

La Partecipazione dell'Italia nelle maggiori imprese scientifiche a livello europeo e le prospettive di collaborazione con il sistema industriale italiano

Industrial Opportunites in ITER project

Sergio Orlandi
Plant Construction Department Head

ITER e le sfide della transizione energetica verso un futuro low-carbon

Indice dei Contenuti

- **Sfide della Ricerca**
- **ITER e le sfide della transizione energetica**
 - *Valenza e Caratteristiche del Progetto ITER*
 - *Sfide della tecnologia della Fusione Nucleare*
 - *Sfide di ITER nella Fusione Nucleare enel suo Completamento*
 - *Funzione di ITER*
 - *ITER Configurazione della macchina*
 - *Forniture nel progetto ITER*
 - *Avanzamento del progetto ITER nelle prefabbricazioni / costruzioni in officina*
 - *ITER - Sfida Tricolore*
 - *Verso l'industrializzazione*
- **Sfide della ricerca nel Medio & Lungo termine**
- **Conclusioni**

Industrial Opportunities in ITER project

Sfide della Ricerca

- **La Ricerca e' strumento essenziale per la sopravvivenza in un mondo di sfide sempre nuove e sempre piu' complesse. E' la sfida perenne verso un sogno irrealizzato o una idea in perenne divenire per migliorare la qualita'della vita.**
- La Ricerca nella conoscenza tecnica si esplicita in due grandi capitoli: **Ricerca scientifica e Ricerca tecnologica.**
- La Ricerca Scientifica sviluppa i temi base della conoscenza umana nella quale ed attraverso la quale si sviluppano le applicazioni trasversali. Sono ricerche a scopo scientifico la struttura del DNA, la composizione della materia fino al bosone di Higgs, la fisica delle particelle con gli studi al CERN di Ginevra, la ricerca sulle malattie, lo studio sull'origine dell'Universo.
- La Ricerca Tecnologica sviluppa le applicazioni trasversali della ricerca scientifica in attivita' di produzione quotidiane (trasporti, applicazioni mediche, trasporto dell'energia, aerospaziale, biologia, strumenti diagnostici e di cura della salute). Sono ricerche a sfondo applicativo lo studio delle tecnologie del vuoto e della criogenia con applicazioni estese all'aerospaziale ed al trasporto aereo, come pure lo studio dei materiali superconduttivi con applicazioni estese ai mezzi di diagnostica (Vedi TAC), lo studio dei materiali innovativi e compositi con applicazioni nelle costruzioni delle nostre case allo scopo di assicurare un efficace risparmio energetico.
- **La Ricerca sia tecnologica che scientifica realizza il sogno umano di approdare sempre a nuovi lidi sconosciuti traducendo il pensiero socratico che:**

“Il vero sapere e' il sapere di non sapere”

***Il nostro viaggio oggi nella Ricerca e nelle sue sfide piu' intriganti
vuole essere e simulare un bellissimo naufragare nel mondo infinito della conoscenza***

ITER e le sfide della transizione energetica verso un futuro low-carbon

” We must pursue the objectives of the energy transition.

***But we must also know that the technologies,
necessary to achieve this, are not available yet”***

Bill Gates, How to avoid a climate disaster (2020)

E'la sfida della ricerca

E' la nostra sfida giornaliera

Per avere reattori intrinsecamente sicuri e con ciclo chiuso nella gestione delle scorie

Per realizzare il sole in terra in un angolo della Provenza

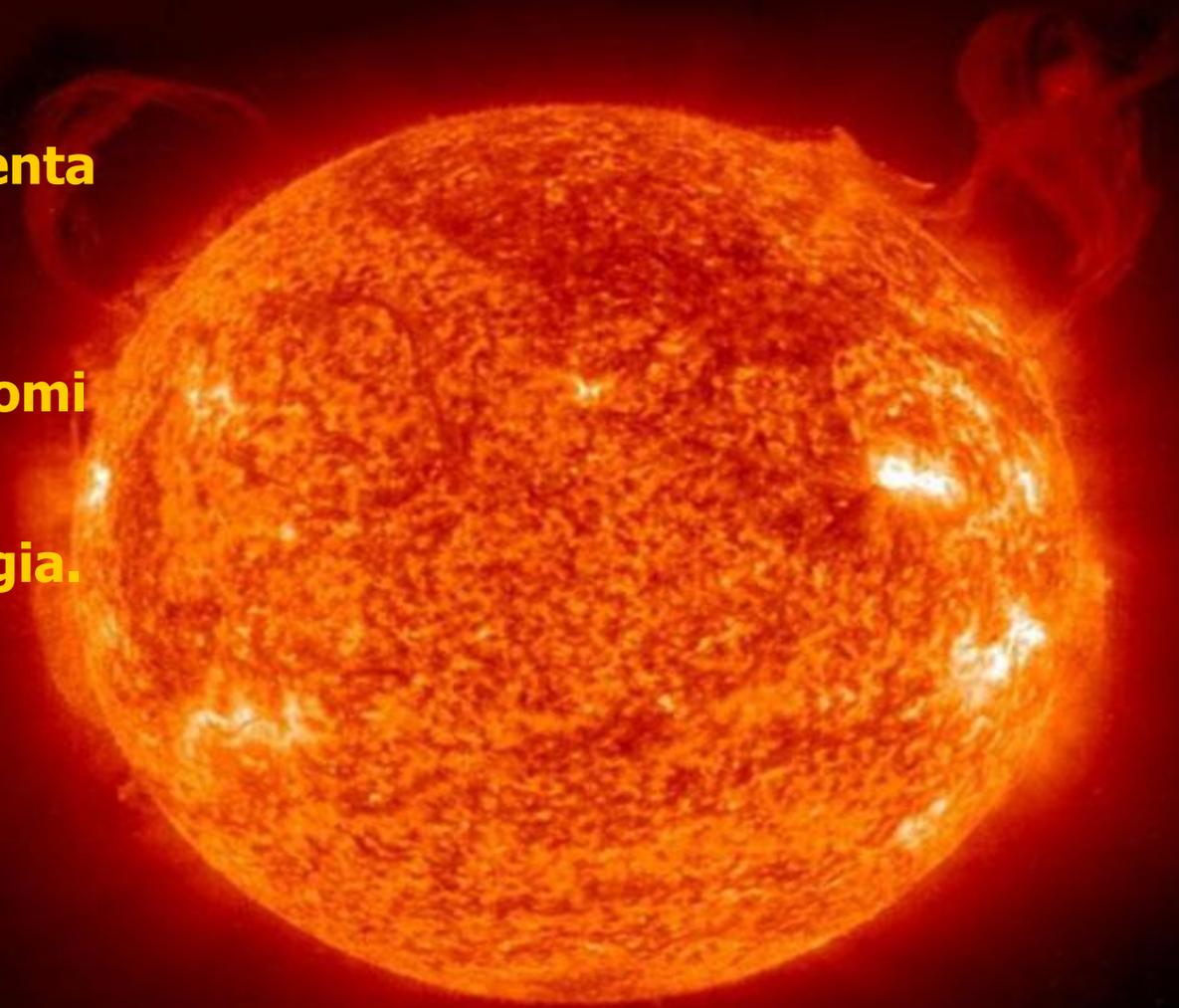
Domande a cui risponderemo

- Che cosa e' la fusione nucleare?
- Perche' e' cosi' importante?
- Cosa e' il progetto ITER?
- Come e' fatto ITER?
- Cosa possiamo aspettarci dal futuro?



La Fusione nell'Universo

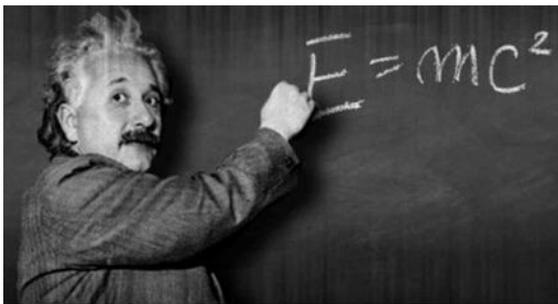
- **La Fusione nucleare alimenta il sole e le stelle**
- **Nella reazione di fusione nucleare, due nuclei di atomi leggeri si combinano, formano un nucleo più pesante e rilasciano energia.**
- **La reazione di fusione a confinamento magnetico vuole riprodurre una reazione simile in Terra**



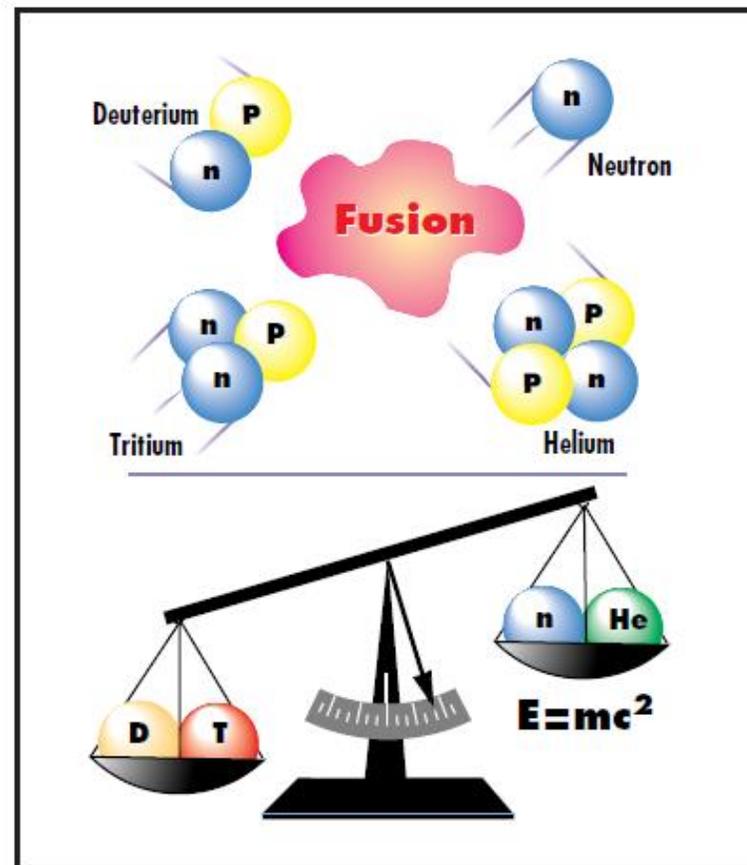
Perche' la fusione produce energia?

La massa dei nuclei degli elementi calcolata sperimentalmente è sempre inferiore alla somma delle masse dei protoni e dei neutroni che li costituiscono.

Questo **difetto di massa** è proporzionale all'energia liberata quando i protoni e i neutroni si uniscono per dare origine al nucleo.



Analogamente, quando due nuclei leggeri si fondono in un nucleo piu' pesante si assiste ad un rilascio di energia piu' o meno grande a seconda dei reagenti.

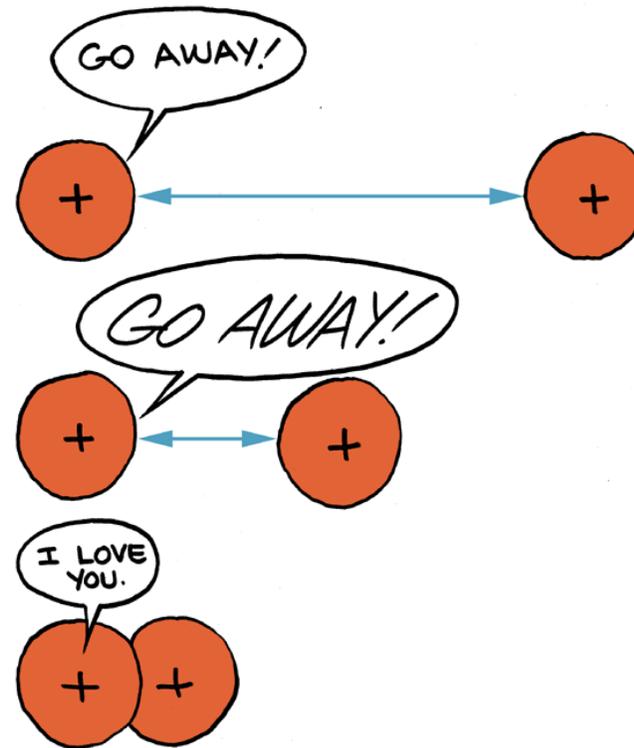


Come avviene la reazione di fusione?

Affinche' la reazione di fusione tra due nuclei possa avvenire e' necessario che **l'attrazione nucleare forte prevalga sulla repulsione elettromagnetica.**

I nuclei sono dotati di carica positiva e tendono a respingersi fino a che non raggiungono una distanza reciproca sufficientemente piccola.

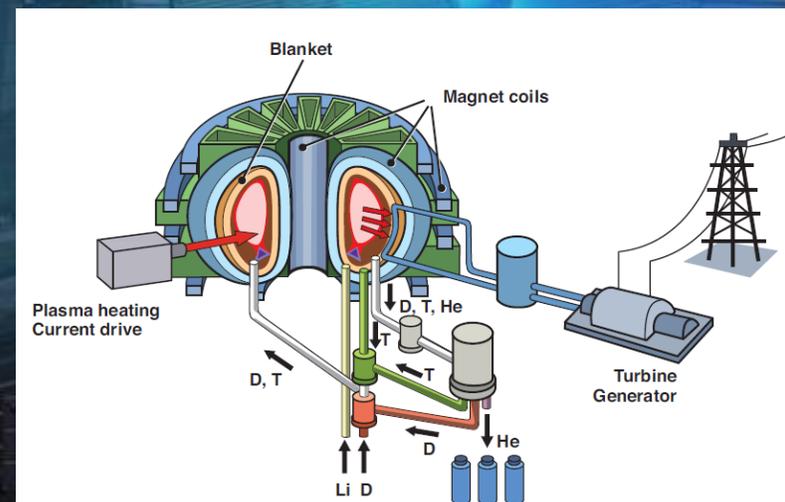
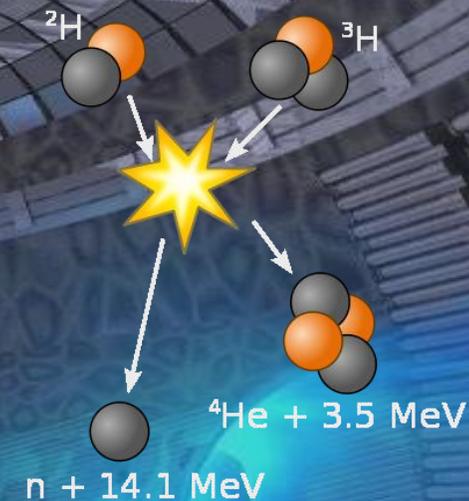
Perché i nuclei riescano a oltrepassare la barriera coulombiana e' necessario portarli a temperature elevatissime di modo che l'agitazione termica possa favorire la loro collisione.



La Fusione in Terra – Descrizione della reazione

1 grammo di combustibile per la fusione = 8 tons of olio

- Si scalda fino ad ottenere il plasma Deuterium + Tritium (DT) a piu' di 150 million °C
- Si tiene il plasma lontano dalle pareti grazie a campi magnetici di alta intensita'.
- I nuclei di elio ad alta energia sostengono la combustione del plasma
- I neutron trasferiscono la loro energia al Blanket .
- In un impianto a fusione di potenza, un generatore di vapore convenzionale , la turbine e l'alternatore trasformeranno il calore in energia elettrica.



Un sogno – La sfida dell'Energia

**I consumi energetici mondiali sono cresciuti del 50% dal 1973.
Ci si aspetta una ulteriore crescita addizionale del 60 % entro il 2040
(International Energy Agency)**

Si ha bisogno di produrre energia libera da rilasci di carbonio su larga scala!

Sorgente di combustibile illimitata

Nessuna produzione di rifiuti con attivazione a lungo termine

Nessuna Potenza residua da evacuare anche dopo spegnimento Impianto

Spegnimento automatic dell'impianto



ITER e le sfide della transizione energetica verso un futuro low-carbon

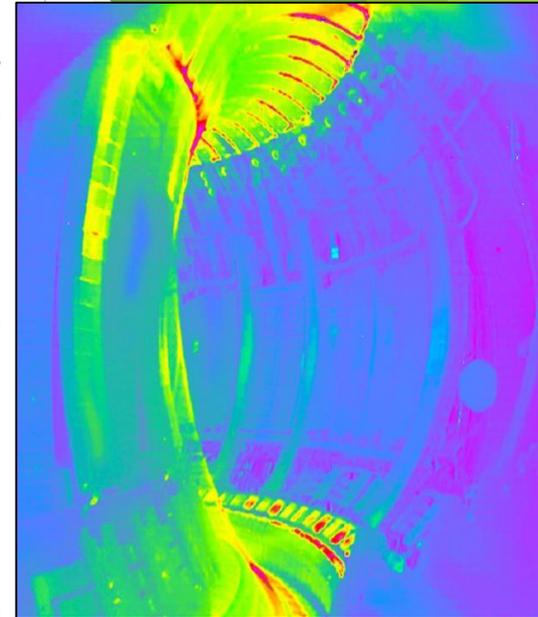
- **L’impianto ITER deve garantire una Potenza termica di 500 MWth**, a fronte di una Potenza passiva (Potenza necessaria per il funzionamento dei sistemi che assicurano la tenuta in esercizio della Macchina) pari a 50 MW, pertanto assicurando un **fattore di amplificazione pari a 10**.

- Per assicurare la formazione del plasma a temperature così elevate mediante confinamento magnetico realizzato da bobine toroidali e poloidali superconduttrici raffreddate a 4K da elio liquido, **correnti dell’ordine di grandezza pari a 75 kA** percorrono le bobine superconduttrici e permettono di raggiungere campi magnetici pari a 13 T (ordinariamente, a confronto, nella vita quotidiana, si gestiscono al più campi magnetici pari a valori uguali a qualche millitesla).

- **L’energia magnetica che si raggiunge è pari alla energia cinetica associata ad una porta-aerei lanciata ad una velocità uguale a 180 km / ora**. La creazione del plasma all’interno della camera a vuoto realizzata in acciaio saldato avente 60 mm di spessore assicurando il raggiungimento di temperature altissime per garantire la formazione dello stato di plasma è reso possibile grazie alla disponibilità di sistemi di riscaldamento a radiofrequenza e alla iniezione di particelle neutre.

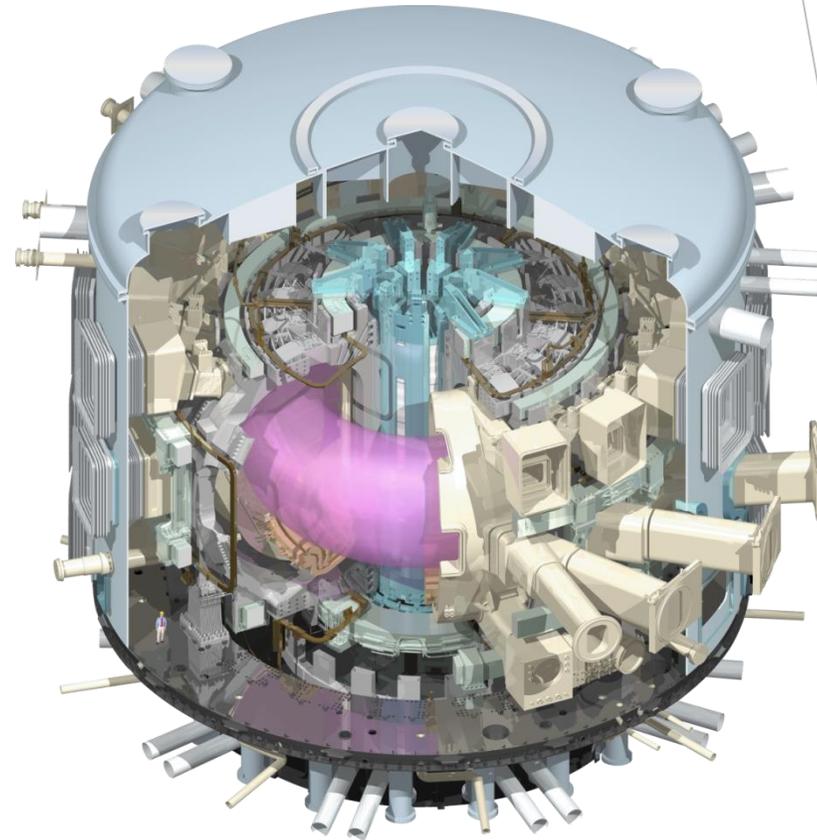
- **Obiettivo primario del Progetto è dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica della produzione di energia da fusione Nucleare** di atomi leggeri, isotopi dell’idrogeno. È la dimostrazione della capacità di produrre energia a basso costo da fonte di combustibile inesauribile.

- **Lo sforzo che dovrà essere fatto in futuro mirerà ad ingegnerizzare ed industrializzare progressivamente tale macchina per implementare soluzioni efficaci nelle prestazioni, ma importanti anche per la riduzione dei costi di investimento**



Funzioni di ITER

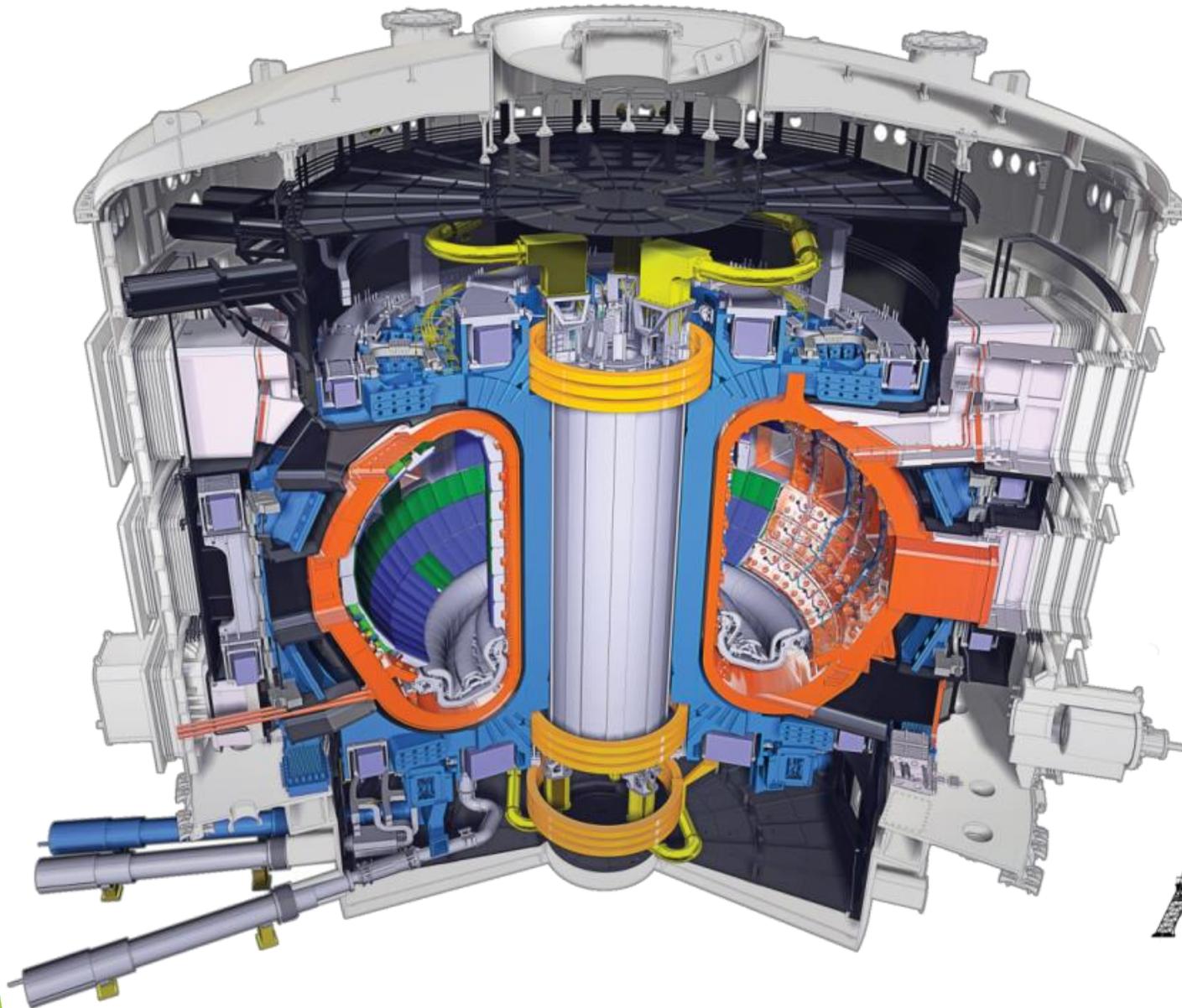
- ITER deve dimostrare l'integrazione fra scienza e tecnologia ed assicurare le funzioni di sicurezza tipiche di un reattore a fusione.
- La reazione Deuterio Trizio genera 10 volte più potenza di quanta ne assorbe.
- Input 50 MW > Output 500 MW
- ITER è un passo essenziale sulla via della commercializzazione di un Reattore a Fusione.
- **Piano delle Costruzioni: 2010-2035**
Primo Plasma: 2025
Deuterio Trizio Esercizio: 2035



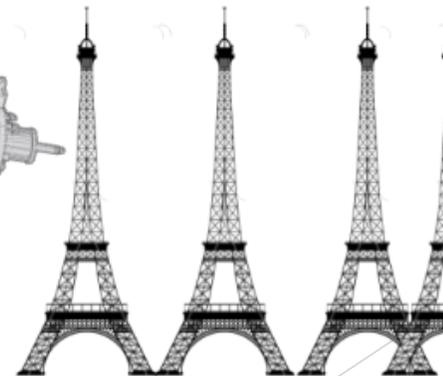
R=6.2 m, a=2.0 m, I_p=15 MA, B_T=5.3 T, 23,000 tons

Portare il Sole in Provenza ...

Tokamak

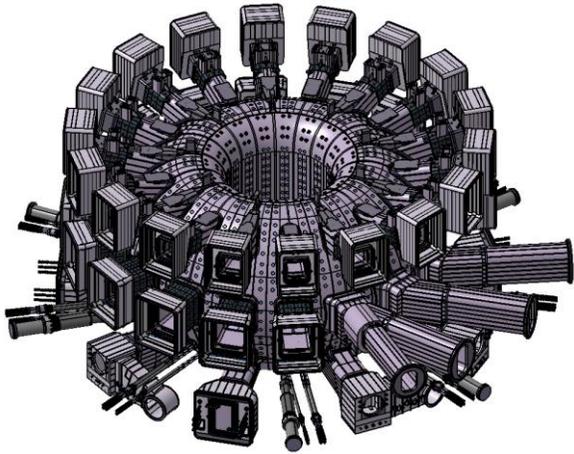


Vacuum Vessel: ~ 8 000 t.
TF Coils: ~ 18 x 360 t.
Solenoid Centrale : ~ 1 000 t.
Etc.
Total ~ 23 000 t.

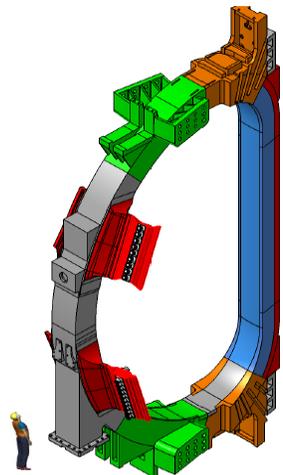


**3,5 volte il peso
della Torre Eiffel**

Per avere un'idea...



Massa camera da vuoto e componenti interni:
~8000 t - 19.4 m diam. esterno x 11.3 m altezza



Massa di una bobina toroidale:
~360 t
16 m altezza x 9 m larghezza



Massa Tour Eiffel: ~7300 t
324 m altezza



Boeing 747-300
massa al decollo ~377 t

Perche' la fusione e' importante?

- 1. Combustibile illimitato e disponibile in tutto il mondo**
- 2. Nessuna emissione di gas che produce effetto serra**
- 3. La reazione di fusione è intrinsecamente controllabile:**
 - Il combustibile presente all' interno del reattore è dell'ordine di qualche grammo;
 - La minima perturbazione del plasma, genera spontaneamente il suo spegnimento.
- 4. Nessuna scoria radioattiva a lunga vita:**
 - La reazione di fusione produce He, un gas non radioattivo ed inerte;
 - I materiali del reattori possono essere scelti a "bassa attivazione".
- 5. È caratterizzata da una elevata densità di energia per massa di combustibile:**
 - 1 grammo di miscela Deuterio-Trizio = 26 MWh di elettricità (~10 tonn. di Carbone);
 - Si presta alla produzione in centrali di grossa taglia.

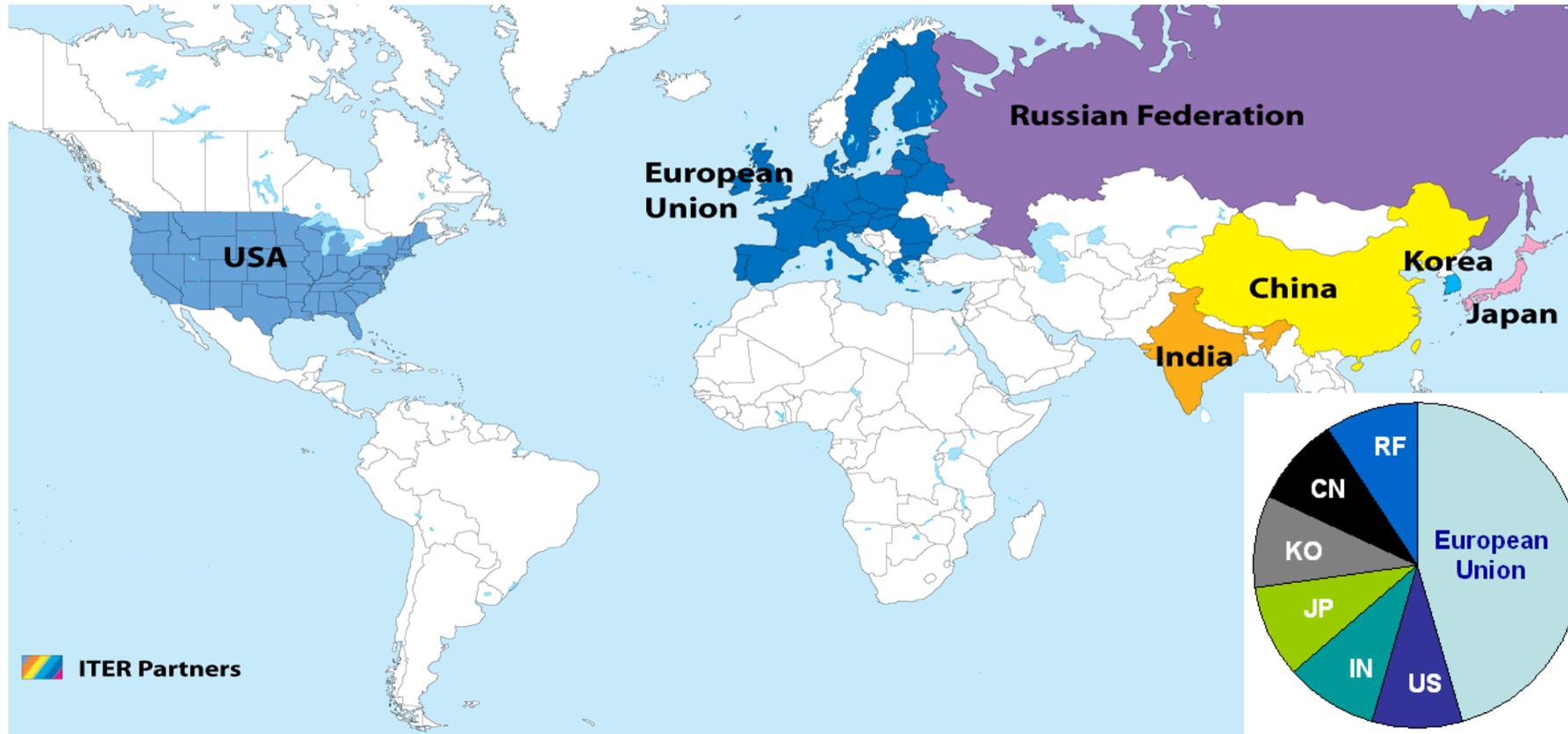
ITER: un progetto unico al mondo

ITER, dal latino “viaggio”, è un grande ed ambizioso progetto in fase di realizzazione a Cadarache (Francia).

ITER è un progetto: **internazionale, scientifico, tecnologico e industriale.**



ITER: un'ampia collaborazione internazionale

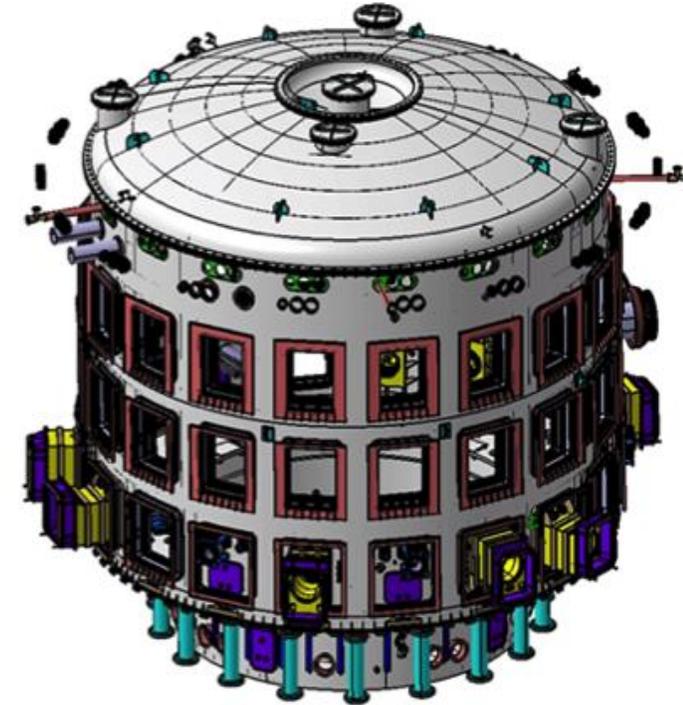


I sette membri partecipanti alla costruzione di ITER rappresentano **più della metà della popolazione mondiale.**

Distribuzione dei costi
EU 5/11, gli altri 6 Membri
1/11

ITER e le sfide della transizione energetica verso un futuro low-carbon

- Ovviamente ITER e'anche terreno fertile per lo sviluppo di nuove tecnologie e studio di materiali alternativi che trovano diretta implementazione in altre sfidanti applicazioni industriali come l'aerospaziale (vedi la tecnologia del vuoto e del criogenico) o la medicina e la biologia.
- E' pur vero che l'idea di generare energia a basso costo e senza piu' problema di disponibilita'delle materie prime e' un sogno industriale per regalare ricchezza anche ai Paesi piu' sfortunati.
- ITER è probabilmente la 'macchina' più complessa concepita fino ad oggi e rappresenta una delle più alte espressioni della conoscenza scientifica e tecnologica mai raggiunte. Di conseguenza, la sua realizzazione richiede investimenti molto ingenti, avendo ben presente che i costi di attività "First of a kind" come quelle previste sono necessariamente connessi a quelli delle soluzioni tecnologiche e scientifiche che occorre o adottare e dei processi per realizzarli.
- Ciò non significa giustificare eventuali incrementi della spesa prevista – che deve comunque essere attentamente controllata e contenuta con rigorose strategie di *project* e di *contract management*), - ma prevedere 'finestre di flessibilità' per attività complesse, esclusive e capaci di aprire orizzonti nuovi alla fisica ed alla tecnologia.



ITER e le sfide della transizione energetica verso un futuro low-carbon

Sfide della tecnologia della Fusione Nucleare

- ❖ **Assicurare la produzione di un plasma Deuterio-Trizio** con riscaldamento dominante di particelle alfa generando una Potenza stabile da reazione di fusione; **ITER ha risposto a tale sfida anche grazie alla Ricerca Italiana in corso a Padova con MITICA e SPIDER**
- ❖ **Assicurare il confinamento del plasma con campi magnetici superiori a 10 Tesla** raggiungendo Temperature da 150.000.000 di gradi C; **ITER ha risposto a tale sfida sviluppando nuove tecnologie come dimostrato dal Sistema di stabilizzazione della rete elettrica e magneti superconduttori già installati o in fase di realizzazione.**
- ❖ **Assicurare una reazione stabile senza eventi di frattura traumatica del plasma** generanti carichi ad altissima accelerazione ma a basso contenuto energetico; **ITER sta sviluppando il nuovo Sistema di protezione contro fratture potenziali del plasma: la progettazione è completata, la sperimentazione e validazione sono in implementazione negli impianti JET (UK) e KSTAR (Korea).**
- ❖ **Sviluppare tecnologie di qualifica a campi magnetici statici ed a forze magnetiche statiche** anche in componenti meccanici ed elettrici disponibili sul Mercato ma non utilizzabili negli Impianti a Fusione nella loro configurazione di produzione. **In ITER le attività sono in stato di avanzamento significativo a costi spesso significativi.**
- ❖ **Assicurare la stabilità della rete con connessione di Impianti a Fusione a caratteristica pulsante.** **In ITER l'attività è in fase di realizzazione.**
- ❖ **Assicurare la gestione di Rifiuti attivati con Trizio e lo stoccaggio in Depositi permanenti** ancora non disponibili in Francia; **va detto che il Trizio ha tempi di dimezzamento radioattivo pari a 12 anni e quindi la sua pericolosità per inalazione si esaurisce in pochi decenni. Nella Fusione non si generano rifiuti con tempi di dimezzamento radioattivo di migliaia di anni.**
- ❖ **Sviluppo della tecnologia del Divertore e sinergia con altri impianti in costruzione (Vedi DTT)**
- ❖ **Assicurare una tecnologia di costruzione capace di realizzare l'Impianto in tempi e costi sostenibili: è la grande sfida di ITER nei prossimi anni.**



ITER Configurazione della Macchina

Plasma major/minor radius: 6.2/2 m

Total fusion power: 500 MW

Plasma current: 15 MA

Toroidal field @ 6.2 m radius 5.3 T

Fusion/auxiliary heating power: ≥ 10

Vacuum volume: $\sim 1330 \text{ m}^3$

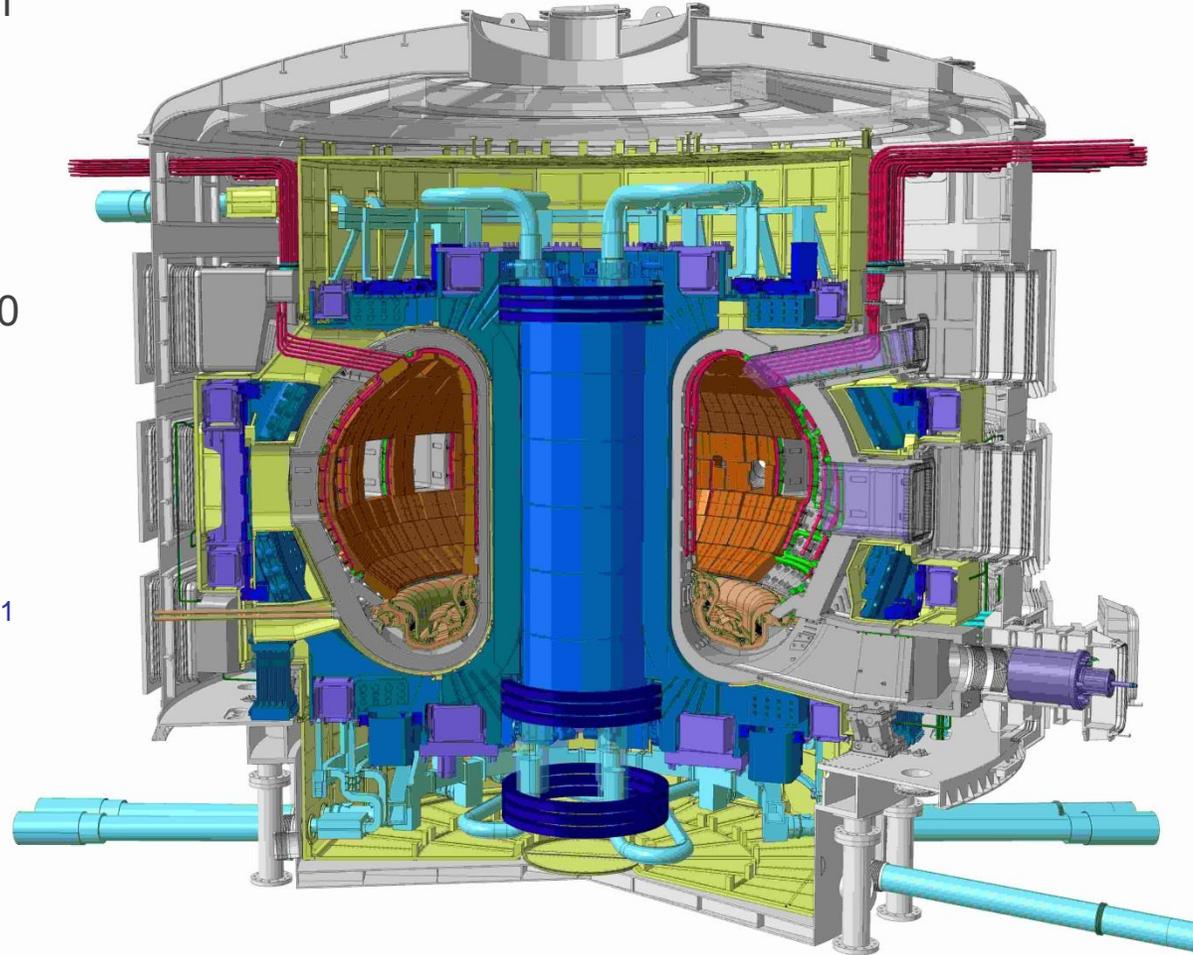
Plasma volume: $\sim 837 \text{ m}^3$

Plasma tritium throughput: $\sim 1 \text{ kg h}^{-1}$

Plasma tritium inventory: $\sim 0.2 \text{ g}$

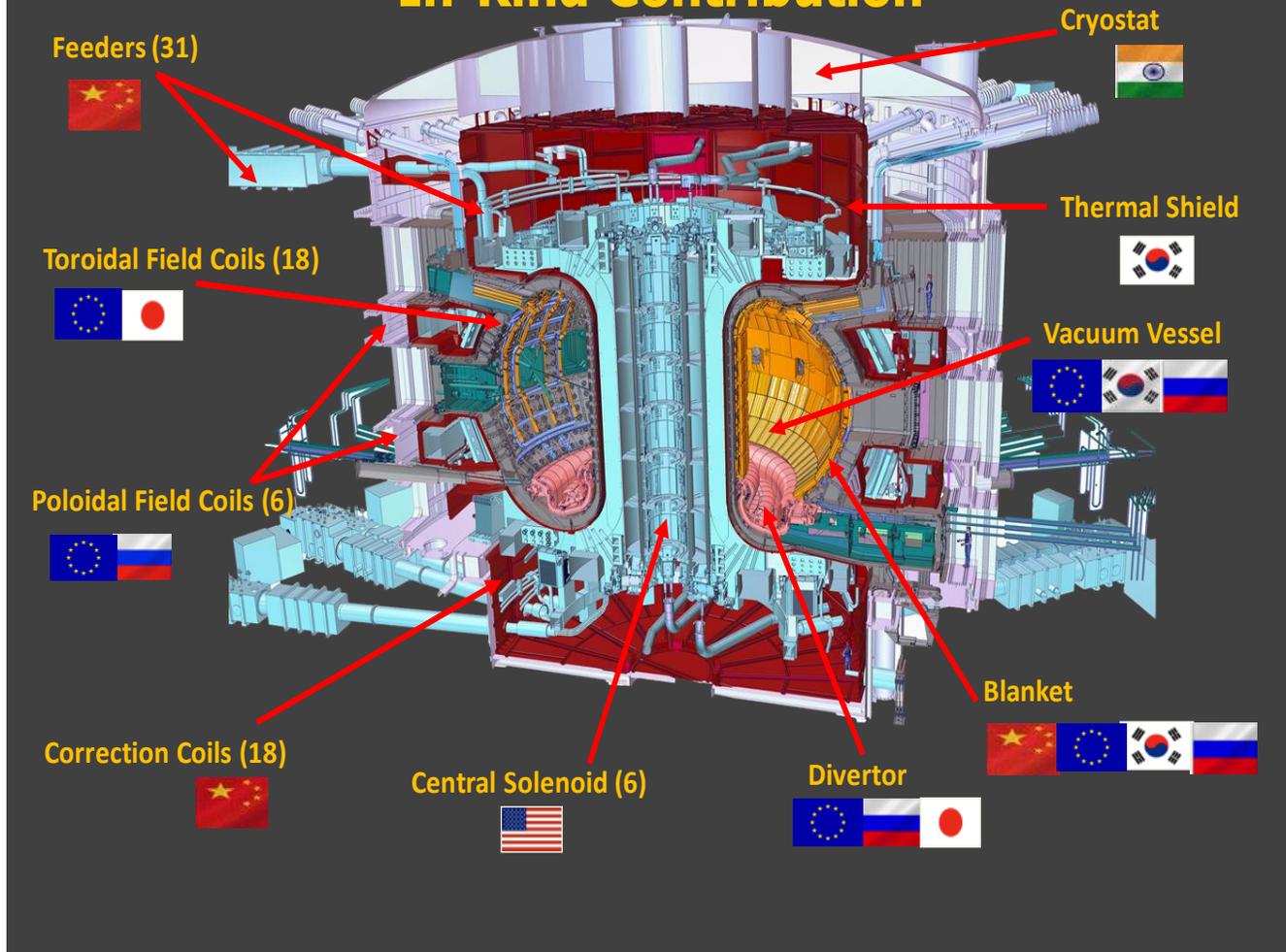
Tritium site inventory: $< 4 \text{ kg}$

Fuel cycle inventory: $\sim 2 \text{ kg}$

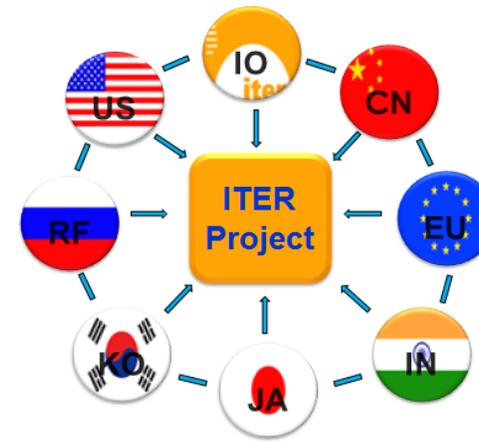


In-Kind Procurement

Who manufactures what? In-Kind Contribution



- ▶ 90% of the procurement for ITER is performed “in kind” by the seven procurement agencies.
- ▶ ~85% is now contractually agreed and signed.



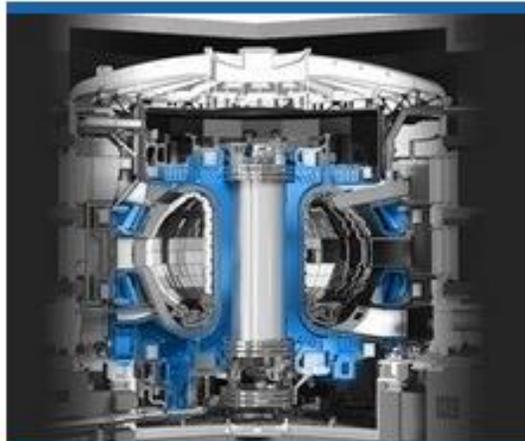
Contributo Francese ed Italiano in ambito Europeo

Si possono contestualizzare i contributi Francese ed Italiano in ambito Europeo:

- **Il sistema industriale Francese ha contribuito in modo dominante nella Progettazione / Fornitura e realizzazione del progetto ITER con specifico riferimento ad:**
 - Attivita'di Ingegneria
 - Servizi di cantiere;
 - Realizzazione Opere Civili
 - Supervisione nelle costruzioni
 - Implementazione Standard Francesi nella progettazione e realizzazione
 - Supporto nella gestione delle interfacce con Autorita'di Sicurezza
 - Fornitura sistemi / componenti reperibili sul mercato o richiedenti qualifche ad hoc.

- **Il sistema industriale Italiano ha contribuito in modo qualificante nella Progettazione/ Fornitura e realizzazione del progetto ITER aggiudicandosi attivita'a minore valore economico ma ad altissimo valore aggiunto espressione della tecnologia e scienza piu' innovativi con specifico riferimento a:**
 - Fornitura Vacuum Vessel , Magneti poloidali / toroidali
 - Assemblaggio Macchina
 - Attivita' sperimentali di base per certificare la fattibilita'del progetto presso Universita'Italiane (Padova, Pisa , Genova, Torino, Milano)
 - Fornitura componenti per sistemi strategici come Sistemi a Vuoto pozzi freddi primari e secondari
 - Attivita'di Montaggio meccaniche ed elettriche sia fuori Reattore che all'interno della Macchina e tutti i sistemi di sollevamento e movimentazione di sito
 - Qualifiche a nuove forzanti (Campo magnetico e Stress Test) di componenti Elettrici e meccanici e studio di nuove configurazioni

ITER: i componenti del tokamak



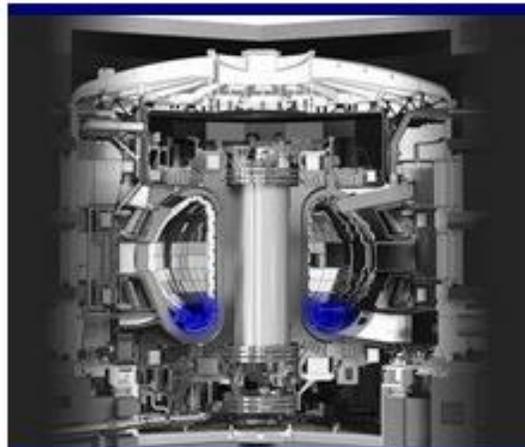
MAGNETS



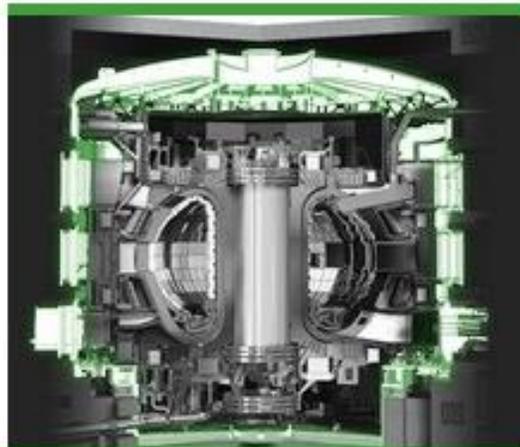
VACUUM VESSEL



BLANKET



DIVERTOR



CRYOSTAT

ITER – Sfida TRICOLORE

- **ITER ha un cuore tricolore** perche' molta della sofisticata tecnologia necessaria e' fornita da Aziende ed Ingegneri Nucleari Italiani che lavorano nel sito di ITER localizzato nel sud della Francia.
- **Le Aziende italiane hanno acquisito ordini per piu' di 1,8 Miliardi di Euro ad oggi e l'Italia ha contribuito per circa 800 Milioni €**; le prospettive future sono altrettanto interessanti. Le Aziende Italiane hanno fatto acquisizioni in fornitura di sistemi / componenti / installazione come pure servizi di ingegneria ad alto valore aggiunto. Probabilmente quelle a piu' alto valore aggiunto in generale quali **la fornitura dei Magneti, del Vacuum Vessel, la Stabilizzazione della rete e la sperimentazione per lo sviluppo dei contenuti della Condensazione sotto vuoto per il sistema di "Vacuum Vessel Pressure Suppression System"**.
- **Cinque settori del Vacuum Vessel come pure i grossi magneti** capaci di assicurare il confinamento magnetico del Plasma nel Vacuum Vessel sono in produzione in aziende Italiane che hanno raggiunto livelli eccellenti di qualita' e di tecnologia innovativa. Il laboratorio di ricerca per la Neutral Beam Task Force e' brillantemente in essere presso l'Universita' di Padova.
- **Come pure l'industria italiana sta offrendo il suo altissimo contributo nelle attivita' di montaggio e di avviamento** di impianto qualificandosi per la capacita' di assicurare altissima qualita' nel prodotto, garantendo pieno rispetto dei tempi e senza generare costi addizionali rispetto ai valori concordati e preventivati. Tutta l'Area di impianto complementare all'Edificio Reattore e' realizzata da Partner Industriali Italiani che hanno fatto dell'eccellenza nella qualita' la loro bandiera (Fincantieri, Cestaro Rossi, Demont, Monsud, Irem, Vernazza, Danieli) .
- **E' l'espressione migliore e piu' efficace di una Italia vivace e che funziona**, capace di implementare modelli efficaci ed efficienti.

Obiettivo primario: Produrre energia in modo sostenibile nel rispetto dell'Ambiente ed a basso costo.

Che vuol dire in primis nel rispetto dell'Uomo e del suo Futuro su tale pianeta.

Tritium Building (B14) Civil Works Construction Progressing to Plan



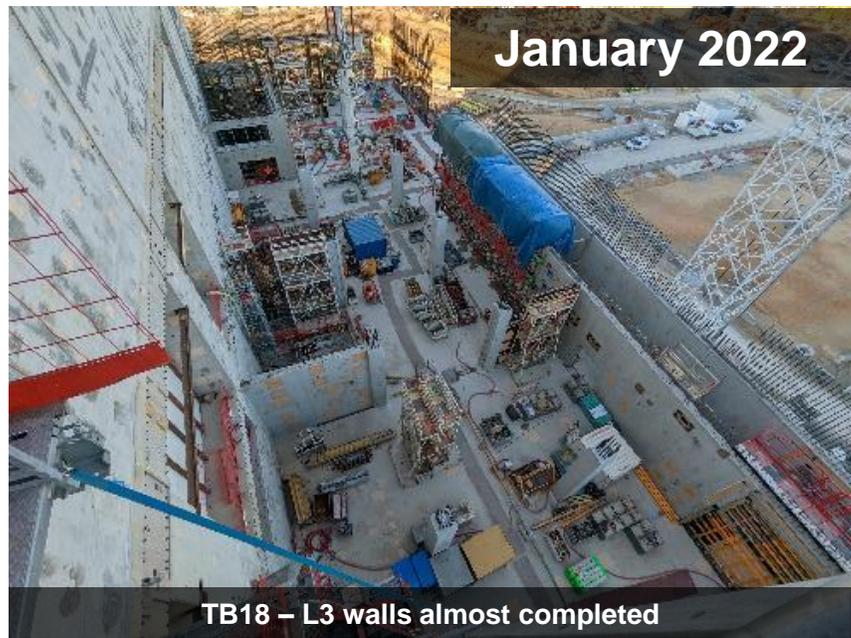
March 2022

B14

L3

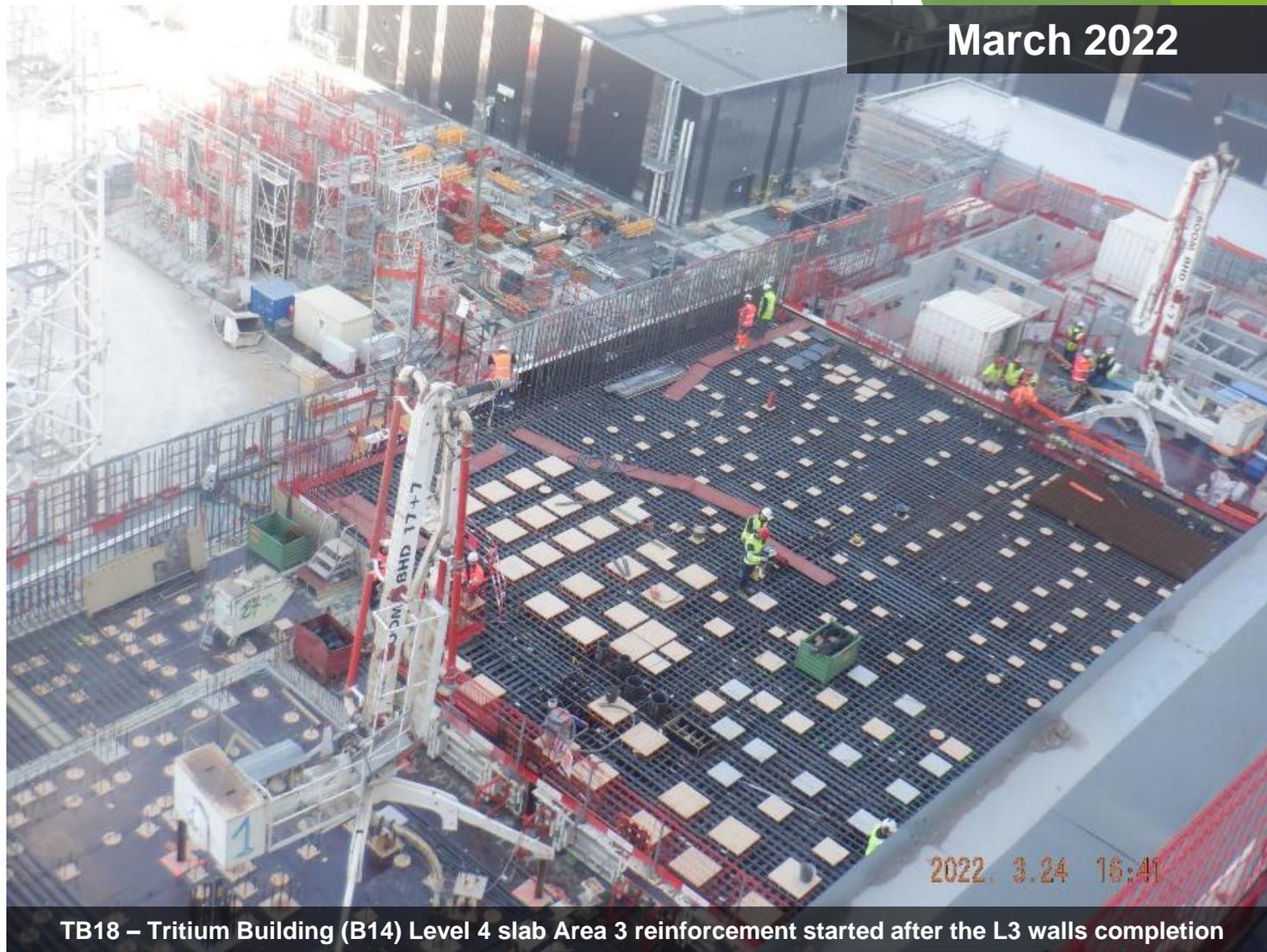
L2

L1



January 2022

TB18 – L3 walls almost completed



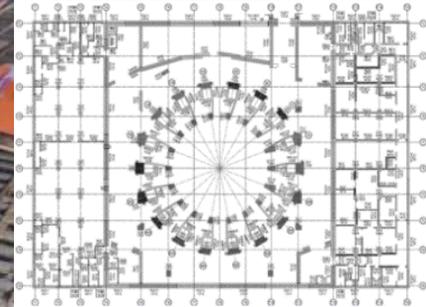
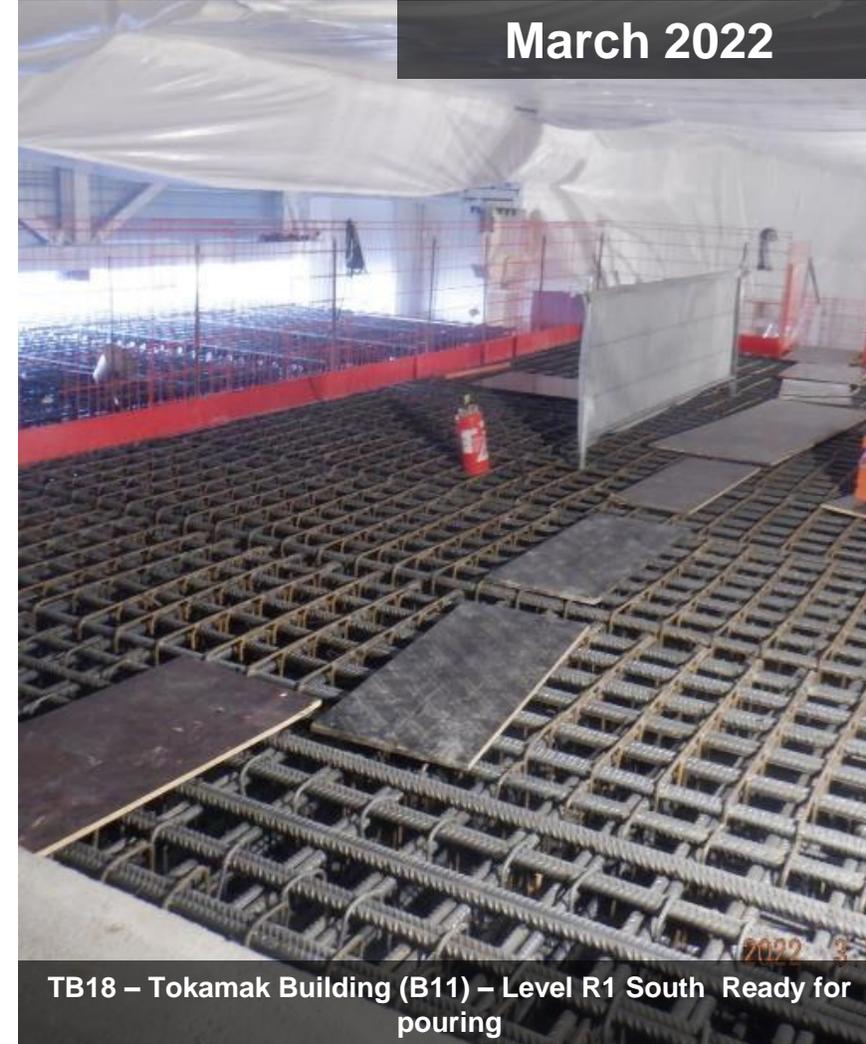
March 2022

TB18 – Tritium Building (B14) Level 4 slab Area 3 reinforcement started after the L3 walls completion



Tokamak Building (B11) Cargo Lift Machinery Room Civil Works

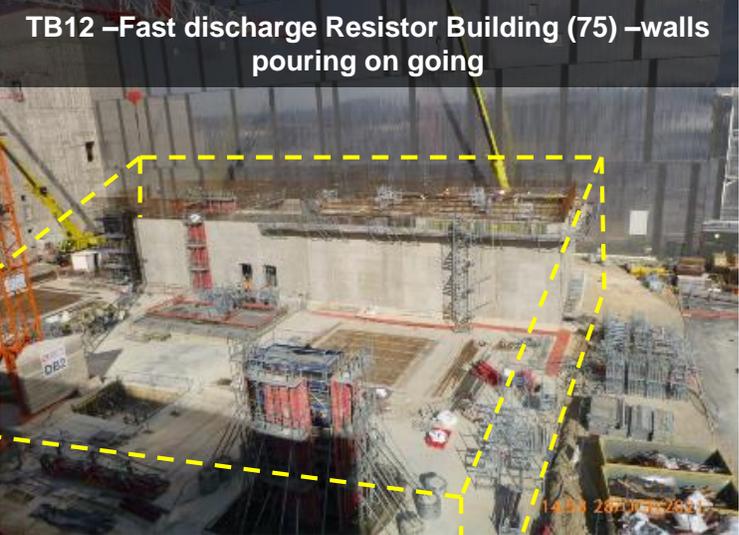
North part completed, South part Progressing





Control Building (71), Fast Discharge Resistor Building (75), Neutral Beam Power Supplies Building (37) Works Progressing

October 2021



March 2022



➤ Sector 5

- D-shape assembly ongoing, Inner Shell welded
- Upper and Lower Port Stub Extensions welded

➤ Sector 4

- D-shape assembly ongoing

➤ Sector 9

- 3 of 4 segments completed
- 1 segment machined to final tolerances

➤ Sector 3

- 1 segment completed
- 2 segments under Outer Shell welding
- 1 segment under Inner Shell welding

➤ Sector 2

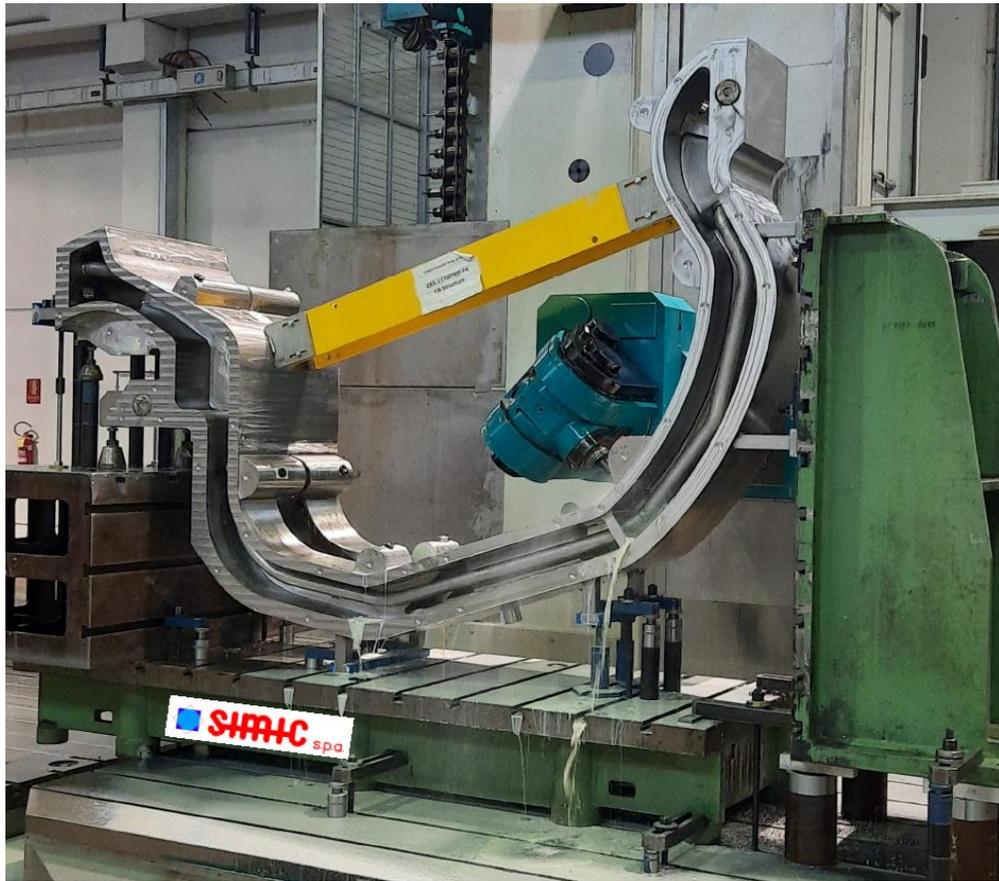
- 3 segments under Outer Shell welding
- 1 segment under Inner Shell welding



Sector 5 in clean area after welding of inner shell and Port Stub Extensions

In-Vessel – Divertor Cassettes

Divertor cassettes series production at SIMIC and Walter Tosto



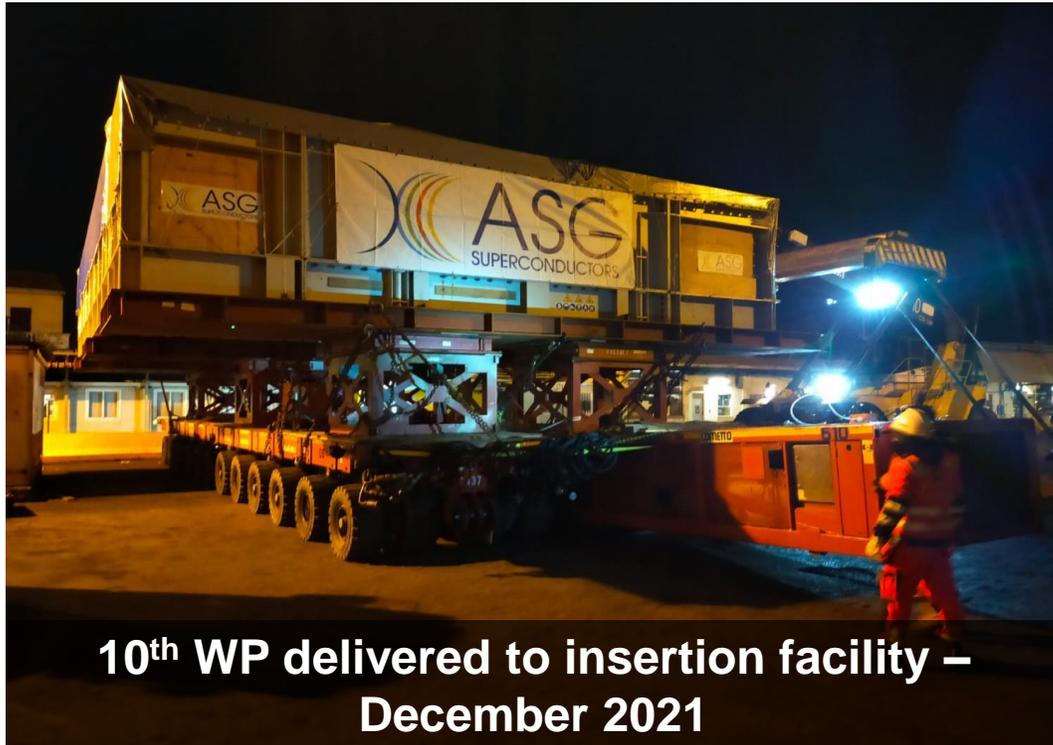
Manufacturing Divertor Cassette body structures at SIMIC (Italy)



Commissioning of Hot Helium Leak test facility at Walter Tosto (Italy)

Magnets: Toroidal Field Coils Production

- 6th TF Coil completed & delivered to ITER site
- 7th TF Coil completed, arrival at the IO in April 2022
- 8th TF Coil final machining ongoing
- 9th TF Coil closure welding ongoing
- 10th TF Coil cold test ongoing



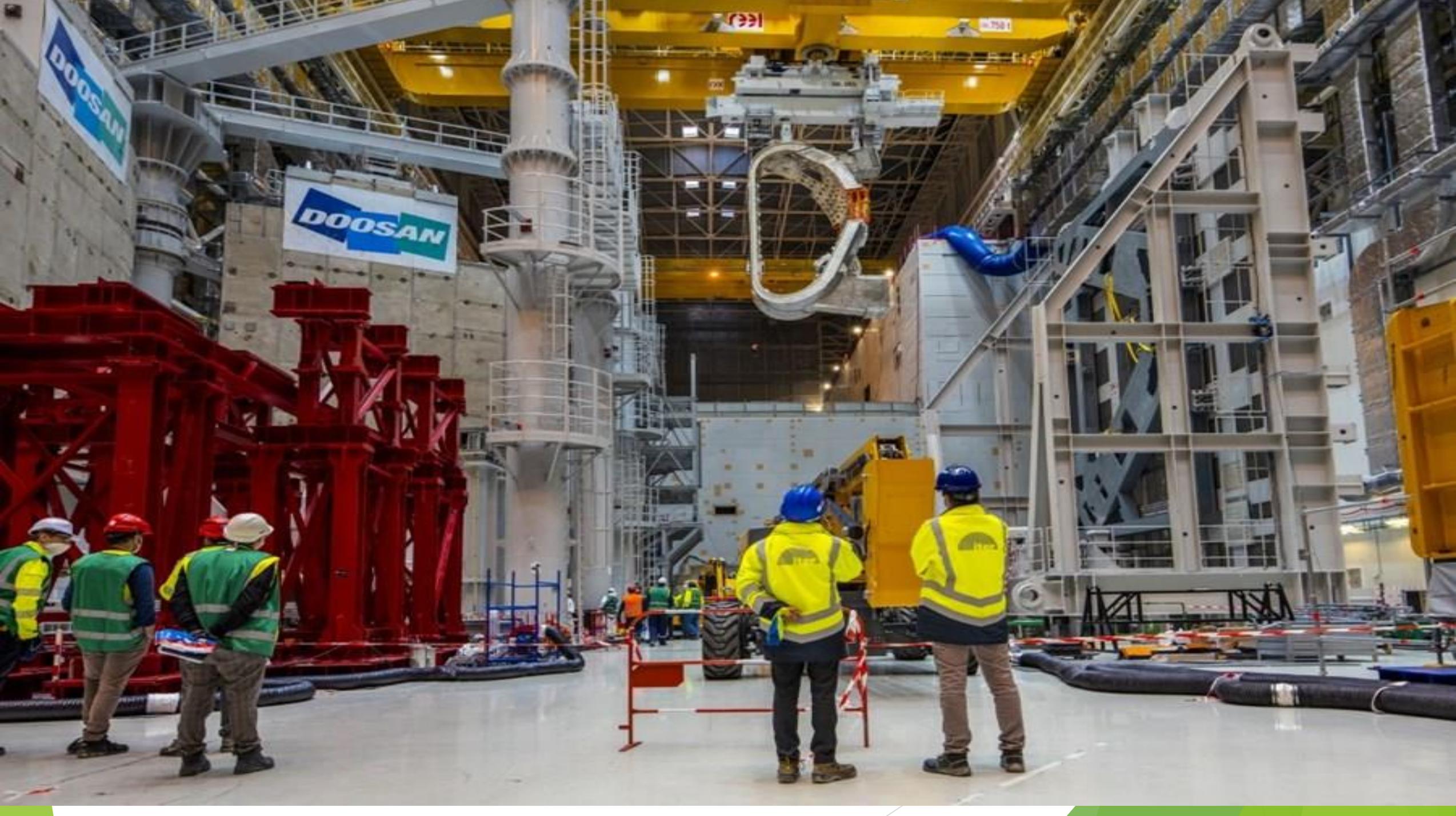
**10th WP delivered to insertion facility –
December 2021**



6th TF Coil delivered to IO – 17th December 2021







DOOSAN

DOOSAN

100

107501

SM#6 Lifting and Lowering (11 May 2022)



ITER Project – Manufacturing Progress

Total average component manufacturing through First Plasma is >65% complete.



Cryostat Lower Cylinder



PF Coil #6



Toroidal Field Coil



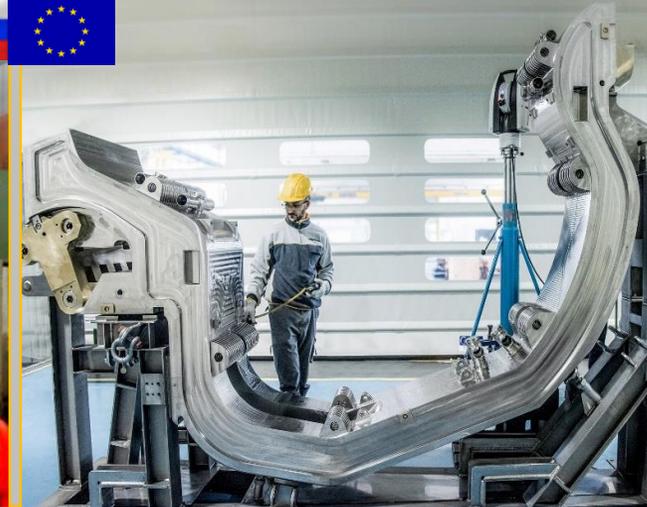
Thermal Shield



Central Solenoid



Port Stub Extension



Divertor Cassette Prototype

ITER Project – Manufacturing Progress



Vacuum Vessel Sector Assembly



Cryoline production



Magnet clamp fabrication



Insertion in TF cases



High heat flux testing

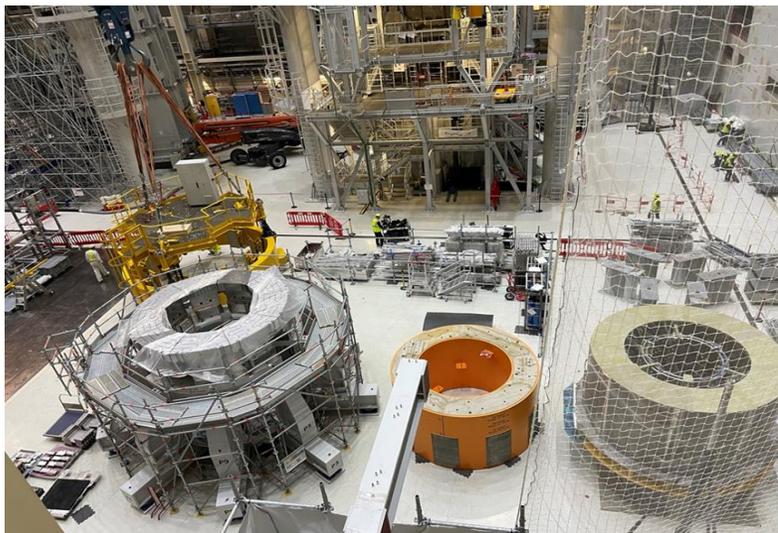


CS supports

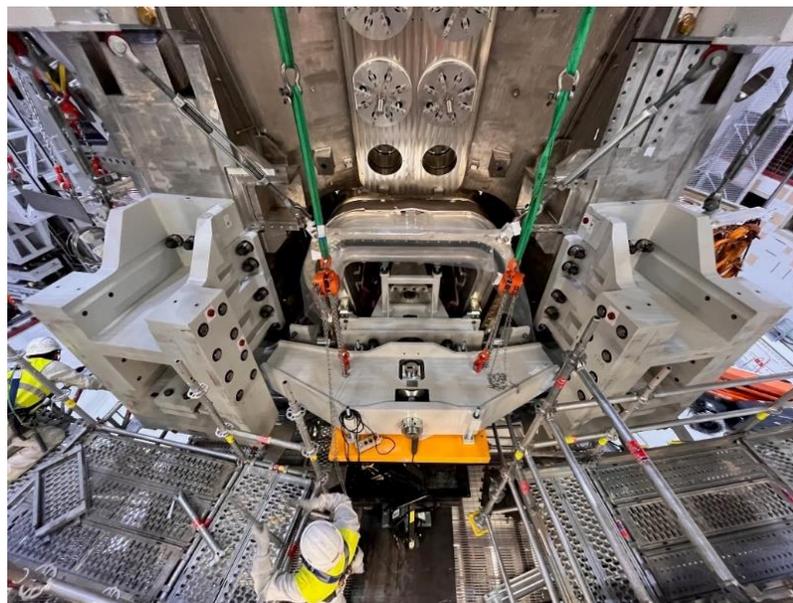


PF Coil #5

Progress of Machine Delivery, Installation and Assembly



CS Lifting tool, assembly platform, test load and the CS Module 1 in assembly hall



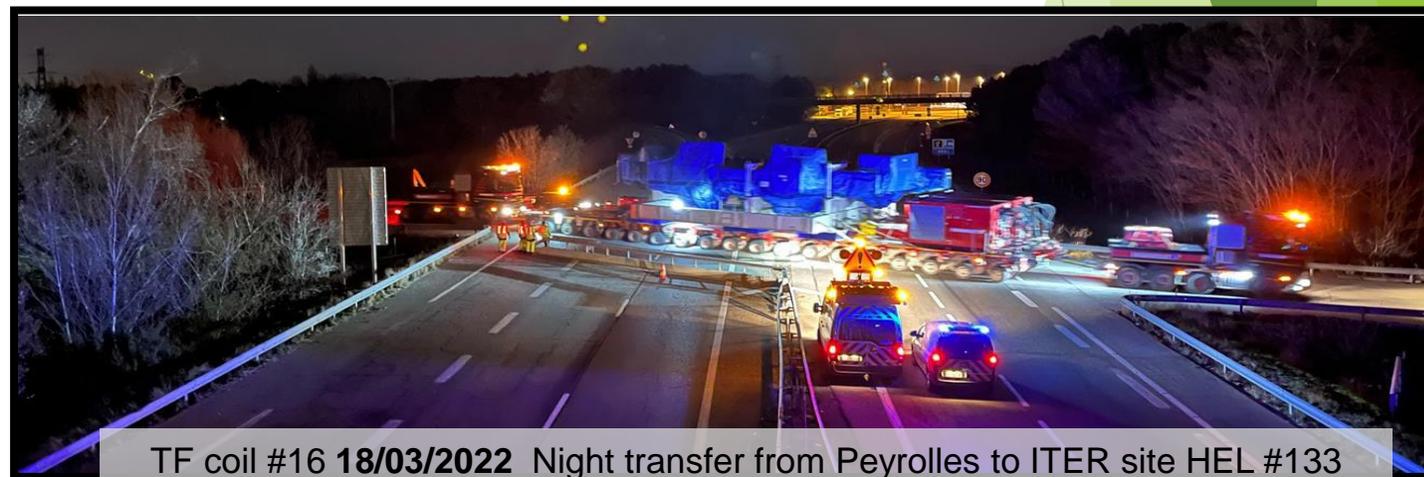
DLS Completed



VVTS#7 Clamp for offset adjustment

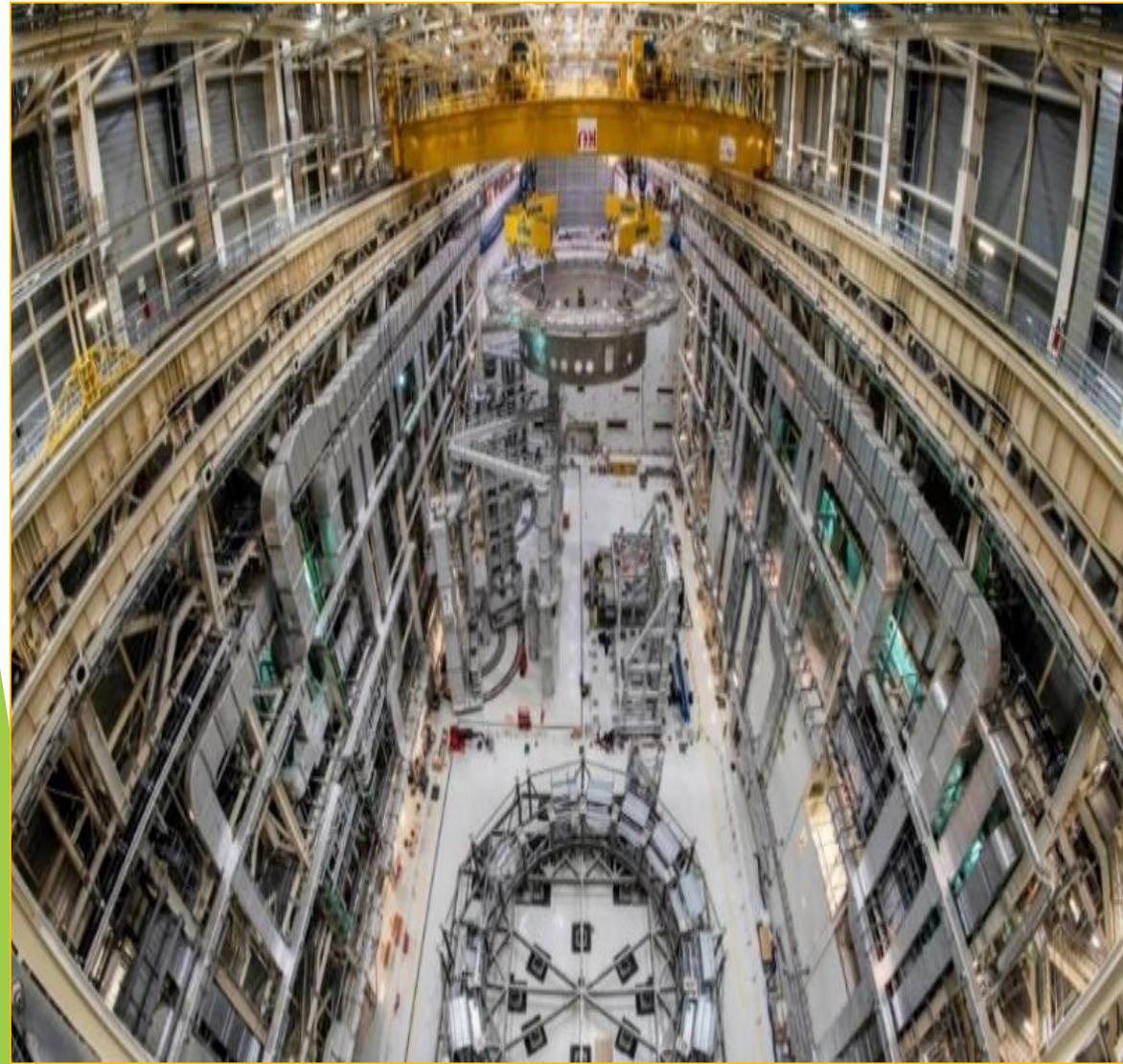


1st batch of 4 CVB vacuum chambers manufactured

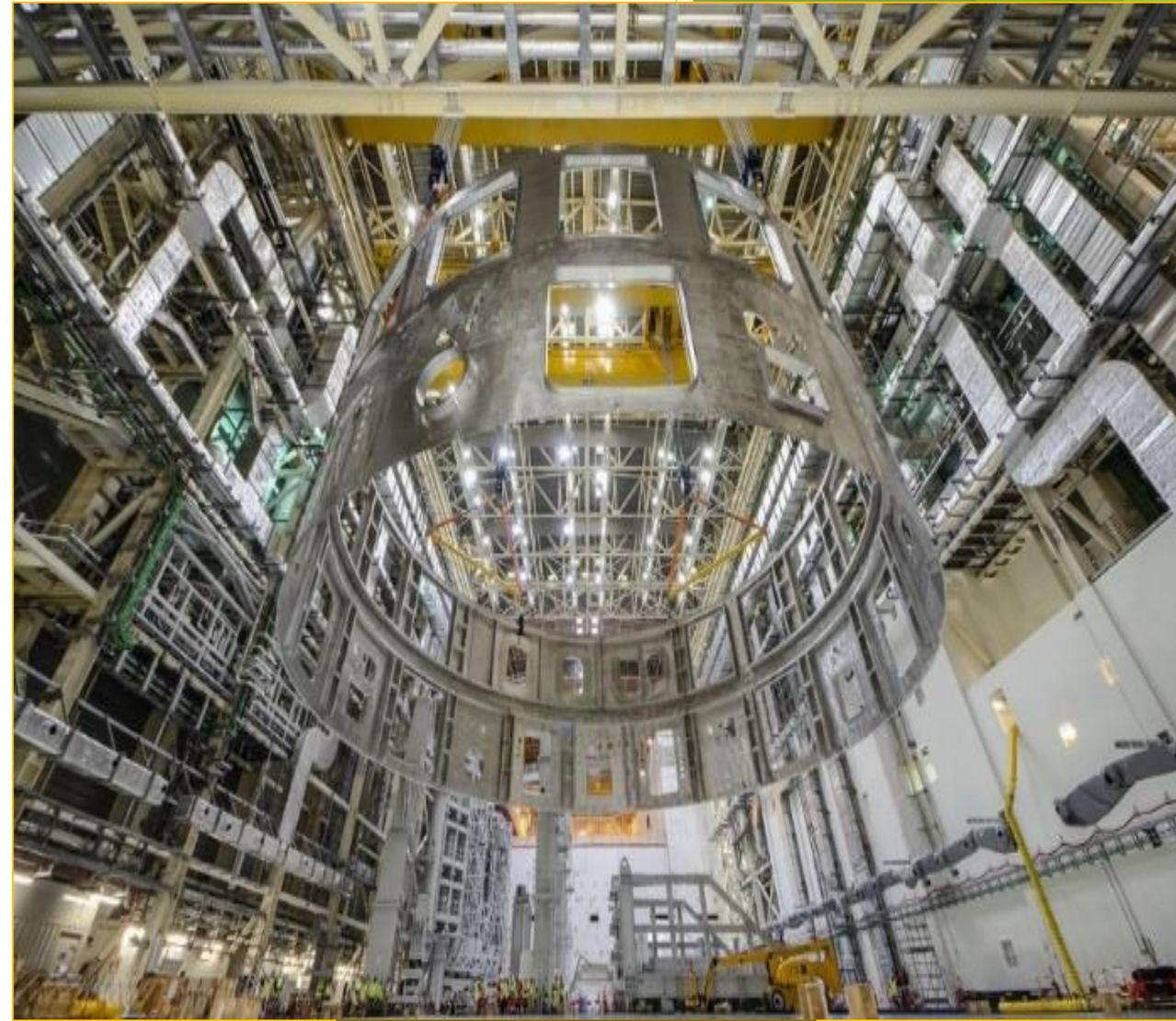


TF coil #16 18/03/2022 Night transfer from Peyrolles to ITER site HEL #133

ITER Project – Assembly Progress - 85% of total manufacturing finalized



26-27 May 2020 – Cryostat Base



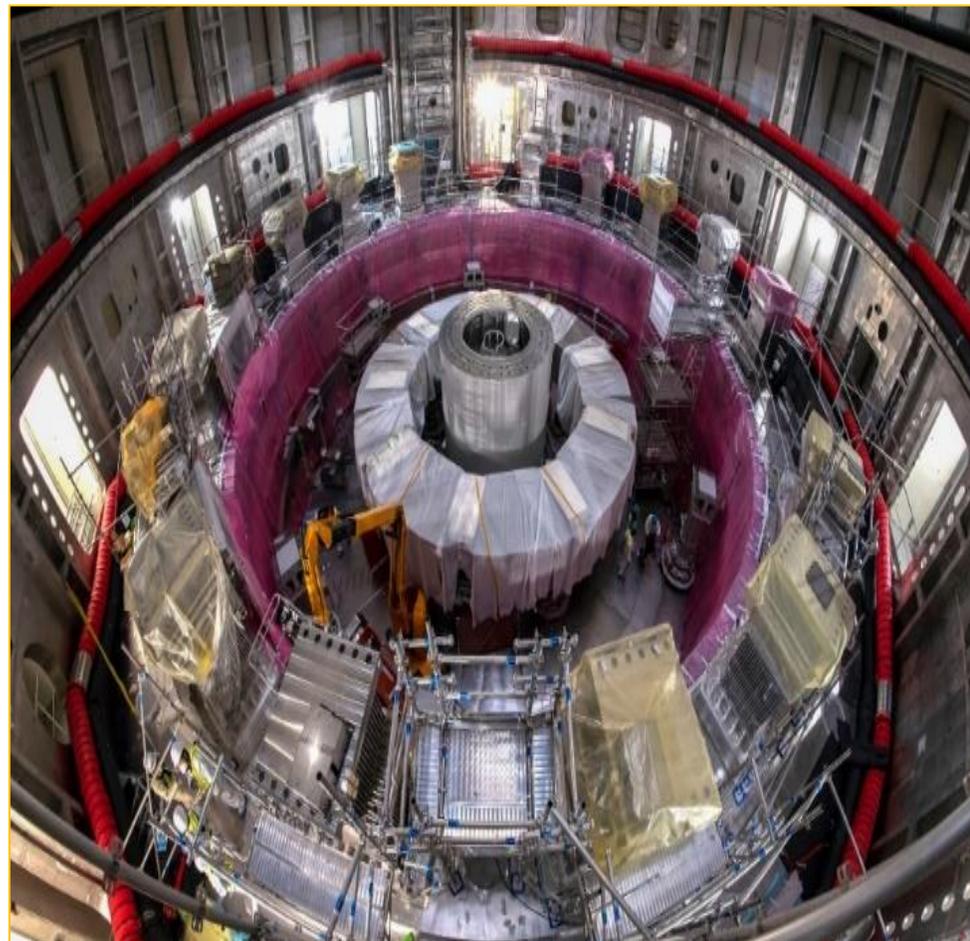
31 Aug 2020 - Cryostat Lower Cylinder

ITER Project – Assembly Progress

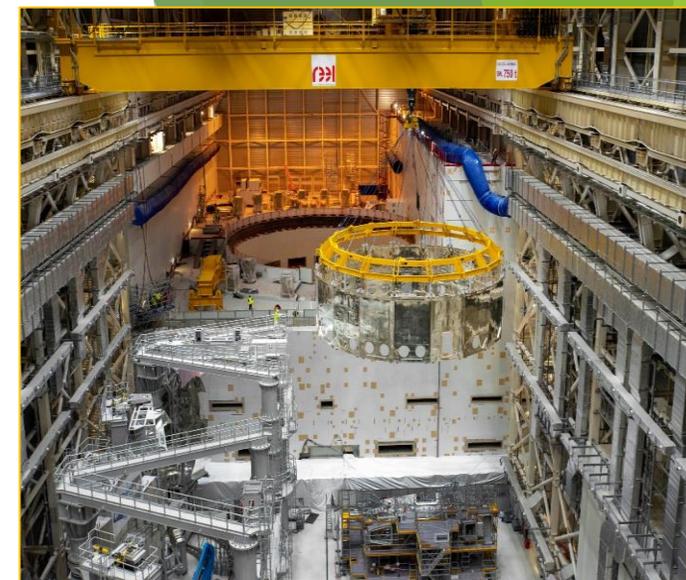
85% of total manufacturing finalized



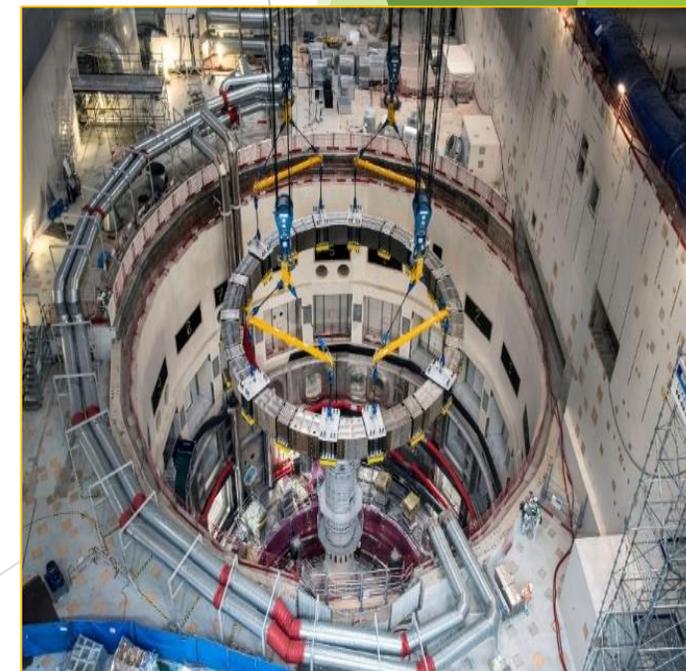
8 September 2021 – Test positioning of radial beam



21 April 2021 – Poloidal field coil # 6



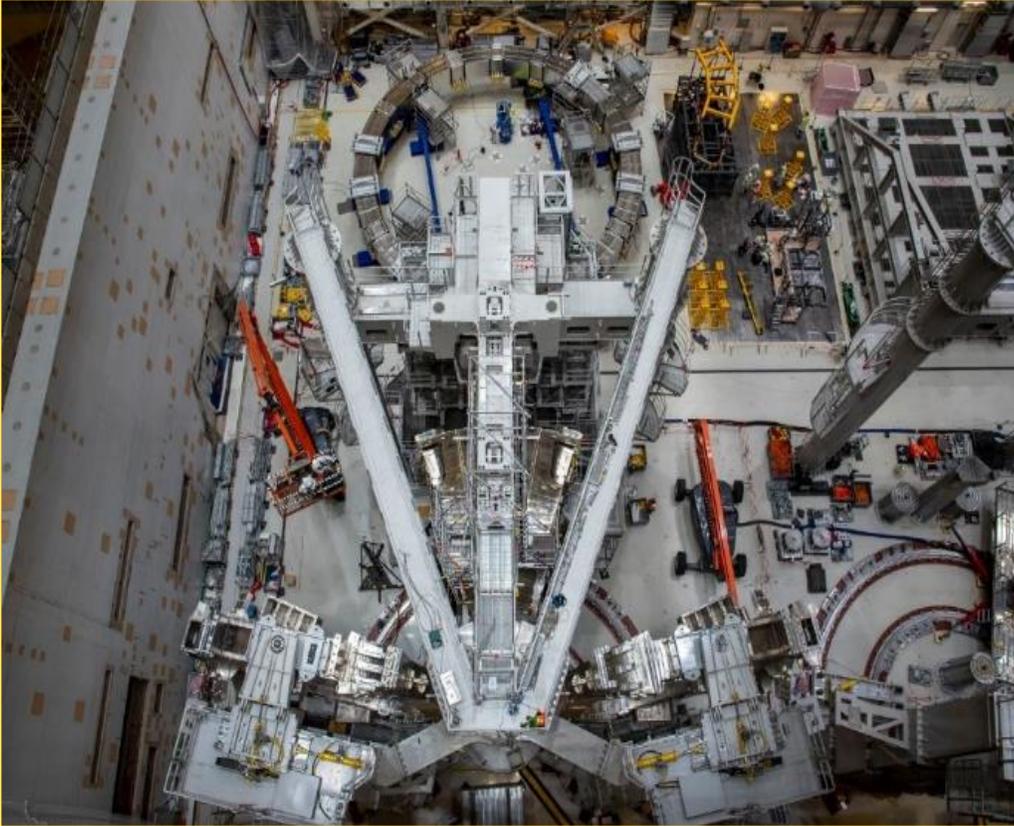
14 Jan 2021 - Lower Cylinder Thermal Shield



16 Sept 2021 – Poloidal field coil # 5

ITER Project – Progress of total manufacturing finalized

Toward the first « sub-assembly »



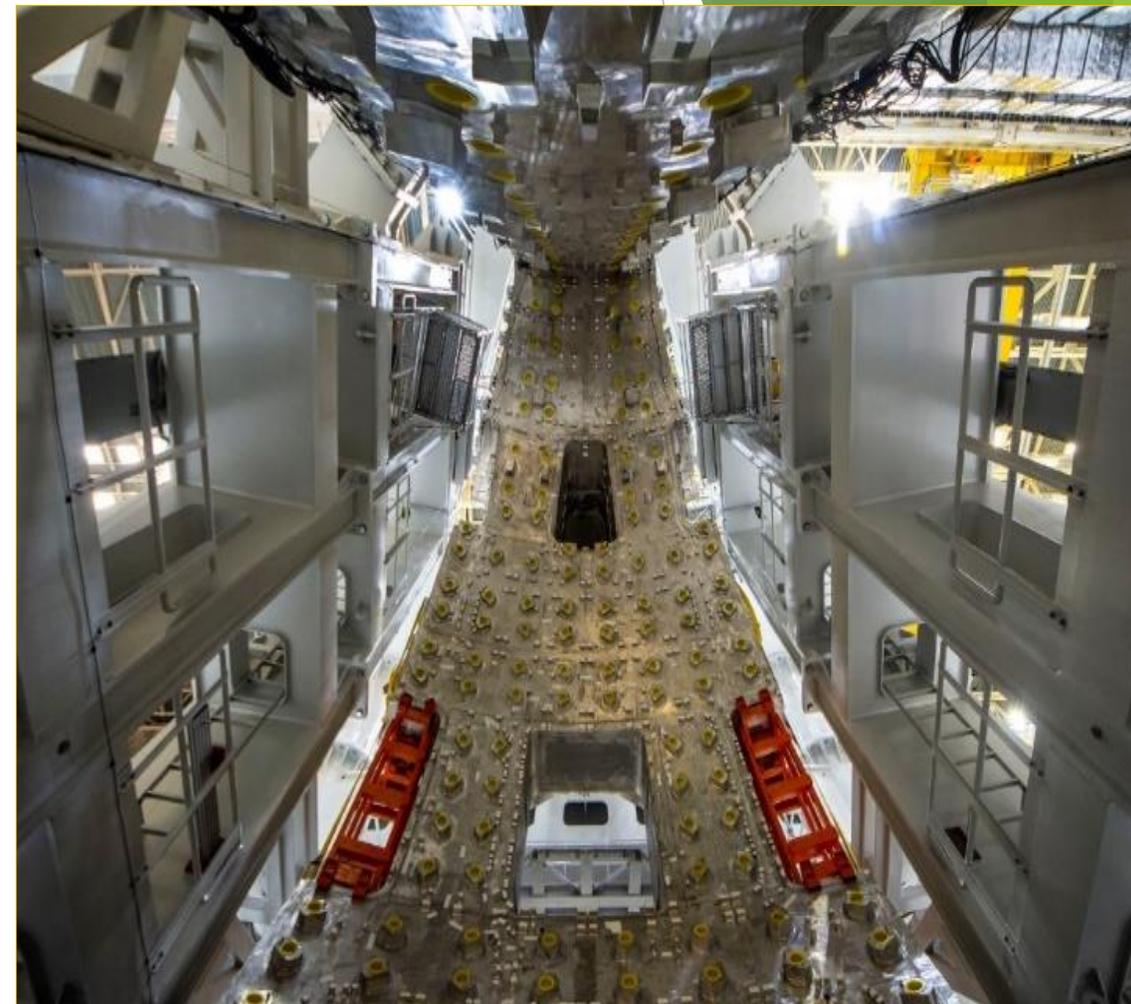
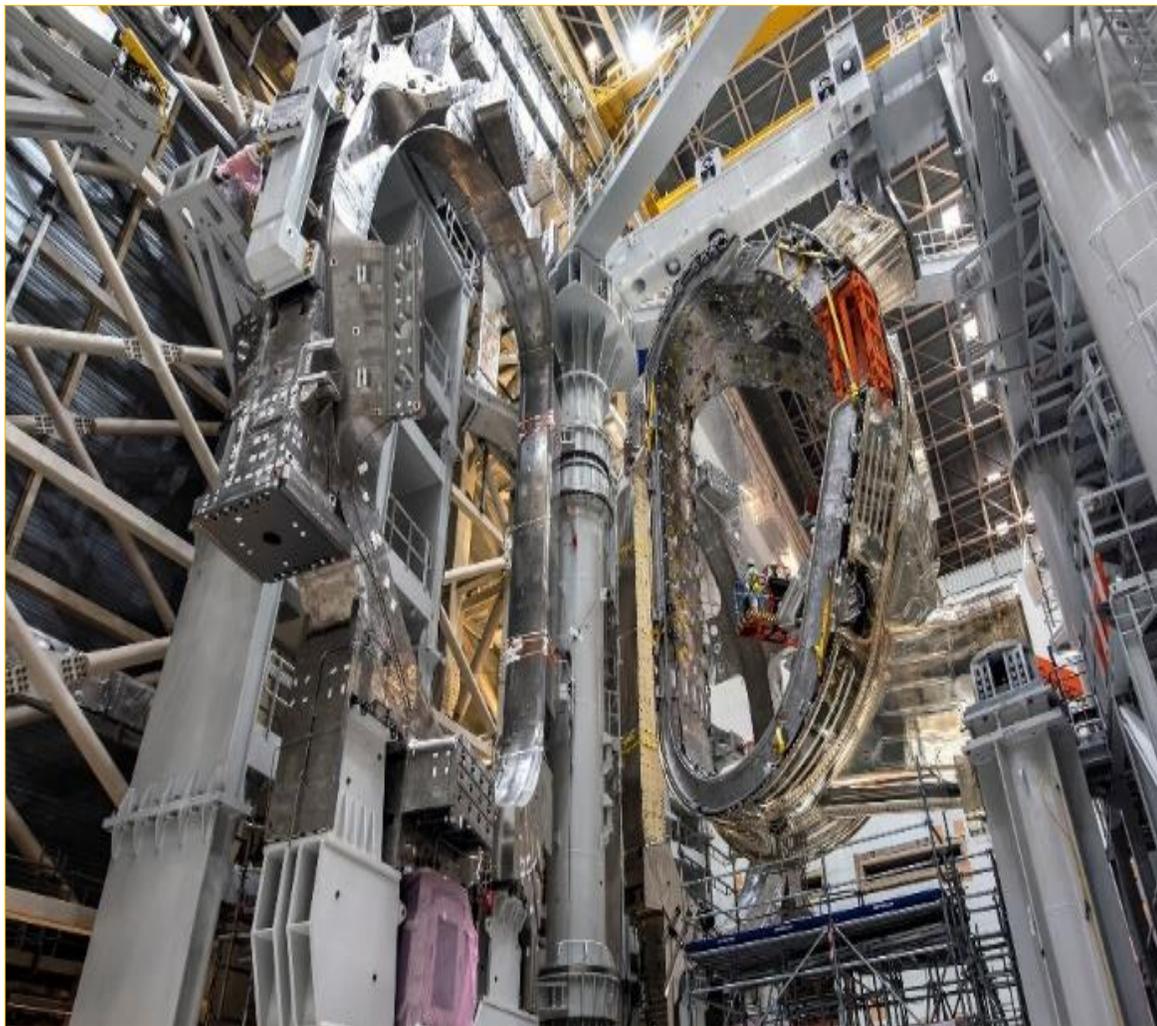
« Sub-assemblies » are the building bricks of the Tokamak's torus. They comprise one 40° vacuum vessel sector, two toroidal field coils and the corresponding thermal shield panels, and weigh in excess of 1,250 tonnes.

Nine pre-assemblies are required to close the torus.

Final alignment was performed on 17 September within extremely tight tolerances: radial direction 0.14 mm; toroidal direction 0.25 mm; vertical direction 0.58 mm.

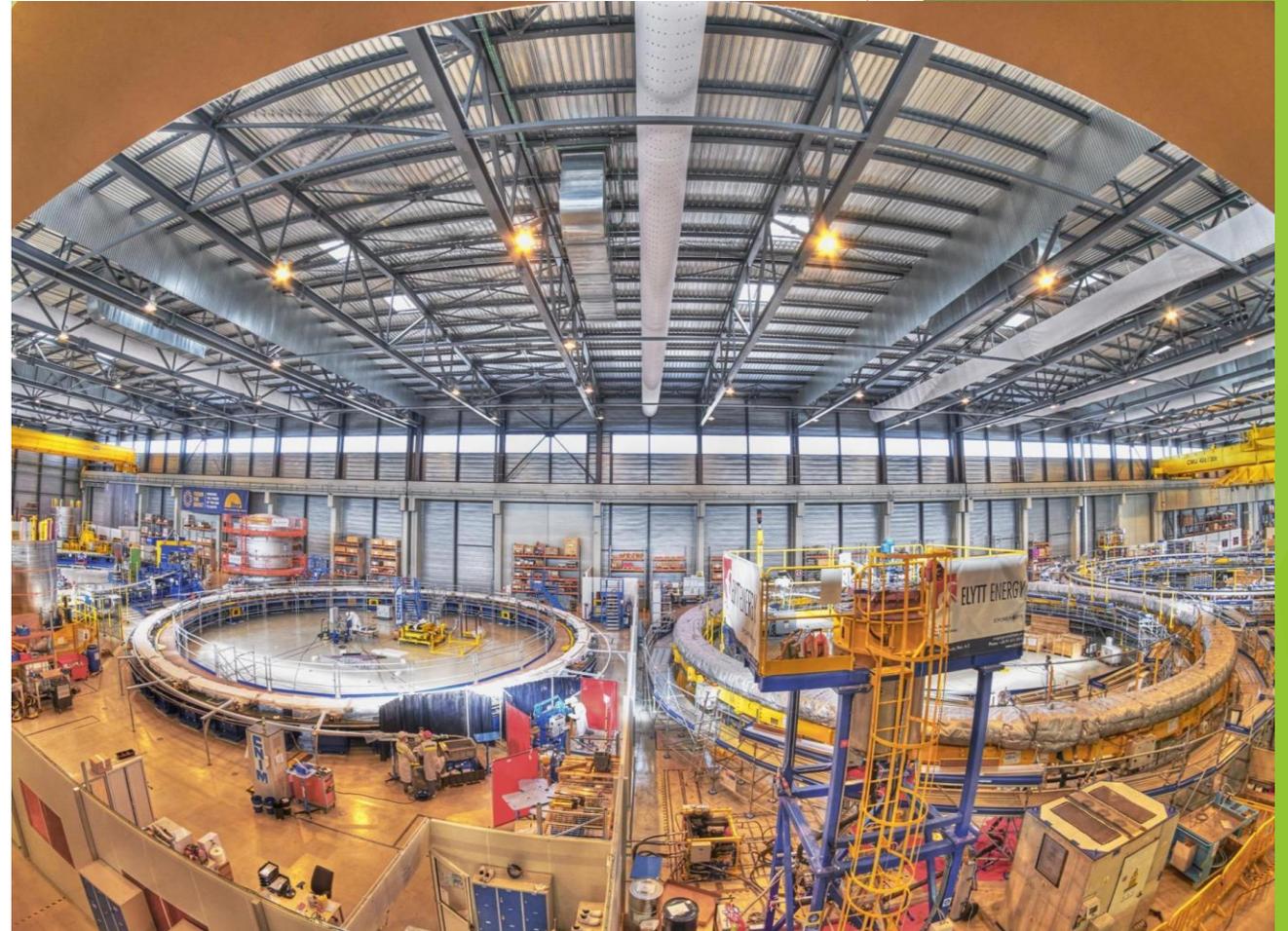
ITER Project – Progress of total manufacturing finalized

Toward the first « sub-assembly »



Manufacturing Updating

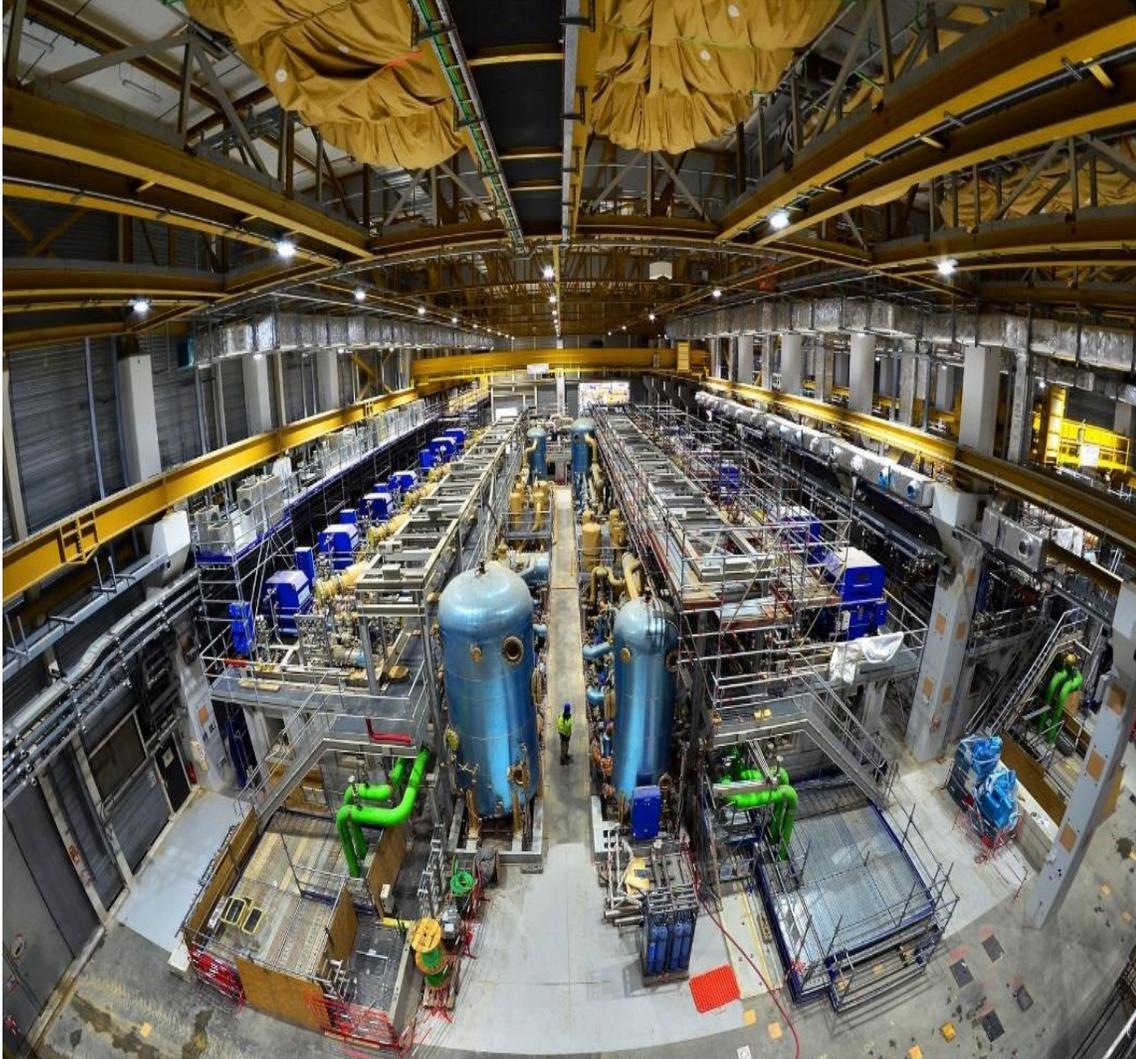
FIELD COILS - WINDING FACILITY

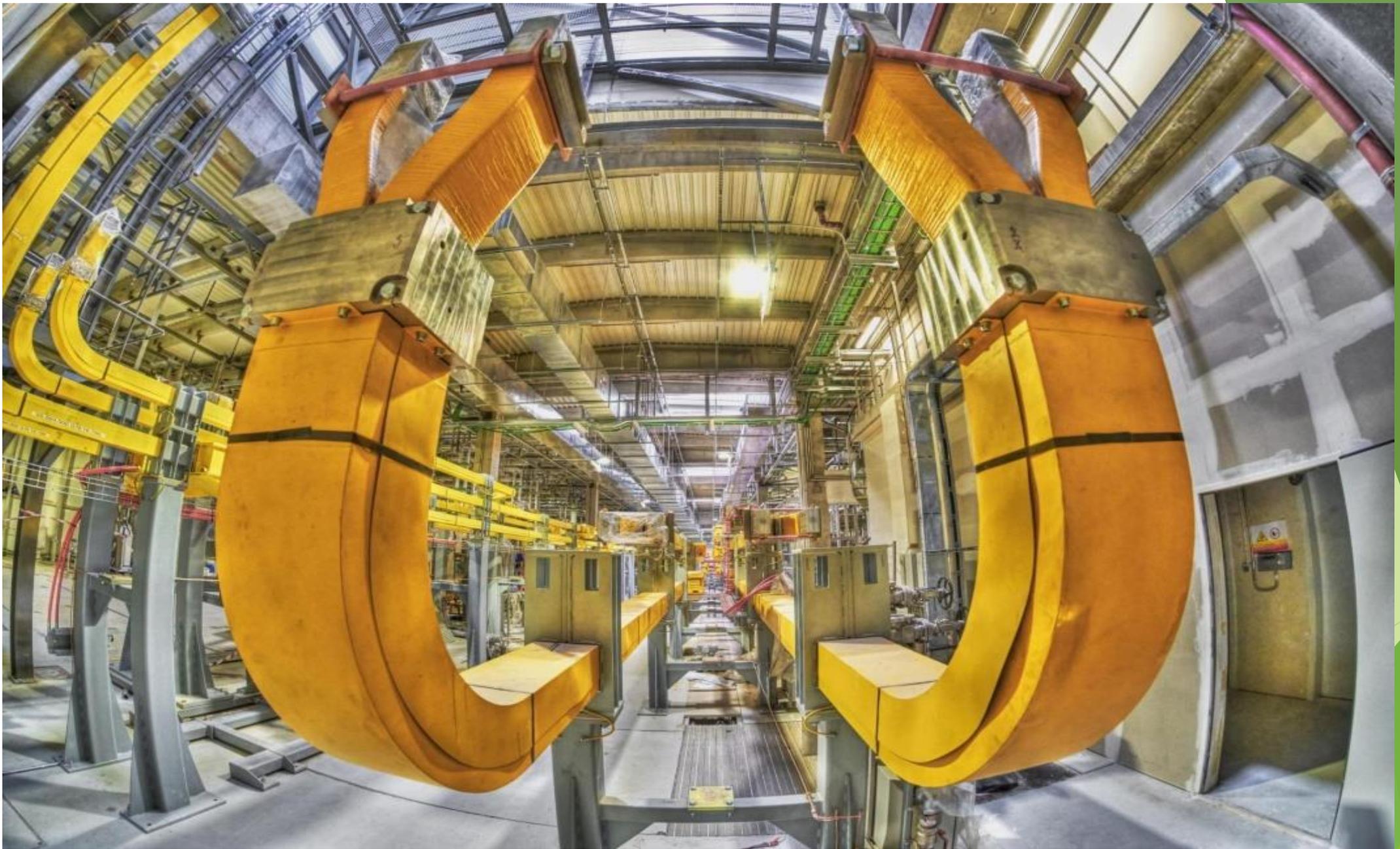




Manufacturing Updating

CRYOPLANT





Manufacturing Updating

POWER CONVERSION PLANT - B33 (Completed with supports, busbars, links, plates, Cooling Water Hoses and Junction Boxes)



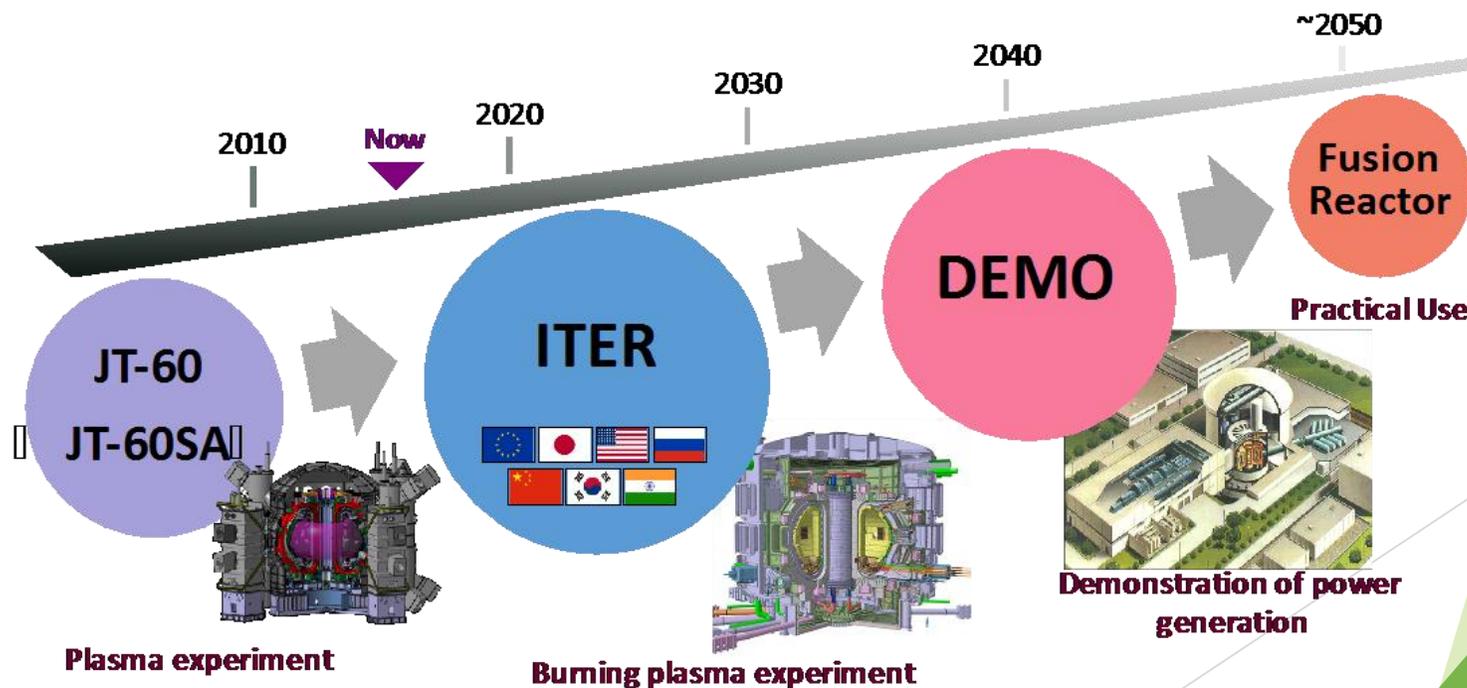
Dopo ITER?

ITER è un passo importante verso il primo impianto per la produzione su larga scala di energia elettrica: il **reattore DEMO**.

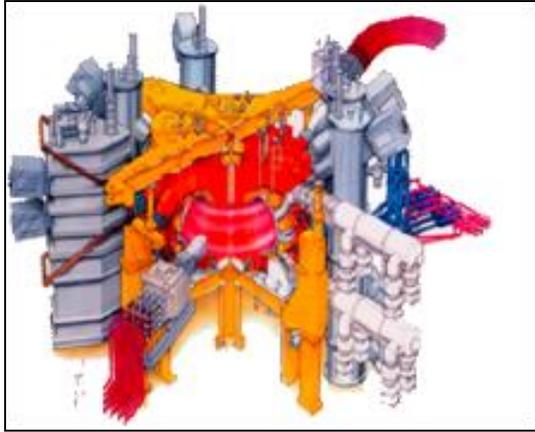
DTT in Italia studia per ITER la configurazione più adatta per il Divertore e le sue funzioni con materiali distinti e tecnologie diverse

A Garching (Germania) un team **Europeo** sta già effettuando le attività di progettazione del reattore DEMO e lavorando all'identificazione della strategia per il "Dopo ITER".

La **Cina** ha un ambizioso programma nazionale per lo sviluppo della fusione termonucleare e sta anch'essa studiando la possibilità di iniziare a costruire il primo reattore post ITER.



ITER: il percorso verso una possibile fonte di energia del futuro

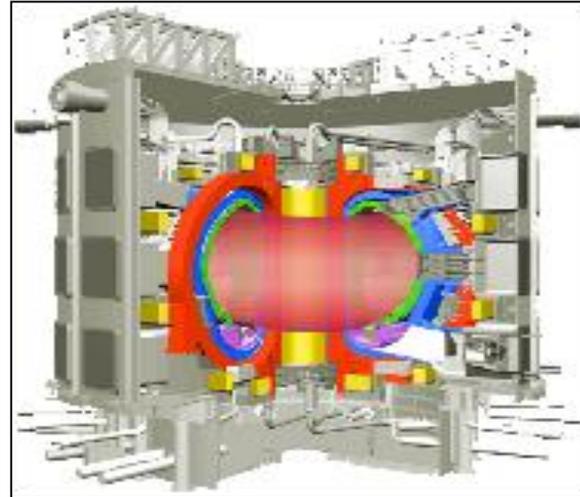


JET, JT- 60

Ricerca sulla fisica dei plasmi

Scienza

<u>Vol. Plasma</u>	~ 100m ³
<u>Pot. Fusione</u>	~ 16 MW (JET)
<u>Temperatura</u>	~ 520 M°C (JT60)
<u>Dur. Impulso</u>	~ pochi secondi
<u>Tecnologia</u>	Magneti in rame



ITER

Durata degli impulsi. Integrazione delle tecnologie nucleari. Test di produzione del Trizio

Scienza e Tecnologia

850 m³
500 MW
~ 300 M°C
400 s → stazionario
Magneti superconduttori



DEMO (Elettricità)

Impianto di potenza e autogenerazione di trizio

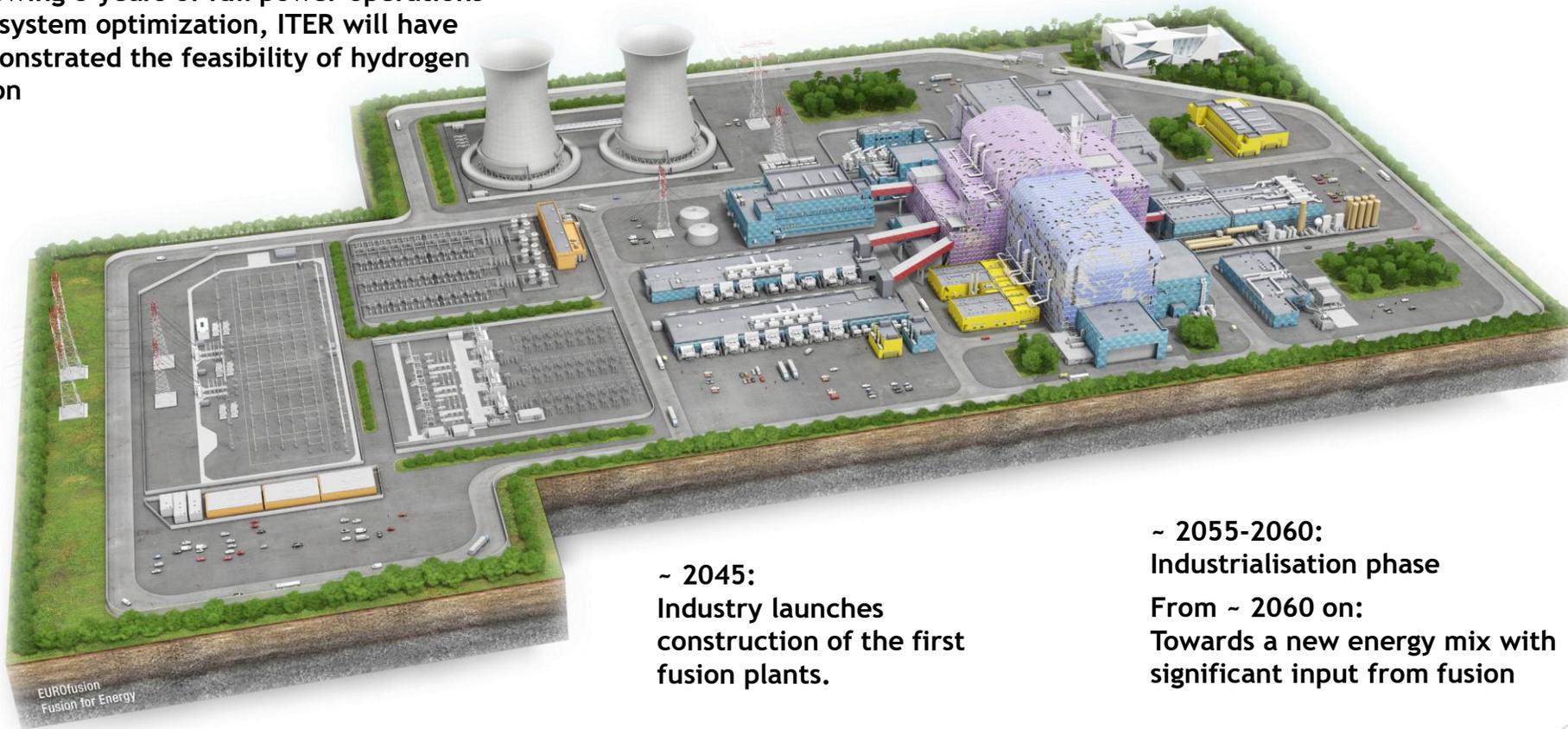
Economia

Simile a ITER
3000 MW
200 ÷ 300 M°C
stazionario
Materiali a bassa attivazione

Verso l'industrializzazione

~ 2040:

- Following 5 years of full power operations and system optimization, ITER will have demonstrated the feasibility of hydrogen fusion



~ 2045:
Industry launches
construction of the first
fusion plants.

~ 2055-2060:
Industrialisation phase
From ~ 2060 on:
Towards a new energy mix with
significant input from fusion

Sfide della ricerca nel Medio & Lungo termine

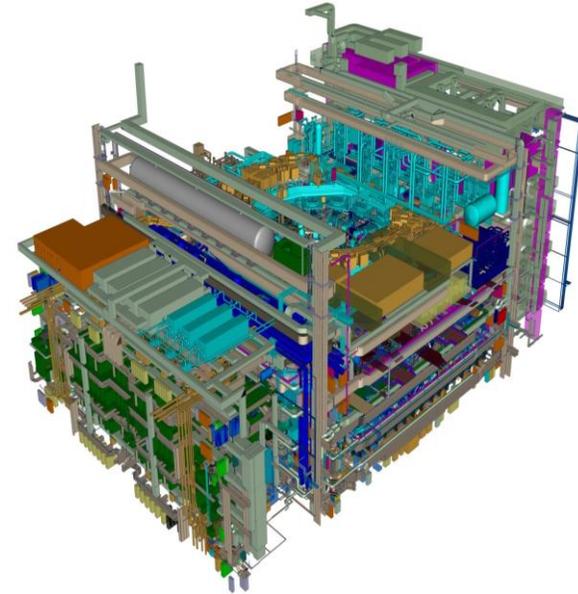
- Con riferimento alla produzione di energia “Low Carbon”, e avendo quale target temporale di realizzazione la meta’ del XXI Secolo, e’ dominante la necessita’ di sviluppare tecnologie non ancora prontamente disponibili. **E’ tempo di lavorare.**
- **E’ indispensabile investire nella ricerca non solo nella Fusione Nucleare ma anche in tutte le altre fonti energetiche rinnovabili e sostenibili.** E’ dalla loro integrazione che dipende il futuro energetico Italiano e Mondiale.
- **Le energie rinnovabili tutte dovranno essere studiate ed implementate in modo organico ed integrato considerando tutti gli scenari di produzione.**
- Ogni sorgente per essere considerata quale “Sorgente Primaria” per la generazione di energia Low Carbon dovrà dimostrare di essere **“Sicura-Abbondante-Affidabile”**.
- **L’Energia Low Carbon prodotta da sorgente Idroelettrica trovera’ sempre piu’ un futuro consolidato grazie ai grandi investimenti economici in Cina su tale fonte,** definita dai piu’ come la vera e sola energia rinnovabile capace di assicurare una produzione di energia continua e non interrompibile.
- **La produzione di energia da Idrogeno, in primis idrogeno verde, e’ destinata a divenire nei prossimi anni una variabile dominante nello scenario globale di produzione di energia “Low Carbon”,** anche se oggi e’ ancora difficile definirne gli scenari stante la complessita’ della tecnologia ed i relativi elevati costi.
- **La maggior parte delle tecnologie che oggi generano il carico di base nella produzione di energia sono gli impianti a combustibile fossile: questi dovranno essere gradualmente sostituiti per raggiungere il target di riduzione delle emissioni.**
- **E’ spontaneo pensare alle energie rinnovabili quali il vento ed il solare per sostituirli. Tali sorgenti dovrebbero essere integrate da molteplici sistemi di stoccaggio dell’energia o supportate da tecnologie complementari capaci di compensare una possibile perdita di produzione velocemente e senza produzione di CO2.**

Conclusioni

- E' il mondo tutto in ambito scientifico che ambisce implementare il sogno di realizzare il sole in terra.
- E' il sogno degli Scienziati tutti senza distinzione di paesi e di razze che aspira al sogno di realizzare il quarto stadio della Materia in modo gestibile e controllato per piegarlo ad uso pacifico per le necessita'umane.
- Non e' solo un problema di produzione energetica. Non e' solo un problema di "Costi / benefici" associati alla realizzazione della fusione per scopi energetici. C'e' ben altro dentro l'obiettivo della realizzazione della reazione di fusione con generazione di plasma in modo controllato e gestibile.
- C'e' la grande curiosita' scientifica della conoscenza della Materia , del suo quarto stato che solo un Impianto come ITER puo' esplorare fino in fondo.
- E' pur vero che l'idea di generare energia a basso costo e senza piu' problema di disponibilita'delle materie prime e' un sogno industriale per regalare ricchezza anche ai Paesi piu' sfortunati. Ma e' altrettanto vero che, anche senza il sogno-desiderio di generare energia infinita ed a basso costo attraverso il piu naturale dei fenomeni nucleari, la ricerca sulla fusione nucleare sarebbe comunque andata avanti, forse magari senza strappi ed a ritmi piu' blandi, ma sarebbe inesorabilmente andata avanti.
- **Perche' e' difficile tarpare le ali alla conoscenza. Perche' l'uomo ha bisogno di volare alto per vivere: verso il cielo, verso le stelle verso il Sole. Magari conoscendolo meglio realizzandolo qui in Terra.**

La CONOSCENZA attraverso la RICERCA e' e dovra'sempre rimanere

il vero strumento di governo e condizionamento dell'economia.



Grazie per la vostra attenzione!

