







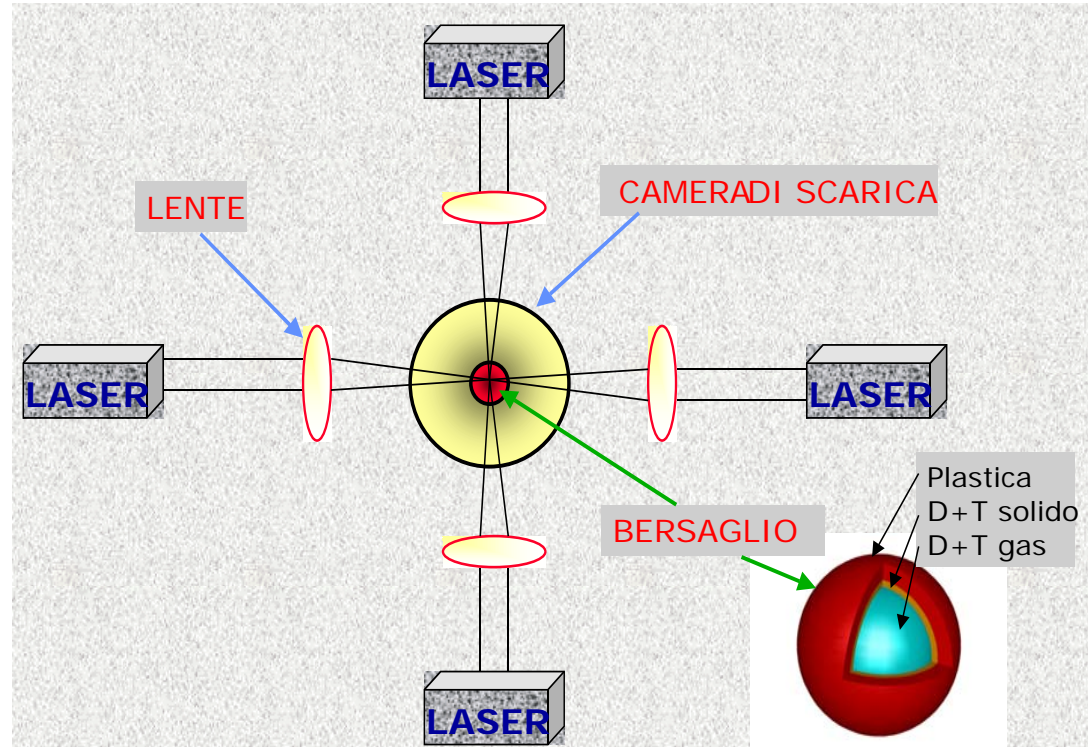
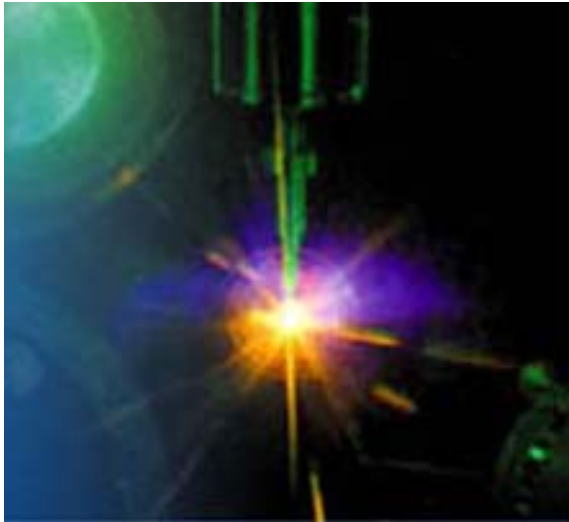


Le reazioni di fusione

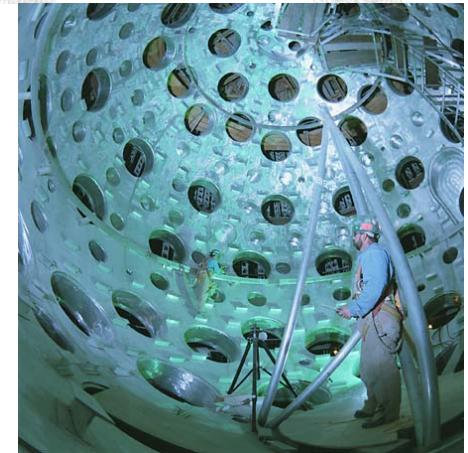


Reazioni	Temperatura di ignizione	Energia prodotta keV
 $D + T \rightarrow {}^4\text{He} + n$	4 keV	 17,600
 $D + \text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + p$	30 keV	 18,300
 $D + D \rightarrow {}^3\text{He} + n$	35 keV	 4,000
 $D + D \rightarrow T + p$	35 keV	 4,000

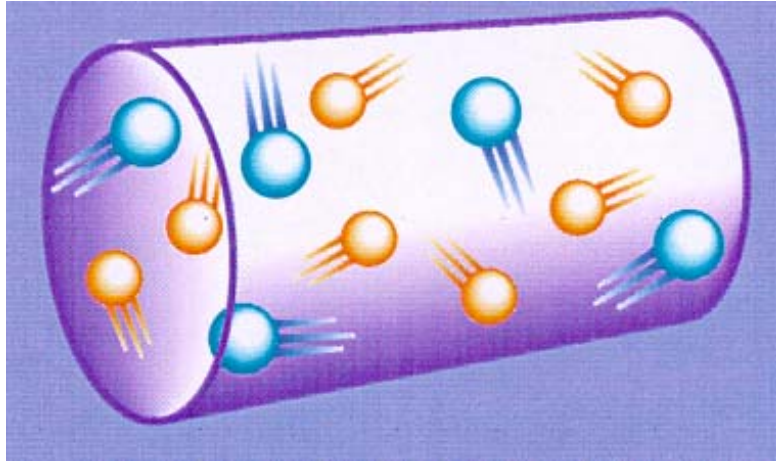
1 keV = 11.000.000 K



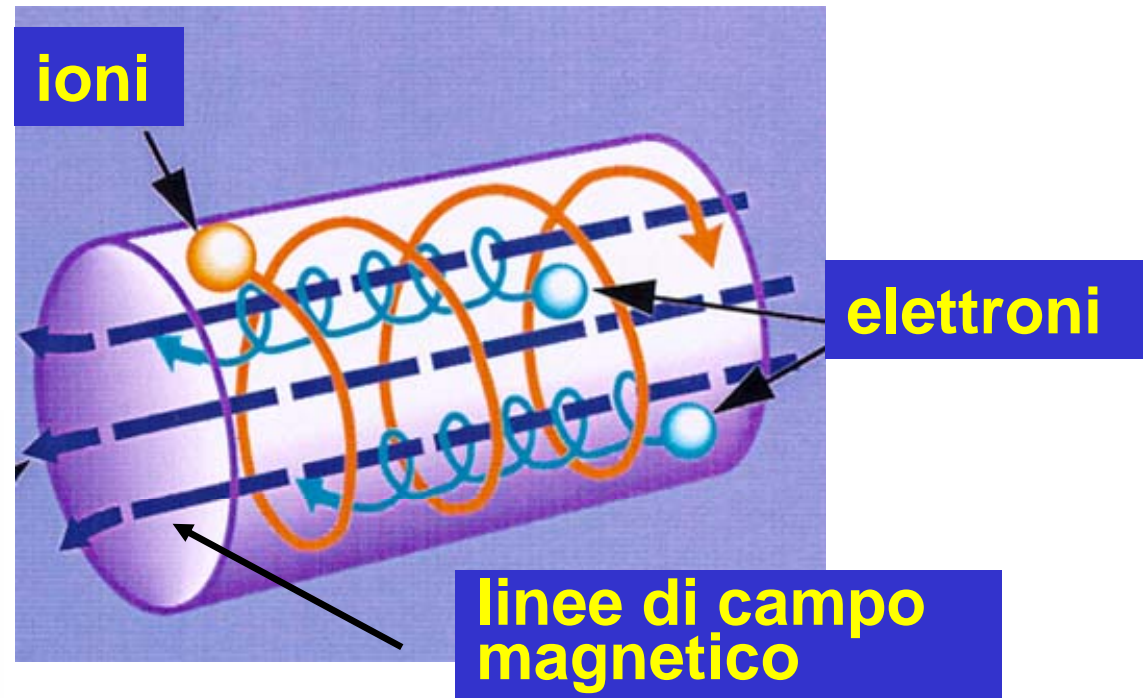
- ⌘ NIF (USA): 192 fasci laser da 1.8 MJ su una piccola sfera



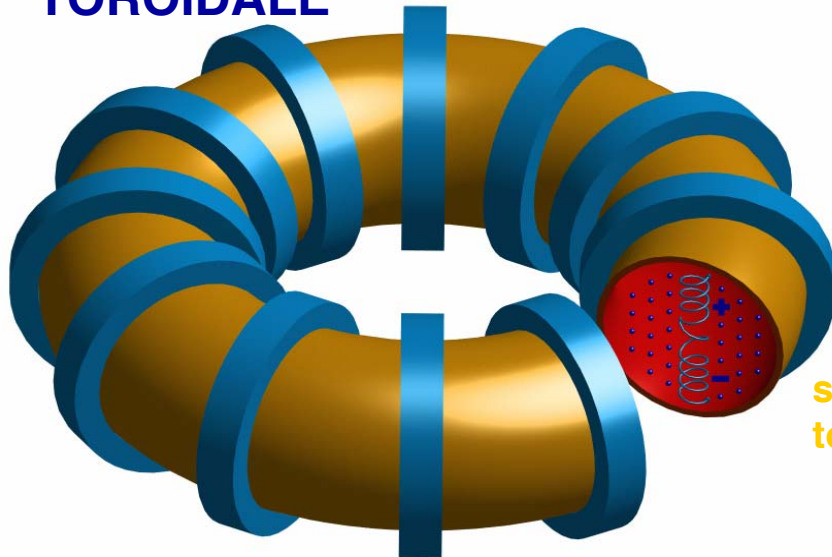
non confinato



Confinato

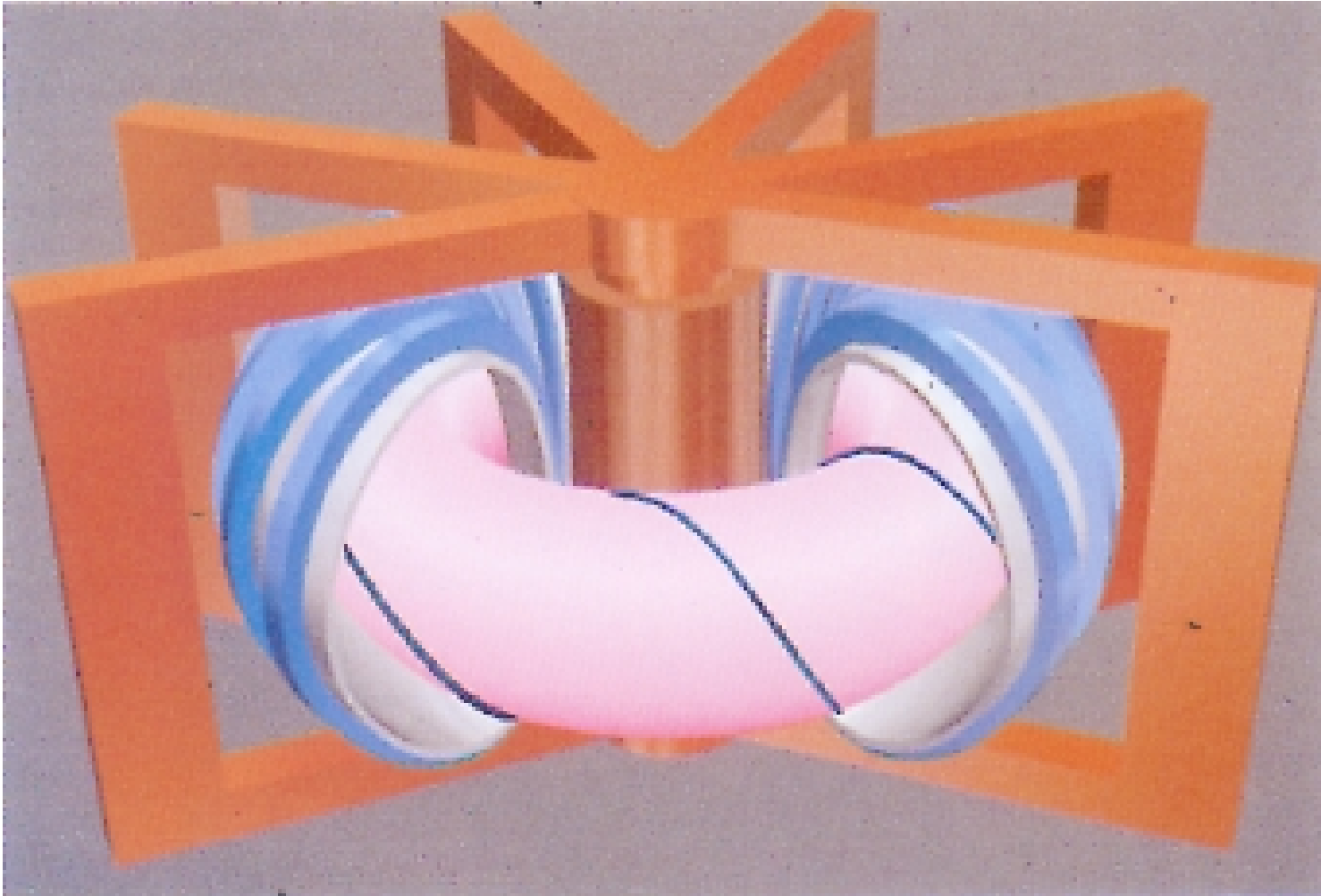


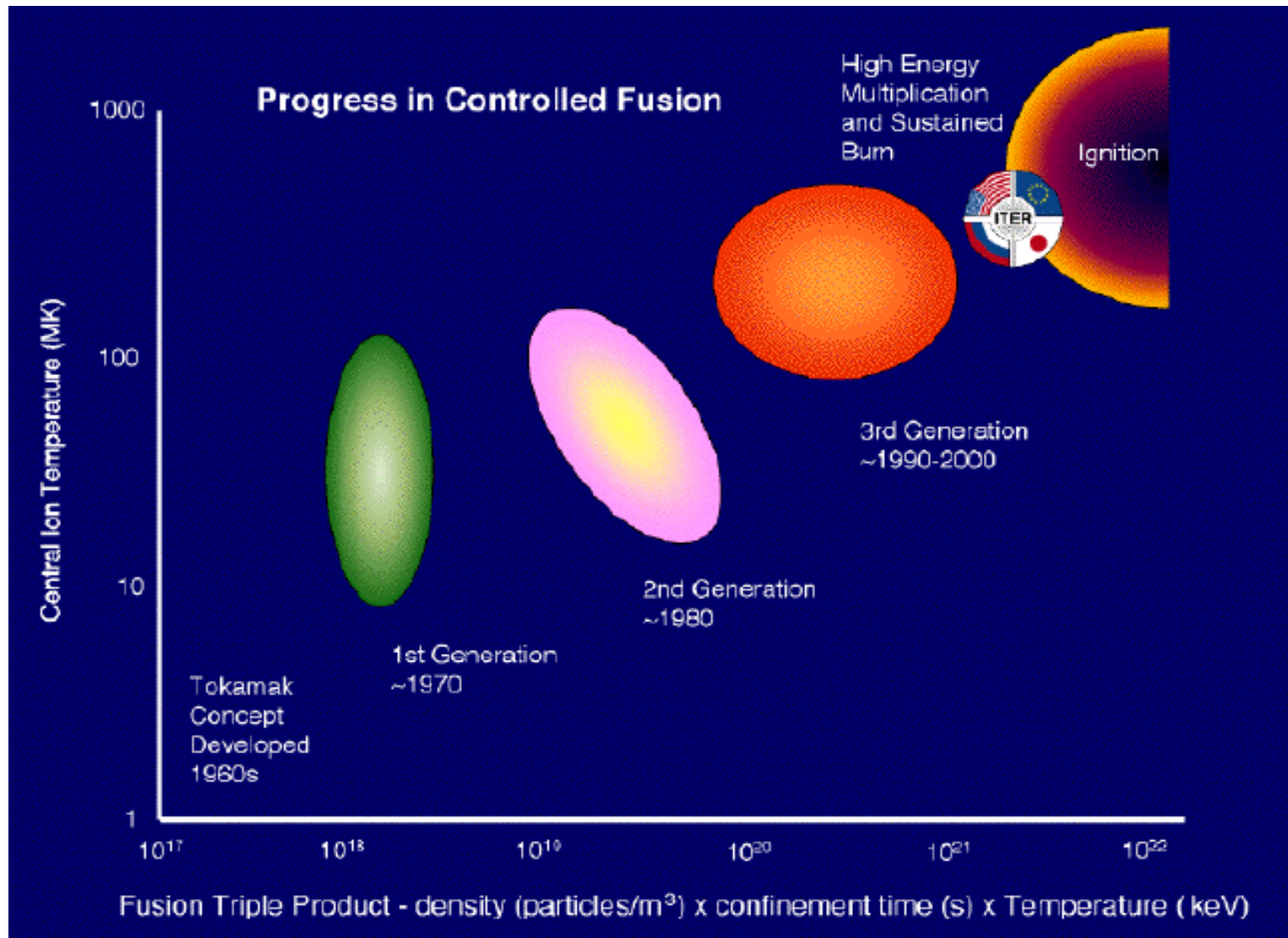
CAMPO TOROIDALE

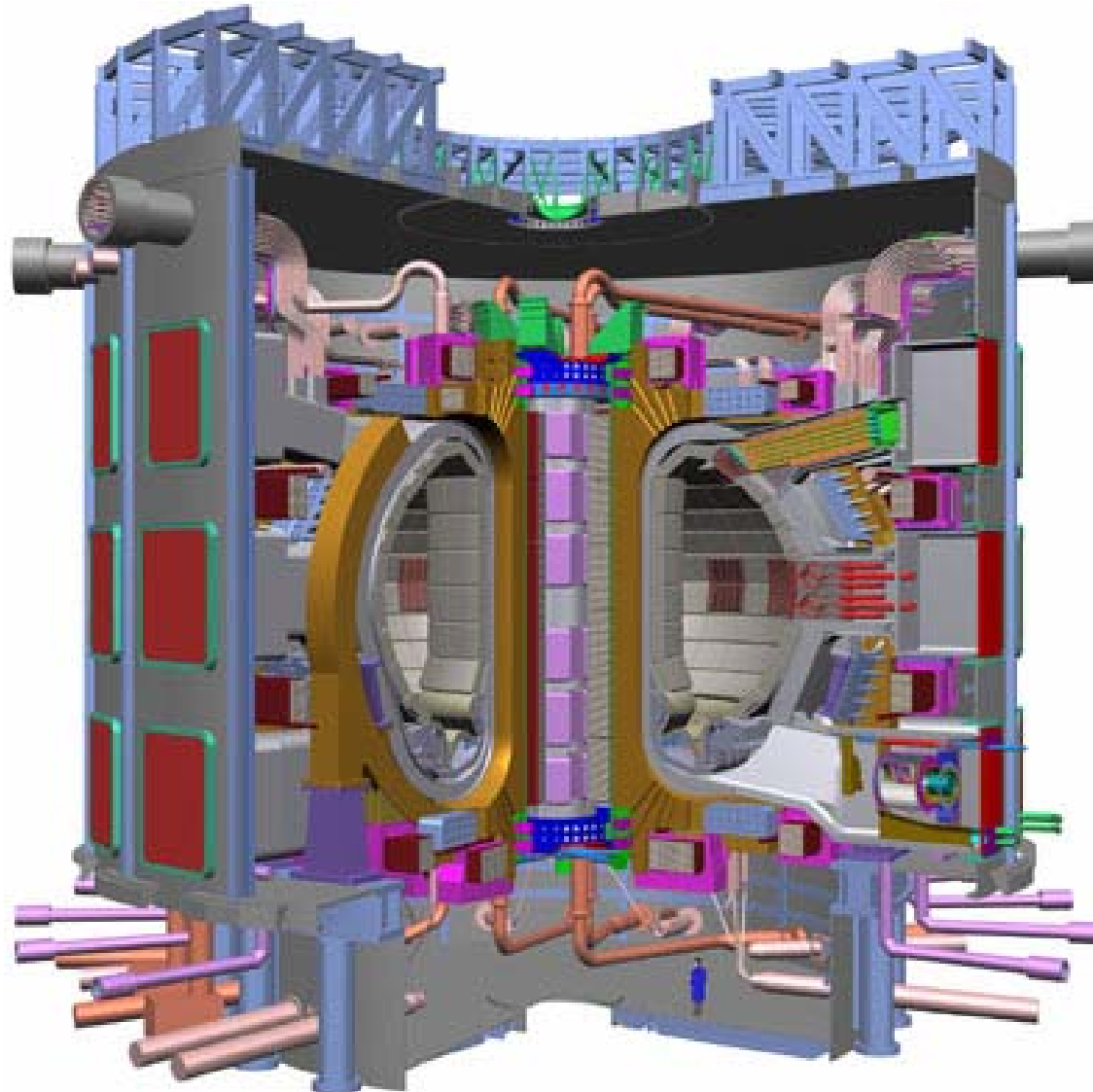


spire toroidali

Il Tokamak







⌘ Ottenere $Q > 10$

$Q = \text{potenza da fusione} / \text{potenza immessa dall'esterno}$

⌘ Ottenere un funzionamento stabile

⌘ Provare in modo integrato le tecnologie essenziali del reattore
(magneti superconduttori, robotica etc.)

⌘ Provare moduli del “mantello fertilizzante”

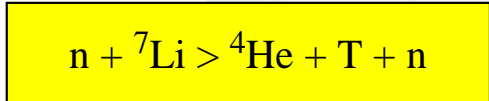
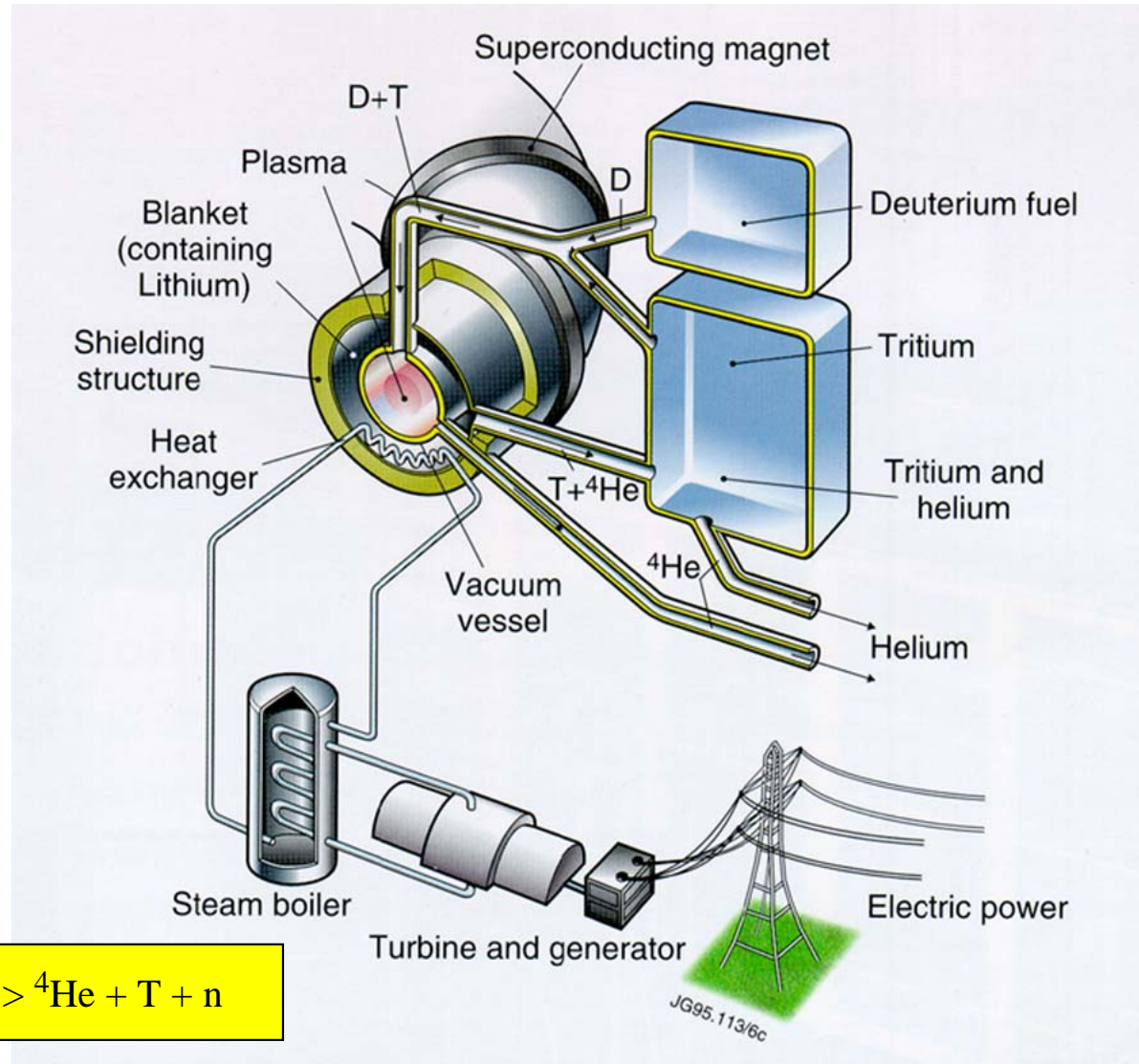
ITER: specifiche tecniche



- ⌘ Durata dell'impulso “induttivo”: 300-500 s
- ⌘ Funzionamento per circa 1 ora a prestazioni ridotte
- ⌘ Numero di impulsi: alcune decine di migliaia
- ⌘ Riscaldamento prevalente da particelle α
- ⌘ Flusso neutronico medio $> 0.5 \text{ MW/m}^2$
- ⌘ Fluenza media $> 0.3 \text{ MWa/m}^2$

		Units
Raggio maggiore del plasma	6.2	m
Raggio minore del plasma	2.0	m
Volume del plasma	840	m ³
Corrente di plasma	15.0	MA
Campo toroidale sull'asse	5.3	T
Potenza di fusione	500	MW
Durata della combustione	>400	s
Guadagno di potenza	>10	

Schema del reattore



La strada verso il reattore



**R&D
Tecnologia**

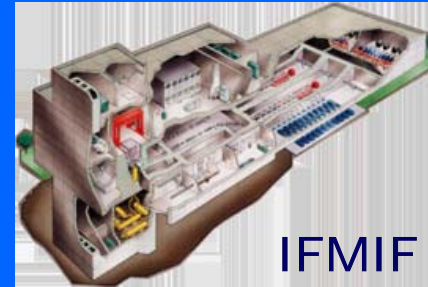
Materiali strutturali

Mantello

Componenti

- Magneti SC
- Ciclo del Trizio
- Componenti esposti al plasma
- Robotica
- Sistemi di riscaldamento
- Sicurezza

Test del
mantello
in ITER

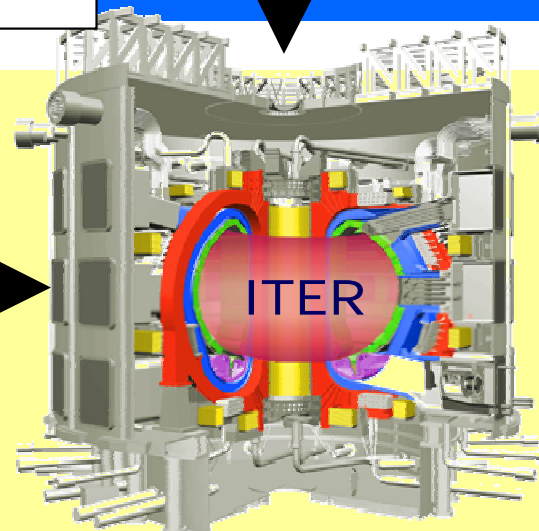


IFMIF

Macchine esistenti e
nuove

- Confinamento
- Controllo delle impurezze
- Stabilità del plasma
- Fisica di ITER/DEMO

**R&D
Fisica**

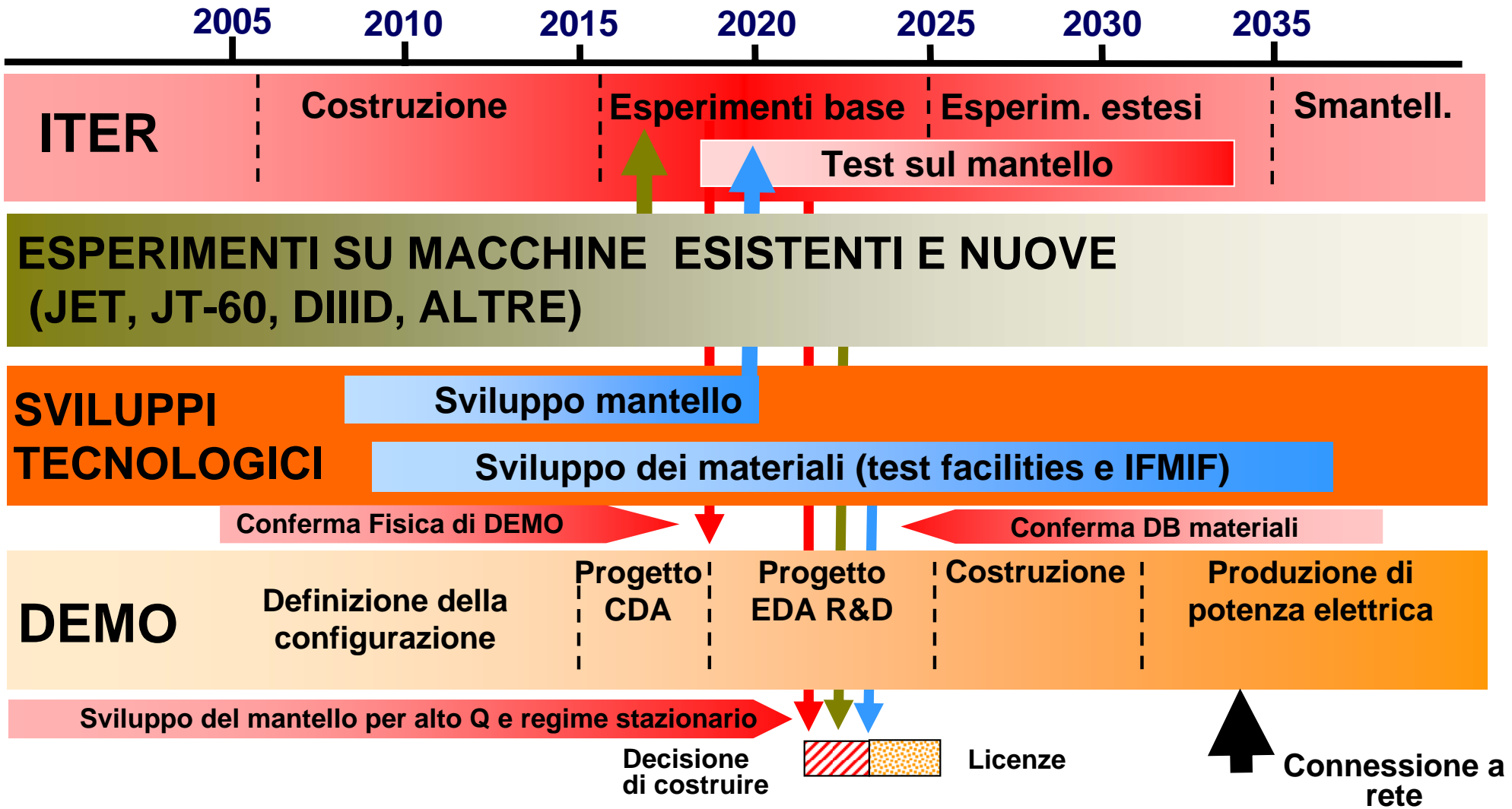


ITER



DEMO

“Fast track”



Perchè la fusione?



A - Ambiente

- Non produce gas-serra
- I prodotti della fusione non sono radioattivi nè tossici
- La radiotossicità dei materiali sottoposti a flusso neutronico decade con tempi caratteristici di decenni
- Con reazioni “avanzate” si potranno eliminare i neutroni

B – Sicurezza

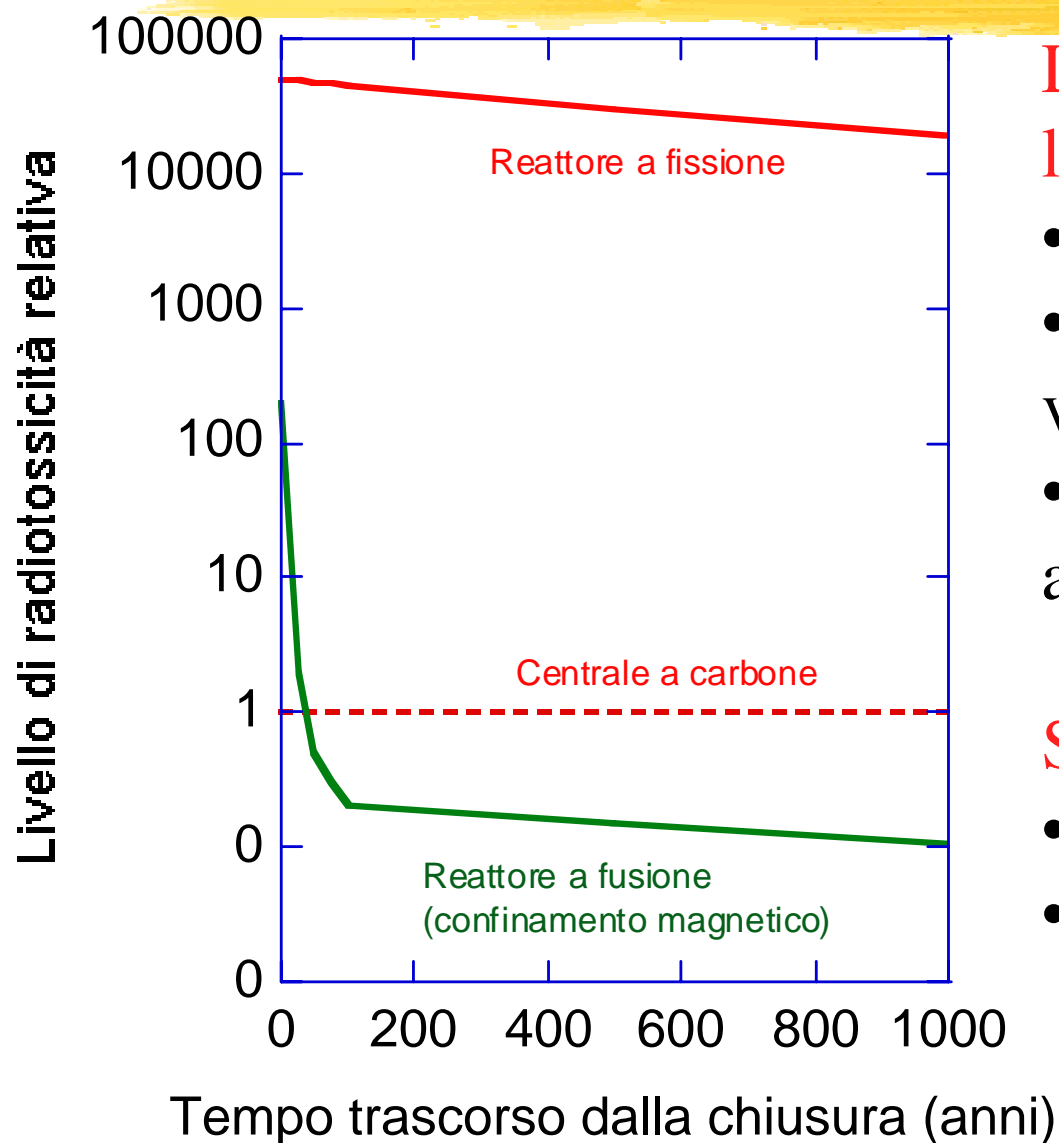
- Elevatissimo livello di sicurezza intrinseca
- Limitata quantità di reagenti nel vessel
- Conseguenze limitate anche nel peggiore incidente prevedibile
- Nessun trasporto di materiale radioattivo

C – Abbondanza

- Il Deuterio si ricava dall’acqua: riserve illimitate su scala umana
- Il Trizio viene prodotto, all’interno del reattore, dal Litio, abbondante in natura

D – Disponibilità

- La materie prime (acqua e litio) sono disponibili su tutta la Terra
- Ridotto rischio di conflitti (petrolio, gas, uranio!)



La fusione non è pericolosa per l'ambiente:

- Assenza di gas ad effetto serra.
- Assenza di scorie radioattive a vita lunga.
- In caso di guasto, la centrale si arresta da sola .

Sorgenti di radioattività:

- Trizio (qualche kg).
- Strutture vicine al plasma.

La fusione è una tecnologia nucleare, ma molto più "pulita" della fissione.

- ⌘ aumento dei consumi
 - ⌘ impatto ambientale
 - ⌘ esaurimento degli idrocarburi
- rendono urgente intervenire con:
- ⌘ miglioramento dell'efficienza energetica
 - ⌘ riduzione progressiva della produzione da fonti fossili
 - ⌘ sviluppo di fonti primarie ecocompatibili

Soluzione ideale:

energia consumata=energia prodotta da fonti rinnovabili

le fonti rinnovabili potranno coprire il fabbisogno?

La *mia* risposta è: probabilmente no

Come coprire *il gap* con **altre** fonti ecocompatibili ed abbondanti?

Una possibile soluzione:

- ☒ energia da fissione per circa un secolo....
- ☒e poi energia da fusione

ma di certo ne sono possibili altre!