

Il magnete per la fusione nucleare di *Asg Superconductors* (La Spezia)

PORTARE “IL SOLE SULLA TERRA”? *Oggi non è più una chimera grazie al contributo italiano*

*La bobina superconduttiva made in Italy appena realizzata
costituisce il cuore del progetto Iter (International Thermonuclear Experimental
Reactor) del più grande impianto a fusione nucleare del mondo*



Il supermagnete realizzato a La Spezia nello stabilimento di *Asg Superconductors* e i lavoratori che hanno partecipato al progetto



Un tecnico specializzato al lavoro per realizzare i componenti del Tokamak che "incastrerà" il Sole nella centrale di Cadarache, in Francia



La prima bobina superconduttiva destinata a realizzare il sogno di produrre energia mettendo il "Sole in scatola" è uscita dallo stabilimento della Asg Superconductors, di La Spezia a metà maggio. Qui, fino a qualche anno fa, si producevano lavatrici e altri elettrodomestici con il marchio San Giorgio. Poi la svolta, tecnologica, con l'arrivo di un imprenditore che ha sempre guardato al futuro, Davide Malacalza: "Sì, è un momento che aspettavamo con trepidazione", confessa il manager e amministratore delegato della società che, nel 2001, ha rilevato un ramo della Ansaldo, trasformandola in una realtà diventata tra i principali player mondiali. Un momento, quello della consegna della prima bobina che, a qualche centinaio di chilometri, a Cadarache, poco distante da Marsiglia, nel sud della Francia, hanno vissuto con ancora più speranze. Questo magnete (tecnicamente si tratta di bobine toroidali, le TF Coils), che misura 14 metri in altezza, 9 in larghezza, per un

peso di 110 tonnellate (quanto un Boeing 747) è, infatti, il primo dei 18 destinati al progetto Iter (acronimo di International Thermonuclear Experimental Reactor). Iter prevede la realizzazione del più grande impianto di fusione nucleare sperimentale al mondo e ha lo scopo di dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica di centrali a fusione nucleare, lo stesso processo che alimenta il Sole e le altre stelle. Dal punto di vista tecnico il progetto Iter sarà trenta volte più potente del Joint European Torus (JET) che è, a oggi, il più grande esperimento comparabile esistente nel mondo. D'altro canto **la fusione nucleare è il Santo Graal della ricerca mondiale: potrebbe garantire energia all'Umanità in quantità illimitata e "pulita",** perché a differenza della fissione, che viene attualmente utilizzata nelle centrali nucleari, produce scorie a bassa radioattività. Il progetto internazionale Iter è stato finanziato dai Paesi coinvolti (Unione Europea, Russia, Cina, Giappone, Stati Uniti, India, Corea del Sud, Italia e Francia) con circa 15 miliardi di euro. Assai ambizioso, da decenni rinnova le

proprie aspettative. Oggi, però, il primo esperimento di centrale a fusione nucleare potrebbe davvero essere a portata di mano: la speranza è di renderlo operativo nel 2025. **L'obiettivo, a regime, è di produrre per circa 7 minuti una potenza di fusione di 500MW o per 50 minuti di 300MW.** Sembra poca cosa ma sarebbe invece un primo passo fondamentale. Quello a cui gli scienziati cercano di arrivare è, infatti, fare in modo che il processo si autosostenga, mantenendosi nel tempo, affinché sia possibile produrre energia elettrica sfruttando l'energia termica che si libera durante la fusione. Ma le difficoltà sono tante. Per far fondere due nuclei leggeri e ottenerne uno pesante (la sua massa è sempre minore della somma dei due nuclei iniziali perché la parte di materia mancante si trasforma in energia), bisogna vincere la forza elettrostatica provocata dalla carica positiva dei protoni, che li porta a respingersi. E questo è davvero complicato. **Servono temperature altissime: nell'ordine dei 100 milioni di gradi.** Visto che nessun materiale può resistere a questo calore si è

ITER



Il ruolo di Asg, e della tecnologia italiana in generale, nel progetto Iter è stato determinante

cercato di risolvere il problema creando dei campi magnetici che tenessero lontano il plasma dalle pareti metalliche, ma nei primi esperimenti l'energia prodotta era di gran lunga minore di quella necessaria per produrla. **Solo quando il rapporto si invertirà si potrà davvero pensare di aver vinto la sfida.**

TECNOLOGIA ITALIANA

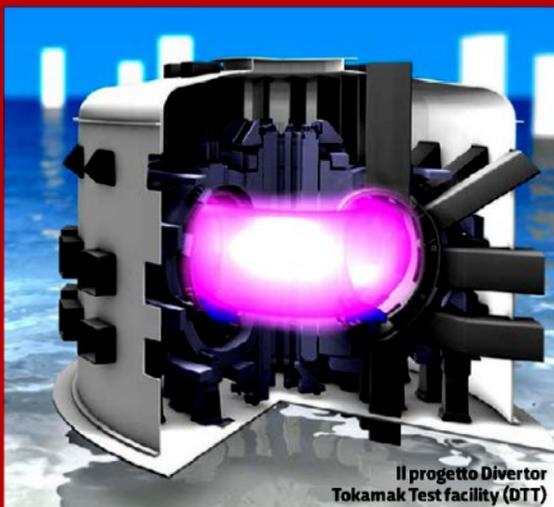
Il cuore di Iter è frutto della tecnologia italiana: l'enorme contenitore (Tokamak) in cui il plasma di deuterio e trizio raggiungerà i 150 milioni di gradi centigradi sarà circondato da diciotto magneti superconduttori, dieci

dei quali di fabbricazione italiana, che operano a temperature molto basse, ovvero a quattro gradi sopra lo zero assoluto (-273° C). In pochi metri, quindi, si ottiene uno sbalzo termico reso possibile solo grazie alla conduttività. Il campo magnetico circolare (toroidale) permette di contenere in sospensione il plasma (un gas surriscaldato) e fa sì che gli atomi di idrogeno possano fondersi, producendo energia. **Acceleratori di particelle e generatori di microonde permetteranno di riscaldare il tutto.** Quando le bobine toroidali saranno attraversate da una corrente pari a 68mila Ampere, al loro interno si



DTT, IL PROGETTO ITALIANO "ALTERNATIVO"

In parallelo a Iter, l'Italia si sta concentrando sul DTT, il Divertor Tokamak Test facility, ovvero un progetto da 500 milioni di euro che ha l'obiettivo di realizzare nel nostro Paese un'infrastruttura strategica di ricerca sulla fusione nucleare. Ottenuto il via libera dalla commissione alle attività produttive della Camera, che impegna il governo a finanziare il progetto, e in attesa di individuare un'area nella quale la centrale potrebbe sorgere (il Piemonte, in tal senso, ha già offerto la propria disponibilità) ora si cerca di accelerare i tempi per



Il progetto Divertor Tokamak Test facility (DTT)

posare la prima pietra. Il DTT nasce su impulso dell'Enea, in collaborazione con CNR, INFN, CREATE (Consorzio di Ricerca per l'Energia, l'Automazione e le Tecnologie dell'Elettromagnetismo) e alcune tra le più prestigiose università e aziende italiane leader nel settore, ed è un grande laboratorio scientifico, considerato, a tutti gli effetti, l'anello di collegamento tra i progetti di fusione nucleare Iter e Demo (un prototipo di reattore nucleare a fusione studiato dal consorzio europeo Eurofusion), dove testare configurazioni magnetiche innovative e nuovi materiali come i metalli liquidi. Nel dettaglio il progetto prevede che in un cilindro alto 10 metri e raggio di 5, saranno confinati 33 m³ di plasma, portati alla temperatura di 100 milioni di gradi con un'intensità di corrente di 6 milioni di Ampere, un carico termico sui materiali fino a 50 milioni di Watt per metro quadro e un'intensità di campo magnetico di 60mila Gauss. Mentre il plasma "scaldato" tramite corrente elettrica dall'effetto Joule lavorerà a una temperatura di milioni di gradi, i 26 chilometri di cavi superconduttori in niobio e stagno e i 16 chilometri di quelli in niobio e titanio, distanti solo poche decine di centimetri, saranno a 269 °C sotto zero. Anche in questo caso è quindi determinante il ricorso a materiali superconduttivi. "DTT è una importante sfida tecnologica per il nostro Paese che potrà generare un giro d'affari di 2 miliardi di euro e riqualificare il tessuto industriale nazionale", sostiene Flavio Crisanti, Responsabile scientifico del progetto.

creerà un campo magnetico pari a 11.8 Tesla, ovvero migliaia di volte più forte di quello della Terra. Iter sarà il Tokamak più grande della storia: le 18 bobine toroidali, da sole, produrranno un campo magnetico di energia pari a 41 Gigajoule, ovvero l'energia liberata dall'esplosione di dieci tonnellate dell'esplosivo Tnt. La regia del progetto è affidata a Fusion for Energy (F4E), organizzazione dell'Unione Europea, che ha coinvolto per la costruzione di questi potenti magneti Asg Superconductors, Iberdrola Ingegneria y Construccion, Elytt, Cnim, Simic (ditta con sede in provincia di Cuneo) e il consorzio Icas. E sono 600 le persone di oltre 26 aziende europee attive nella produzione.

Il ruolo di Asg, e della tecnologia italiana è determinante. Nella produzione dei superconduttori c'è il marchio del consorzio italiano che ha visto protagonista anche l'Enea. "Il livello della tecnologia italiana è molto elevato", conferma il fisico Alessandro Bonito-Oliva, responsabile del progetto sui magneti per Fusion for Energy, "e la bobina realizzata lo conferma. Gli italiani sono avanti di un anno, e non è un caso". Essere avanti di un anno



LUGLIO 2017

Il sito di Cadarache, nel sud della Francia, che ospiterà l'iter, la più grande macchina sperimentale al mondo per dimostrare la fattibilità dell'energia da fusione nucleare

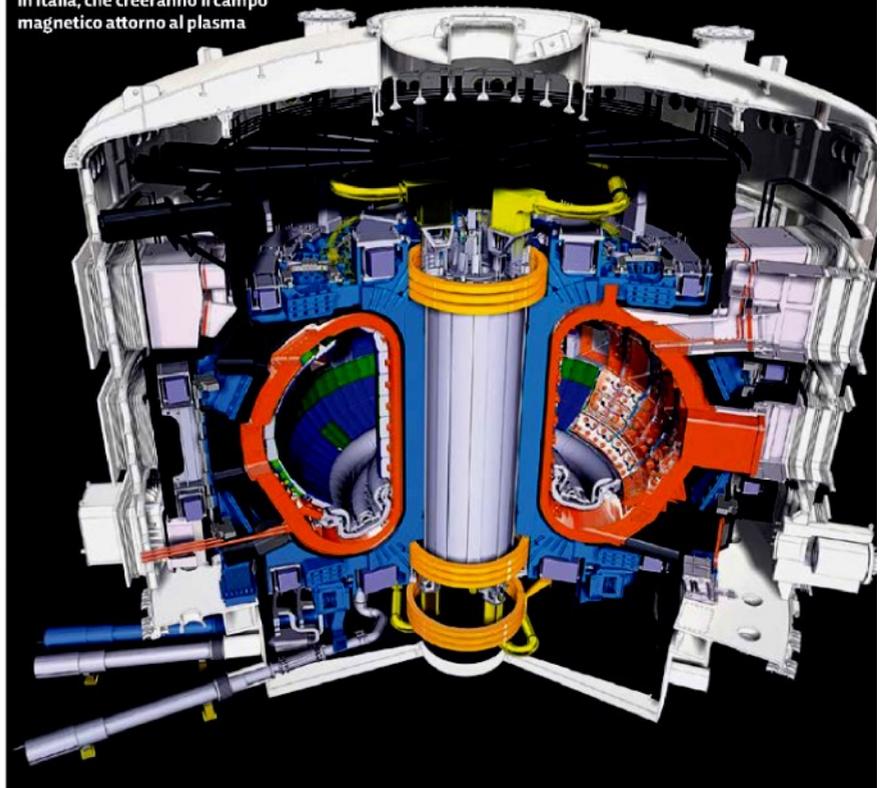
il restante? Senza una fonte nucleare non è possibile raggiungerlo. Ecco quindi il valore aggiunto della fusione, perché oltretutto supera il concetto di fissione, e quindi il problema delle scorie, consentendo di puntare a un futuro sostenibile. **Nella fissione non si può controllare il combustibile residuo a causa delle elevate temperature, e quindi si disperde.** Con la fusione, invece, non c'è alcun residuo combustibile, se non l'elio. E altri elementi utilizzati, come gli acciai, hanno tempi di riutilizzo infinitamente ridotti", prosegue Pizzuto, che conclude così: "È sicuramente vero che la fusione è complicata, ma ci si sta lavorando in modo importante e, al di là dell'obiettivo romantico di portare il 'Sole sulla Terra', ritengo che sia un'autentica necessità". Un'esigenza che è confermata dai responsabili della sede di Fusion for Energy, a

rispetto alla tecnologia giapponese non è poco, anche considerando il fatto che il progetto non sempre ha viaggiato nel pieno rispetto dei tempi, soprattutto per la complessità dell'organizzazione (che impegna più di duemila persone). "Il progetto", prosegue Bonito-Oliva, "è molto innovativo e con aspetti da studiare attentamente. Ma oggi posso dire che i risultati si vedono e non sono solo legati al sogno che vi sta dietro con le ricadute che si avranno sull'Umanità, ma perché consentono un training e delle opportunità di lavoro per i giovani fisici, ingegneri e tecnici".

"C'È BISOGNO DI FUSIONE"

"Il nostro Paese ha mostrato le sue eccellenze tecnologiche", spiega Aldo Pizzuto, direttore del dipartimento Fusione e tecnologie per la sicurezza nucleare di Enea, "e la capacità del suo tessuto di piccole e medie imprese. La fusione? **Senza una fonte nucleare non è fattibile raggiungere i risultati cercati in termini di sostenibilità. Le rinnovabili comuni, infatti, non possono bastare da sole.** Nella migliore delle ipotesi, possono garantire il 30 per cento del fabbisogno energetico complessivo. E

Un rendering del Tokamak: evidenziate in arancione le bobine toroidali, dieci delle quali costruite in Italia, che creeranno il campo magnetico attorno al plasma





Una veduta aerea che mostra l'avanzamento dei lavori a Cadarache

Barcellona. "Iter è una collaborazione scientifica internazionale unica, che riunisce il 50 per cento della popolazione mondiale e l'80 per cento del PIL mondiale. La più grande struttura di fusione costruita fino a oggi per testare la redditività dell'energia di fusione come fonte di energia sostenibile è un passo tecnologico con opportunità e sfide senza precedenti. **Per noi europei, oltre ai benefici economici, innovazione, posti di lavoro, crescita, spin-off in altri settori, c'è la prospettiva di una nuova fonte di energia sostenibile.** La metà dell'energia che consumiamo viene importata. E costa circa 800 milioni al giorno. Pertanto, la prospettiva di diventare più autosufficienti e di ridurre i gas a effetto serra è un'opportunità imperdibile".

ITER

GLI OSTACOLI SUL CAMMINO

Le difficoltà non sono mancate, soprattutto nella fase organizzativa, ma adesso c'è un traguardo concreto. Dal punto di vista tecnico, **"la dimensione dei componenti e il lavoro richiesto ci hanno costretti a un insieme di sfide che abbiamo dovuto affrontare quando si fabbricano componenti eccezionali come**

questi. Le strutture sono state create da zero, come la F4E Poloidal Field coils facility, a Cadarache, dove vengono prodotti quattro magneti. L'industria, i laboratori e le piccole aziende hanno bisogno di tempo per adeguarsi alle specifiche Iter e scoprire i modi di collaborare, e lo stesso know-how in ricerca e sviluppo, da



La bobina toroidale realizzata nello stabilimento di Asg Superconductors

trasferire all'industria, ha avuto bisogno di tempo", conferma Aris Apollonatos, responsabile della comunicazione di Fusion for Energy. **Una cooperazione mondiale ha la necessità di far convergere interessi e obiettivi comuni, e quindi non sempre semplici da coordinare.** A questo si aggiunge la rigorosa osservanza delle norme nucleari quando si parlava della costruzione degli edifici Iter, dell'infrastruttura e della fabbricazione dei componenti per la realizzazione della complessa macchina".

IL FUTURO DEI MAGNETI

Iter può dare slancio ai progetti italiani anche in diversi altri settori. Secondo Stefano Pittaluga, di Asg Superconductors, "grazie a questo progetto e alla leadership della nostra azienda nella tecnologia dei magneti da fusione **si stanno schiudendo altre possibilità di crescita nel settore energetico e siamo pronti a trasferire queste competenze nelle nuove applicazioni industriali**".

C'è da dire che quelle di magneti e cavi superconduttivi, già ora, si sono ampliate rispetto a ciò che è stato il loro primo sbocco storico, ovvero quello del settore medico, con un impiego fondamentale nella fabbricazione di macchine per la risonanza magnetica. In ambito energetico, invece, ci sono recenti studi e progetti per utilizzare magneti e cavi superconduttori nella produzione di generatori elettrici per gli impianti eolici: si tratta di prodotti più performanti rispetto a quelli attuali e, soprattutto, ridotti in termini di volumi e peso, poiché il vantaggio della superconduttività si concretizza anche e soprattutto dal punto di vista delle dimensioni. **Basti pensare che, rispetto ai tradizionali fili di rame utilizzati oggi nei cavi elettrici, a parità di dimensione (un millimetro quadrato di sezione) i superconduttori sono capaci di trasmettere un amperaggio superiore di mille volte.**

In questi mesi nello storico stabilimento di Asg Superconductors, a Genova Campi, nuovi cavi superconduttivi, realizzati combinando due elementi presenti in natura come boro e magnesio, sono stati utilizzati anche per testare l'efficacia di un'applicazione che, nei tempi, potrebbe essere la più immediata a trovare un mercato: si tratta del sistema anti black out SFCL (Superconducting Fault Current Limiter), di cui è già stato realizzato un

IN GIAPPONE SI STUDIA IL JT-60SA

Un progetto parallelo a Iter, ma che vede coinvolta l'agenzia europea Fusion for Energy, insieme all'agenzia nipponica Qst, è in via di sviluppo in Giappone. Sono già due, su un totale di 18, le bobine toroidali (TF) posizionate sulla tokamak. Un assemblaggio complesso per arrivare alla definizione del magnete JT-60SA, che sarà operativo nella centrale di Naka. Le bobine sono la spina dorsale della macchina, che rappresenta uno dei tre progetti previsti dall'accordo "Broader Approach", frutto dell'intesa tra Europa e Giappone. Identico il ruolo dei magneti superconduttori, ossia creare il campo magnetico necessario per il confinamento del plasma. Ogni bobina di TF è alta otto metri, ne misura cinque di larghezza e pesa 30 tonnellate. Il raffreddamento dei magneti superconduttori è possibile grazie a un impianto che produce elio a temperature prossime allo zero assoluto. Nell'arco dei prossimi tre anni l'impianto criogenico sarà progressivamente integrato con il sistema di criodistribuzione e il sistema di magneti. In prima fila, nella realizzazione di componenti hi-tech, l'Enea e Asg Superconductors. L'attivazione completa dell'impianto di fusione nucleare è prevista per il 2019.



L'assemblaggio del Tokamak dell'impianto a fusione nucleare in Giappone

prototipo funzionante, rivolto principalmente alle utilities, ossia ai gestori di impianti di trasmissione dell'energia. L'applicazione del cavo superconduttore è stata messa a punto per comportarsi come un potente freno al verificarsi di un corto circuito,

Le applicazioni dei cavi superconduttivi di Asg Superconductors coinvolgono molti ambiti

eliminando quindi potenziali danni che questo può scatenare, a fronte di rischi di squilibrio energetico sempre più concreti oggi per via dei collegamenti in rete delle rinnovabili. Uno dei problemi principali, viene infatti evidenziato dai ricercatori di Asg, è che le "nuove energie" finiscono per immettere kilowatt con quantità

differenti (basti pensare a una pala eolica, che funziona solo in presenza di vento) nella rete di distribuzione, rischiando di causare corto circuiti, in caso di surplus.

In ultimo, da non dimenticare **il contributo di magneti e cavi superconduttivi realizzati nella fabbrica ligure nell'ambito delle scoperte del Cern di Ginevra**, ottenute grazie all'acceleratore di particelle: in quel caso furono forniti 446 dei 1200 magneti dipolari superconduttori che costituivano l'anello collisore del Large Hadron Collider. E l'attività non si ferma, con nuove applicazioni già pronte per gli studi che stanno proseguendo in Svizzera.

Dal bosone di Higgs alla fusione nucleare, quindi: successi scientifici ed energetici con un forte stampo del "Made in Italy". ■

Lorenzo Cresci è un giornalista