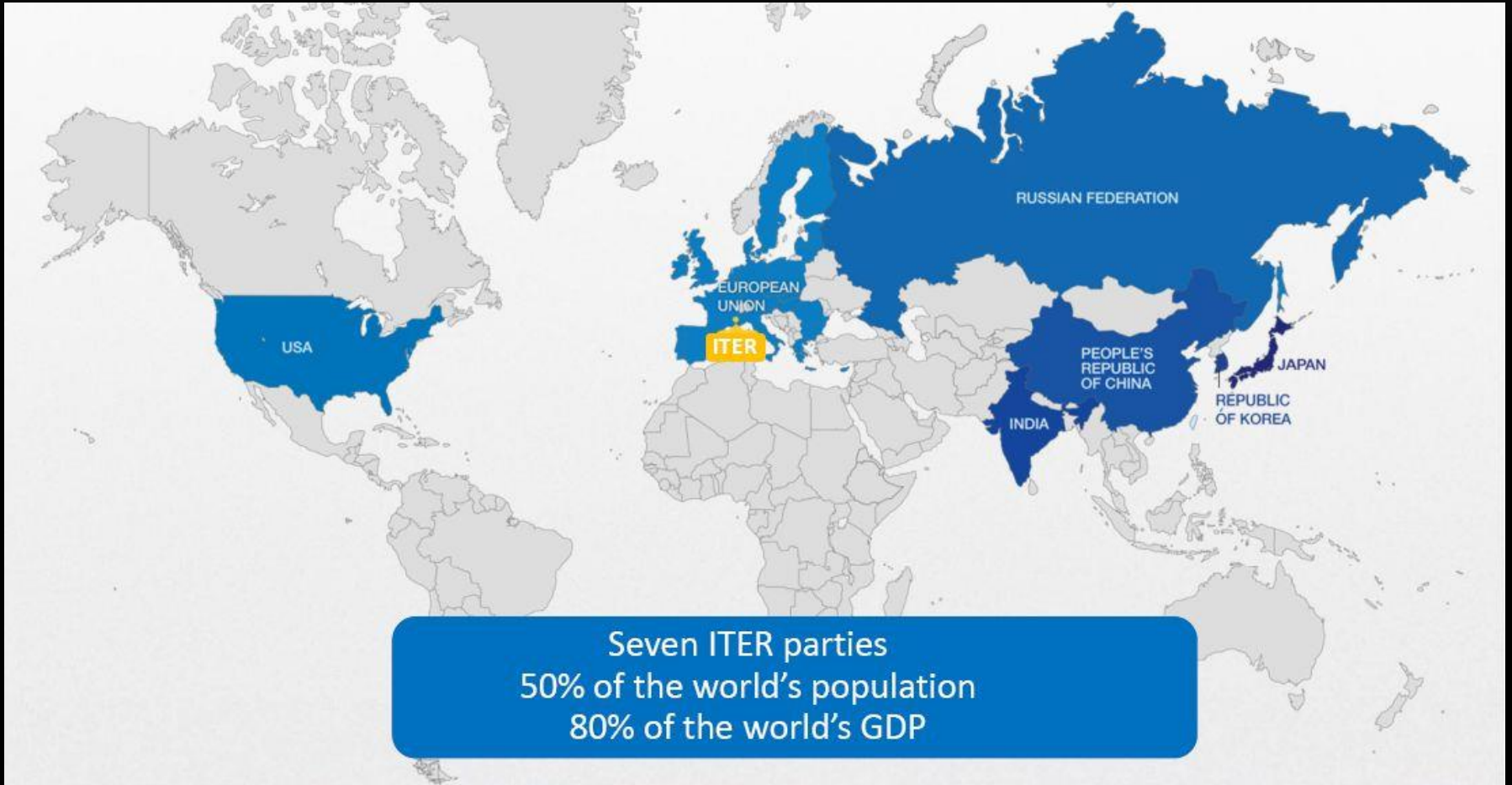
V PŘÍPRAVĚ

PŘEDCHÚDCI ITER

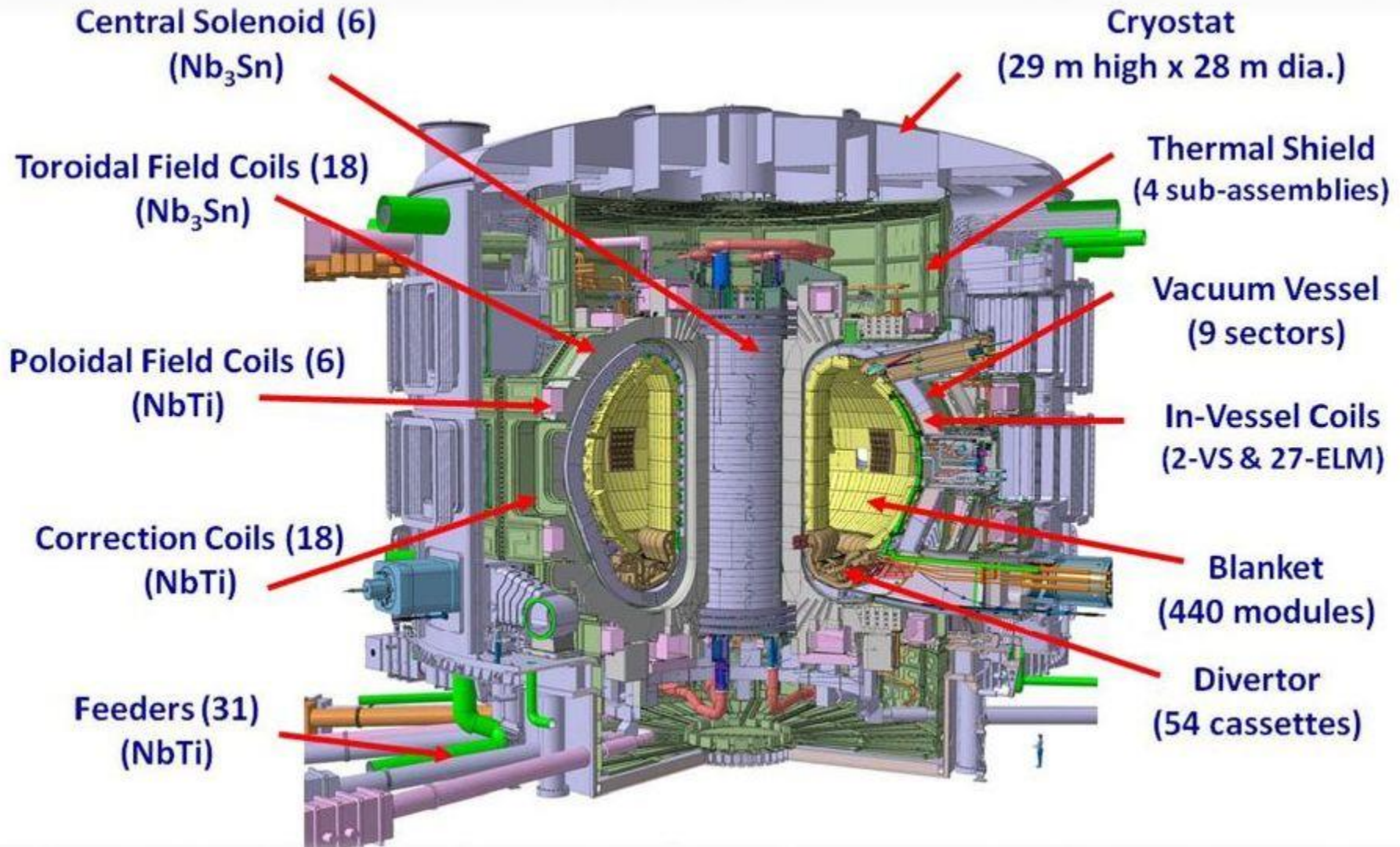
- 1. JET (EU)
 - 2. TFTR (USA)
 - 3. JT60-U (JAPONSKO)
 - 4. T-10, T-15 (RUSKO)
-

TOKAMAK ITER

MEZINÁRODNÍ PROJEKT

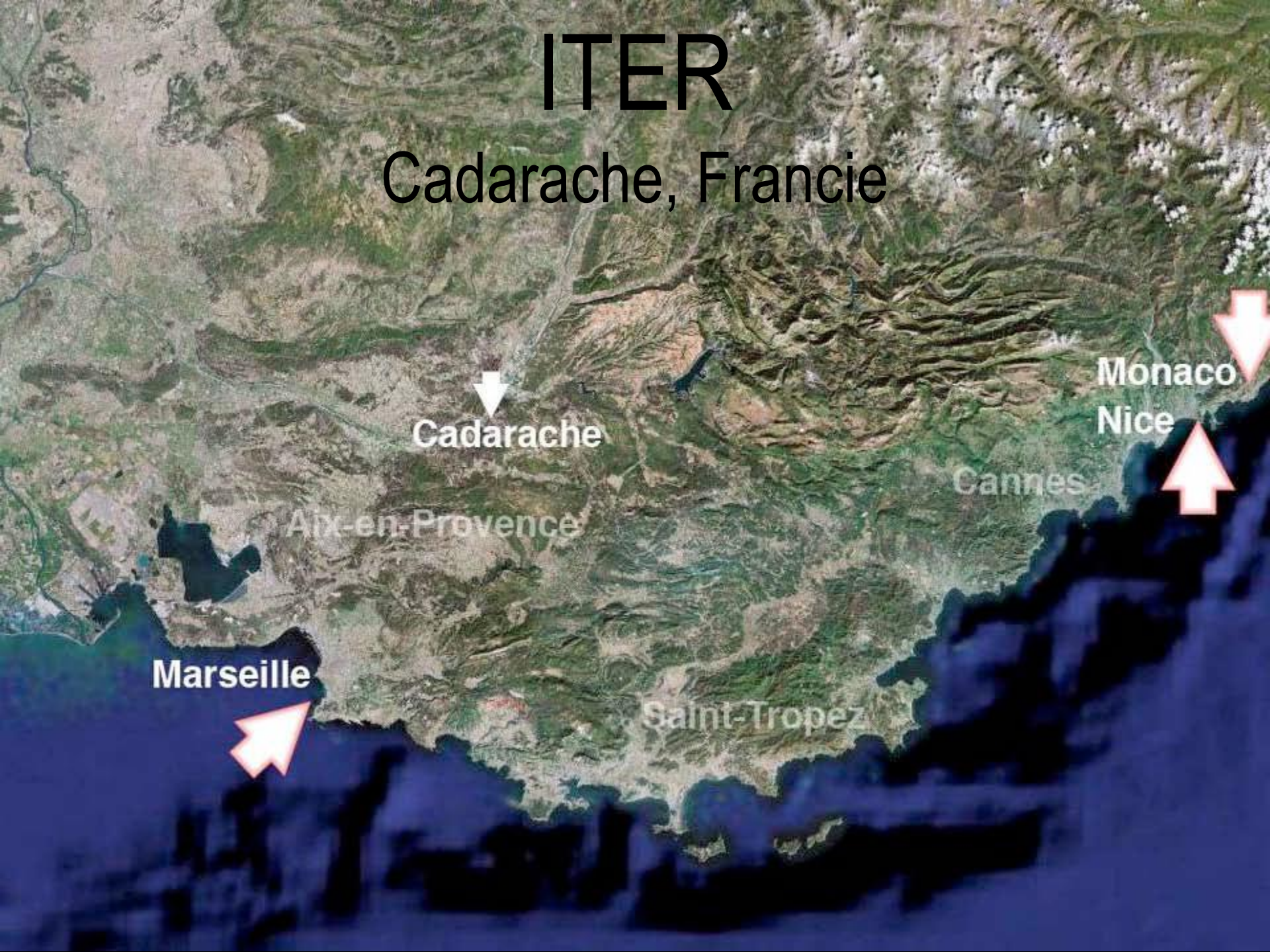


ITER -komponenty tokamaku



ITER

Cadarache, France



Cadarache

Monaco
Nice

Cannes

Aix-en-Provence

Marseille

Saint-Tropez

ITER

Transport komponent

Přístav Berre-Cadarache
= 104 km, úprava 35
mostů; zatáček,
kruhových objezdů,
tunelů



ITER:

EU Rusko USA Čína Jižní Korea Japonsko Indie



CADARACHE, Francie



MÍSTO PRO REAKTOR



TESTOVACÍ KONVOJ



16. – 20.září 2013; Berre-Cadarache
30. března 2014; Fos sur Mer-Berre Etang
Pouze v noci - 5 dnů
800 tun betonu
Podvalník 46 x 9 x 10m, 352 kol, 88 os
35 mostů, každý přejet 3x



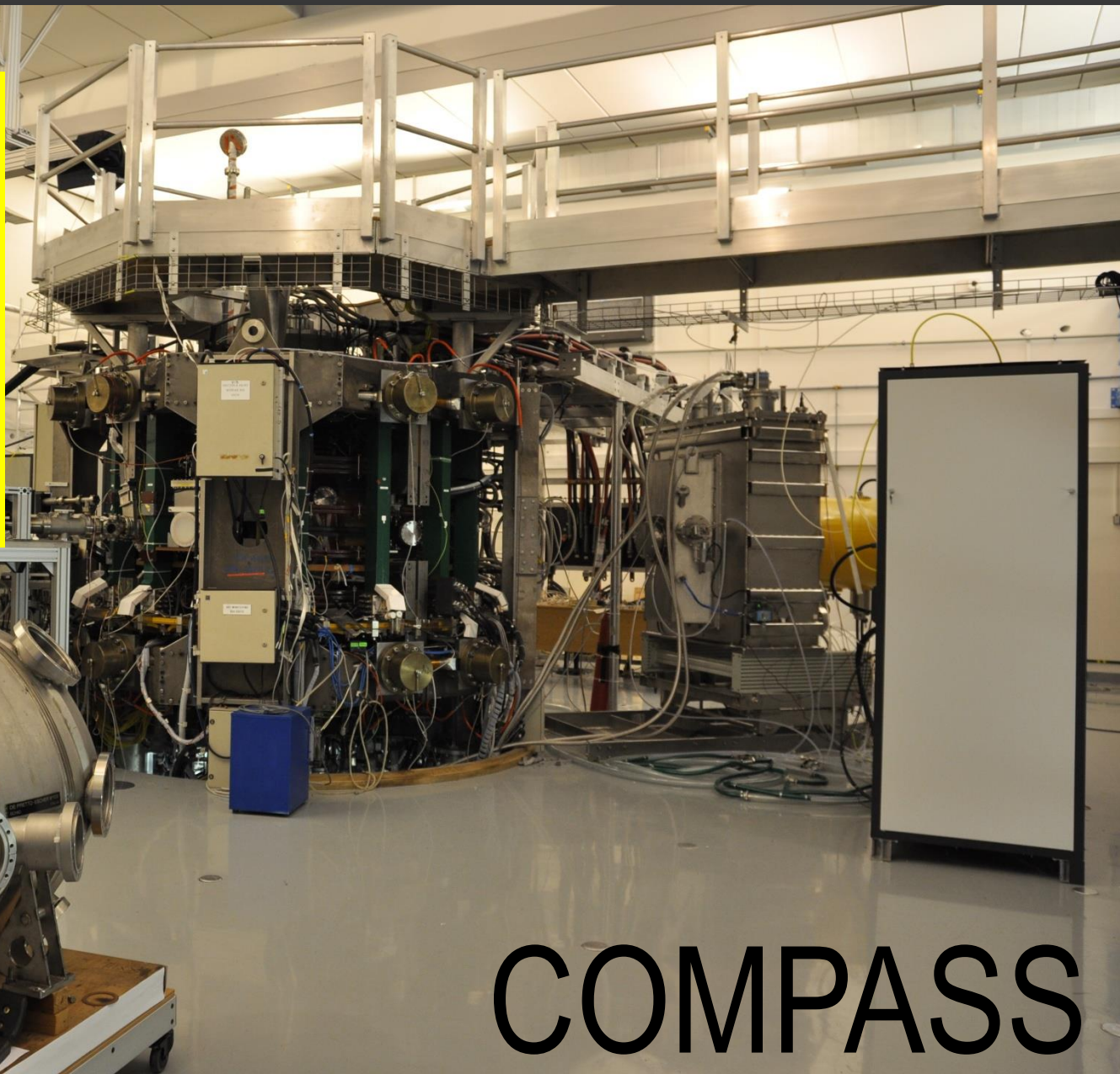
Podobný ITER: 10x menší

Příspěvek do databáze pro
škálovací vzorce ITER

Pokročilé diagnostiky

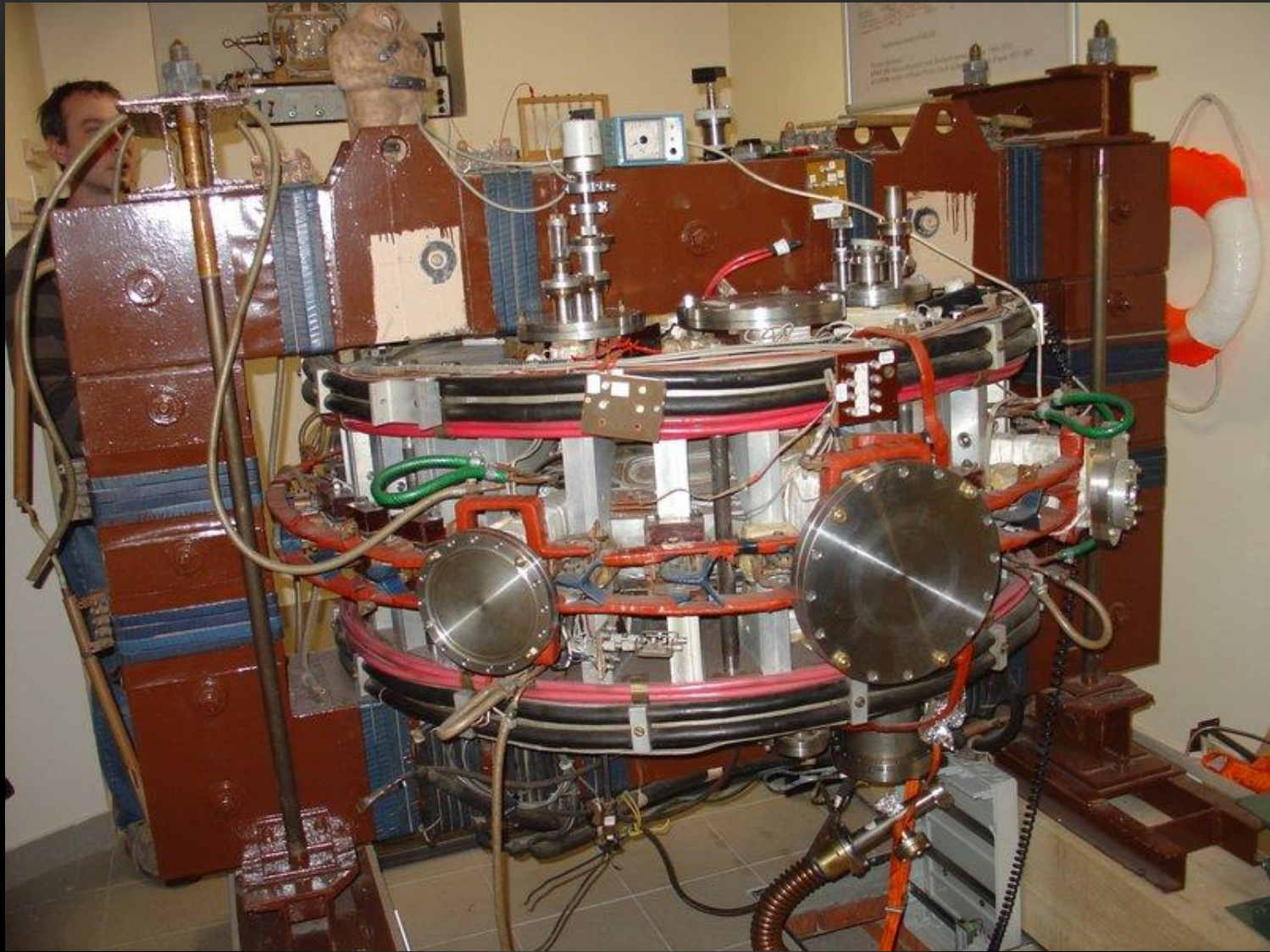
Školící pracoviště

Popularizace fúze



COMPASS

Ústav fyziky plazmatu Akademie věd ČR, v.v.i., Oddělení tokamak



Tokamak GOLEM, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT



Centrum výzkumu Řež, s.r.o., Experimentální hala v Plzni

TOŽ VŠE!

Děkuji za pozornost!