

ITER, sfida dei nostri tempi e opportunità industriale

Il progetto ITER in via di realizzazione a Cadarache in Francia è una sfida scientifica e tecnologica da oltre 20 miliardi di euro che coinvolge le università, i centri di ricerca e i sistemi industriali di Unione Europea, Svizzera, Cina, India, Giappone, Russia, Corea del Sud e Stati Uniti. L'obiettivo è di produrre energia pulita, sicura ed in quantità illimitata per soddisfare le necessità delle generazioni future, ma anche di aprire nuove frontiere di conoscenza e innovazione. Ad oggi, il 60% è stato completato, l'anno prossimo inizierà l'assemblaggio e la previsione è di produrre il primo plasma nel 2025

DOI 10.12910/EAI2019-005



di **Sergio Orlandi**, Direttore del Dipartimento Ingegneria e impianto del Progetto ITER

Produrre energia pulita, sicura ed in quantità illimitata per soddisfare le necessità delle generazioni future, utilizzando elementi disponibili con abbondanza in natura: è questa la *driving force* della ricerca sulla fusione nucleare, il motore propulsivo di ITER, il gigantesco progetto in via di realizzazione a Cadarache in Francia. Sviluppato da un consorzio di cui fanno parte Unione Europea, Svizzera, Cina, India, Giappone, Russia, Corea del Sud e Stati Uniti d'America sulla base di un'eccellente cooperazione internazionale, unica nel suo genere, e di un

investimento di quasi 20 miliardi di euro in 20 anni, il progetto nasce per dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica della fusione. Di fatto, la sua realizzazione sarà un *breakthrough* nello sviluppo della fusione per produrre energia a costi di mercato. Ed è proprio questo uno degli aspetti di maggiore interesse della fusione, ovvero di utilizzare un combustibile dalla disponibilità pressoché illimitata, rinvenibile anche nell'acqua di mare, per produrre energia per tutti ed a basso costo. **La posta in gioco, tuttavia, va ben oltre. La produzione commerciale di energia è solo uno degli aspetti di una ricerca di**

frontiera che comporta ricadute scientifiche e tecnologiche di vastissima portata: ad esempio, solo ITER potrà consentire di esplorare in modo gestibile e controllato il quarto stadio della materia.

Una sfida senza precedenti

Dal punto di vista scientifico e tecnologico, ITER prevede la realizzazione di un "burning plasma" in grado di riprodurre le reazioni che avvengono nel Sole e in ogni stella. Per arrivare a questo traguardo mai raggiunto in 60 anni di ricerca sulla fusione nucleare sono necessari campi magnetici di confinamento



Una veduta aerea del sito di costruzione di ITER a Cadarache, in Francia

particolarmente ‘aggressivi’ e un impianto in grado di simulare il fenomeno su grande scala. È un’impresa affascinante, una sfida tecnologica e scientifica molto ambiziosa che richiede a quanti vogliono diventare player vincenti nell’ambito del progetto, di saper fare ricerca applicata, sviluppare processi produttivi di eccellenza e realizzare prodotti di altissima qualità. **Per questi motivi ITER sta diventando la piattaforma di lavoro più ricercata per l’intera Comunità Scientifica della fusione, per le università, i centri di ricerca e i sistemi industriali.** Dall’avvio dei lavori nel 2007 ad oggi è stato compiuto circa il 60% del percorso previsto; in particolare, negli ultimi tre anni sono state completate 36 tappe programma-

tiche approvate dal Consiglio di ITER (‘Council milestone’): nell’agosto 2018 Fusion for Energy ha completato la ‘corona’ di cemento armato sulla quale verrà costruito il tokamak e, sempre in agosto, i serbatoi di drenaggio forniti dagli Stati Uniti e i serbatoi di scarico provenienti dalla Cina sono stati collocati dove previsto; la Corea del Sud ha completato all’80% la camera a vuoto e la Russia ha terminato la realizzazione del cavo superconduttivo mentre l’India sta per finalizzare la base del cilindro inferiore del criostato. Nel frattempo, in Europa e in Giappone proseguono i test previsti e il prossimo anno inizierà l’assemblaggio delle parti di maggiori dimensioni. **La scadenza per completare la macchina con chiusura del crio-**

stato è fissata al novembre 2024, la produzione del primo plasma per il dicembre 2025 e la reazione di fusione nel 2035: per un progetto partito nel 2007, basato esclusivamente su tecnologie d’avanguardia, si tratta di tempi non trascurabili, ma di certo non ‘ciclopici’ rispetto a quelli di grandi infrastrutture e impianti per la produzione di energia elettrica di tipo convenzionale.

Attività complesse ed esclusive

ITER è probabilmente la ‘macchina’ più complessa concepita fino ad oggi e rappresenta una delle più altre 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 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. Il costo di realizzazione dell’impianto è di circa 20 miliardi di euro da ripartirsi fra i partecipanti al consorzio ITER, ovvero sette colossi che rappresentano oltre l’80% del PIL mondiale. L’Europa finanzia il 45% del totale e il restante 55% è ripartito fra India, Corea del Sud, Stati Uniti, Cina, Giappone e Russia con una quota del 9,09% ciascuno, attraverso un “in kind contribution” tesa a tutelare e valorizzare a l’industria di ogni singolo Paese.

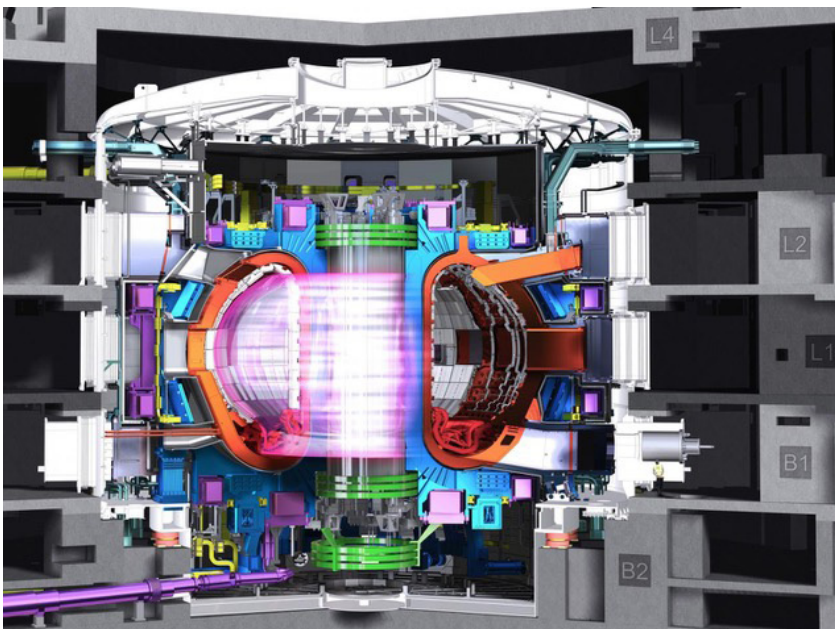
Gli Obiettivi e la valenza strategica

Obiettivo primario di ITER è dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica della produzione di energia da fusione nucleare di atomi leggeri, isotopi dell’idrogeno, grazie alla disponibilità di una fonte di combustibile inesauribile. Di fatto, è questo il motore dello sviluppo di questa tecnologia che consentirebbe di centrare l’obiettivo di produrre energia per tutti ed a basso costo. Oggi gli investimenti richiesti sono molto ingenti, perché si tratta di macchine ancora prototipiche: tuttavia, in futuro, i costi potranno ridursi grazie alle attività per ingegnerizzare ed industrializzare progressivamente il reattore e implementare soluzioni efficaci nelle prestazioni. Ovviamente ITER è anche terreno fertile per lo sviluppo di nuove tecnologie e per lo studio di materiali alternativi che trovano diretta applicazione in altre sfidanti applicazioni industriali come l’aerospaziale (vedi la

tecnologia del vuoto e del criogenico), la medicina e la biologia. È pur vero che l’idea di produrre energia a basso costo, superando il problema della disponibilità di materie prime è un sogno industriale per regalare ricchezza anche ai Paesi più sfortunati. Ma è altrettanto vero che, anche senza il sogno-desiderio di generare energia infinita ed a basso costo attraverso il più naturale dei fenomeni nucleari, la ricerca sulla fusione nucleare sarebbe comunque andata avanti, forse magari senza strappi ed a ritmi più blandi, ma sarebbe inesorabilmente andata avanti. Perché è difficile tarpare le ali alla conoscenza e cercare di imporre il concetto dell’ ‘ignoranza del sapere’, in nome di un modello di economia fatto di ritorni di utili sugli investimenti o di dilapidazione di ricchezze in nome del controllo del debito pubblico.

Le caratteristiche della Macchina

Con ITER l’energia viene prodotta attraverso il processo fisico della fusione nucleare che consiste nella capacità di aggregare nuclei generalmente di idrogeno (deuterio e trizio) in ambienti ad altissima temperatura (150 milioni di gradi centigradi). Al momento della fusione allo stato plasmatico, questi nuclei generano energia in forma termica convertibile in energia elettrica con accoppiamento ad un vettore refrigerante fatto espandere in turbina accoppiata con generatore elettrico, secondo la più tradizionale e diffusa delle tecnologie correnti per assicurare la formazione del plasma a temperature così elevate mediante confinamento magnetico realizzato da bobine toroidali e poloidali superconduttrici raffreddate a 4 K 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 di 180 km/ora. La creazione del plasma all'interno della camera a vuoto realizzata in acciaio saldato con uno spessore di 60 mm e il raggiungimento di temperature altissime per garantire la formazione dello stato di plasma sono possibili grazie alla disponibilità di sistemi di 'riscaldamento' a radiofrequenza e all'iniezione di particelle neutre.

Il contributo delle imprese italiane

ITER ha un cuore tricolore perché molta della sofisticata tecnologia necessaria è fornita da aziende ed ingegneri nucleari italiani che lavorano a Cadarache nel Sud della Francia, ad una ora di auto da Marsiglia, in un gigantesco cantiere immerso nel verde della campagna provenzale.

L'industria italiana e centri di ricerca qualificati come l'ENEA hanno svolto e svolgono un ruolo di primo piano nello sviluppo delle tecnologie associate alla ricerca sulla fusione, in primis con riferimento ad ITER. Cinque settori del Vacuum Vessel come pure i grandi magneti capaci di assicurare il confinamento magnetico del plasma sono realizzati da aziende italiane che hanno raggiunto livelli di eccellenza per qualità e capacità di innovazione. Anche il laboratorio di ricerca per la Neutral Beam Test Facility (una infrastruttura in cui sarà provato il sistema di iniezione di particelle neutre che servirà a riscaldare il plasma di ITER) si trova in Italia e precisamente presso l'Università di Padova.

Non è orgoglio nazionale, ma espressione di altissima capacità manifatturiera e capacità di garantire prodotti di altissima qualità nel pieno rispetto dei tempi e senza costi addizionali rispetto ai valori concordati e preventivati. Industrie italiane lavorano con grande soddisfazione nella tecnologia del

Remote Handling, della tecnologia del vuoto, nella realizzazione di componenti criogenici, nei servizi di ingegneria specialistica quali la termoidraulica, la strutturalistica, le simulazioni dinamiche, nelle analisi funzionali per la messa in esercizio degli impianti, e per il training degli operatori. Tutta l'Area di impianto complementare all'Edificio Reattore è realizzata da partner industriali italiani che hanno fatto dell'eccellenza nella qualità la loro bandiera. È l'espressione migliore di un'Italia dinamica, che funziona ed è capace di implementare modelli efficaci ed efficienti.

Sono convinto che si stia tutti restando in un'unica direzione per arrivare al traguardo prefissato: riuscire a produrre energia in modo sostenibile, nel rispetto dell'ambiente ed a basso costo. Ciò significa prima di tutto rispettare l'Uomo e il suo Futuro sul Pianeta. Al Ricercatore è demandato il compito di sviluppare la scienza e la tecnologia. Al Politico è richiesto di estendere e favorire l'applicazione e l'implementazione dei risultati di tale ricerca.