

Tecnologie laser, robotica, criogenia, tra le principali ricadute industriali dell'impegno Enea nel settore del confinamento magnetico. I principali progetti in corso

Energia e innovazione tecnologica dalle ricerche sulla fusione nucleare

Come negli altri maggiori paesi europei l'interesse per la fusione nucleare controllata nasce in Italia a metà degli anni 50. Già nel 1958 è attivo a Roma un gruppo di fisica del plasma, la cui attività di ricerca si sposterà nel 1960 in un nuovo laboratorio creato appositamente a Frascati. Fin dagli inizi la ricerca italiana si è inserita nelle collaborazioni europee, in particolare con l'associazione tra Euratom e Cnen

Gli anni 70 sono quelli della grande scelta strategica a livello comunitario e questa scelta cade sul programma Tokamak che proprio allora emerge come la configurazione di confinamento magnetico del plasma più promettente. Il Cnen col suo gruppo di Frascati sceglie la linea Tokamak ad alti campi magnetici e alta densità che caratterizza ancora oggi in modo prevalente il programma dell'Ente. Il successo a livello internazionale delle ricerche imposte in Italia in questi anni è illustrato dal fatto che per molto tempo Frascati ha detenuto il record mondiale del parametro di confinamento del plasma prima con l'esperimento «plasma focus» poi col Tokamak T1 tuttora in funzione.

Le conoscenze sulla fisica della fusione acquisite attorno al Tokamak Ft permettono al

personale Enea di Frascati di inserirsi attivamente in tutti i progetti europei e internazionali nel campo della fusione a confinamento magnetico.

In particolare l'Italia ha confinato al Jet la grande macchina sperimentale comunitaria in funzione a Culham presso Oxford non solo l'apporto determinante di alcuni suoi esperti ma la realizzazione di indispensabili apparati sperimentali. Va aggiunto che il direttore del programma europeo Net che sta progettando la macchina della nuova generazione (la quale arriverà a essere costruita negli anni 90) è il prof. Roma Toschi distaccato a Frascati dall'Enea.

L'Italia conferisce al programma comunitario oltre al già citato progetto Ft ora in fase di conclusione delle esperienze del progetto Ft (costruzione iniziata nel feb-

braio 1983) una macchina più potente e dotata di un riscaldamento ausiliario a media frequenza tale da portare la temperatura del plasma a valori compresi fra 50 e 90 milioni di gradi. Di tale macchina si è da poco completato il montaggio meccanico nel centro Enea di Frascati.

Questa delle macchine Tokamak a medio alto campo magnetico non è l'unica linea perseguita dall'Italia nell'ambito del programma comunitario grazie allo sforzo del gruppo del Cnr di Padova che si è avvalso nelle fasi iniziali della collaborazione del gruppo del Cnr presso l'Università di Milano si sta realizzando ora una macchina per sperimentazioni sui plasmi sempre basata sul confinamento magnetico ma con una geometria alternativa rispetto al Tokamak: è il progetto Rfx (Reversed Field Pinch) che studia plasmi con alte densità di energia termica ed elevate correnti in campi magnetici relativamente bassi.

C'è poi il progetto Ignitor una macchina volta alla dimostrazione della fattibilità della fusione nucleare controllata attraverso il raggiungimento dell'ignizione del plasma trizio deuterio e basa-

ta su una configurazione Tokamak molto compatta e con campi magnetici molto elevati.

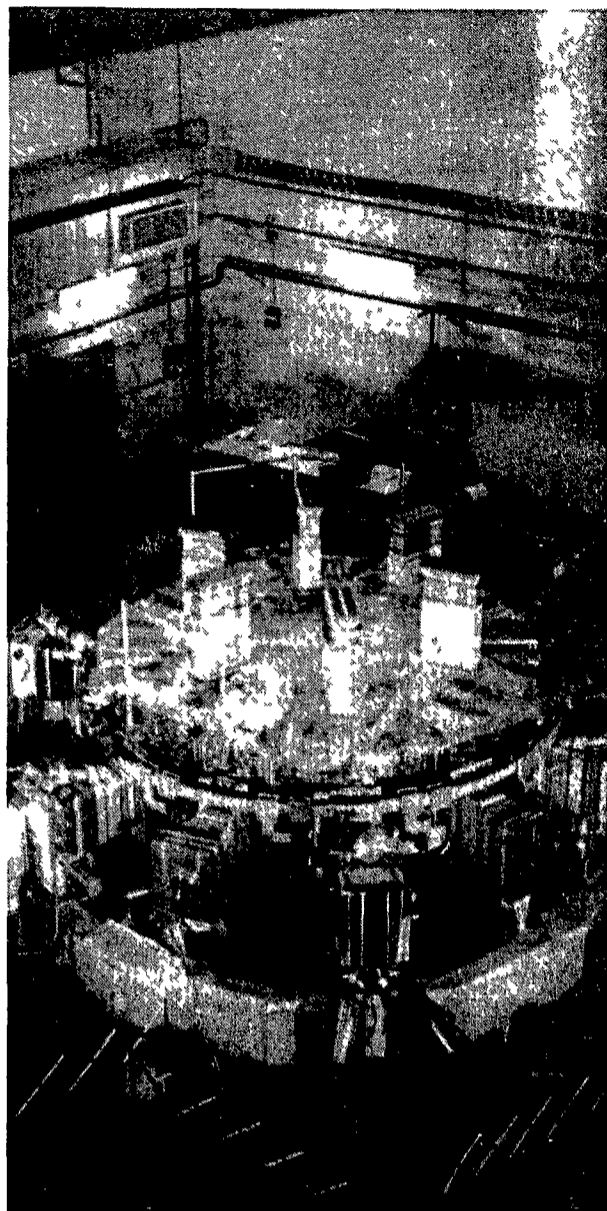
L'avvio del progetto proposto dal prof. Bruno Coppi è stato formalizzato lo scorso aprile con un accordo stipulato dall'Enea in nome e per conto dell'associazione Enea Euratom con il consorzio Ignitor costituito dalla Fiat Cei (Componenti e impianti per l'energia e l'industria) e dall'Ansaldo, con il Tecnomasio Italiano Brown Boveri (Tibb) come principale subfornitore. Si tratta di un contratto per la progettazione esecutiva della macchina sperimentale e dei relativi impianti di alimentazione e ausiliari e durerà 18 mesi, distinto in tre fasi. La prima della durata di quattro mesi è mirata all'ottimizzazione degli studi di fattibilità già eseguiti dai prof. Coppi e da Ansaldo Fiat Tibb e all'individuazione di eventuali ulteriori prove sperimentali. Al termine di tale fase l'Enea proporrà al governo italiano la realizzazione del vero e proprio impianto che dovrebbe essere costruito presso il Centro comunitario di Ispra. La seconda fase della durata di 8 mesi consisterà nella stesura del progetto di massima

e nell'individuazione di uti non prototipi e prove sui materiali ritenute indispensabili per la realizzazione dell'impianto. Il momento finale del progetto di 8 mesi (di cui i primi due si sovrappongono agli ultimi due della fase precedente) consisterà nella progettazione esecutiva dell'impianto e nella stesura delle specifiche tecniche di fornitura dei componenti.

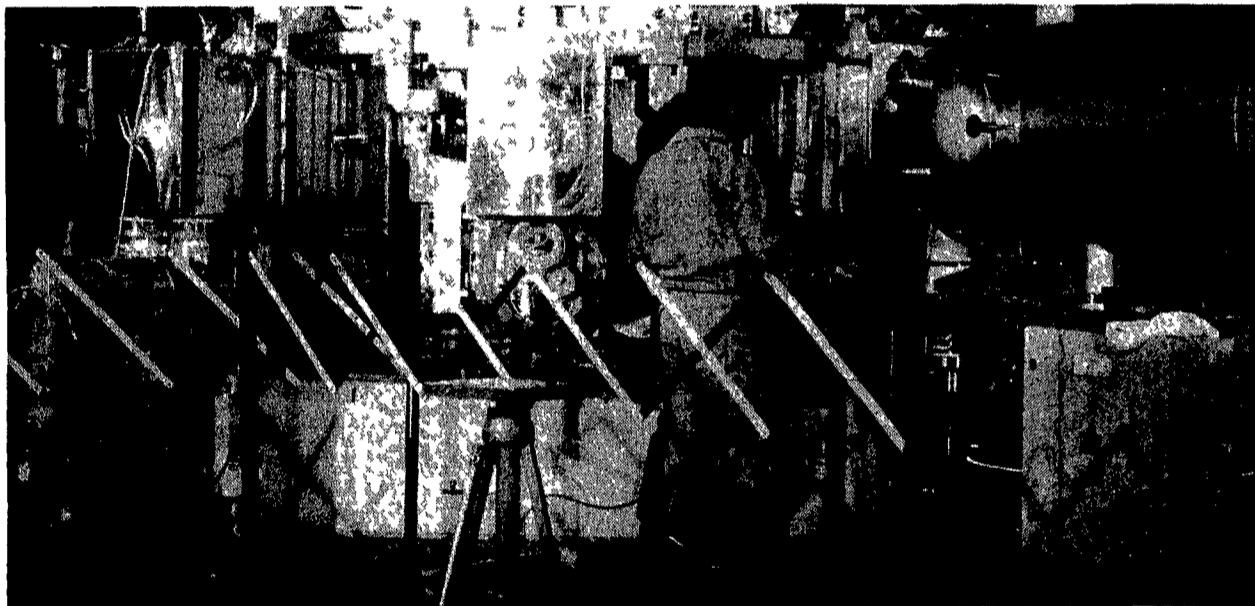
Tali progetti non esauriscono però lo sforzo complessivo scientifico e tecnologico che l'Enea in collaborazione prevalentemente col Cnr ma anche con diverse università svolge sul fronte della fusione. Anzitutto le stesse macchine sperimentali internazionali cui si è fatto cenno costituiscono un'occasione di qualificazione della nostra industria in settori ad alta tecnologia con riferimento sia alle immediate forniture di componenti sia alla preparazione di un sistema industriale nazionale in grado di competere al momento in cui fra qualche decennio la fusione diventerà un settore produttivo. In questo ambito rientra il successo ottenuto da Ansaldo (Genova) anche in collaborazione con Fiat e da Metalli In-

dustriali (Firenze) nelle forniture europee di magneti anche superconduttori ad alto campo e di cavi per la superconduttività.

Tra gli esempi di altre significative forniture industriali osserviamo che il Jet è equipaggiato da robot per manutenzione a distanza forniti su brevetto e progetto dell'Enea da imprese italiane. Tutto questo ha richiesto al nostro Ente un notevole impegno che sta dando validissimi e apprezzati frutti anche al di fuori del ristretto ambito della fusione in quanto determinano applicazioni di tecnologie avanzate in altri settori produttivi sia di punta sia maturi. Fra le più significative tecnologie possiamo citare i laser i magneti e altri componenti superconduttori la robotica i materiali avanzati e in particolare i ceramiche i sistemi di elettronica di potenza e radio frequenza. E in queste tecnologie ad ampio spettro di utilizzazione che l'Enea ha finora prontamente destinato l'impegno sugli aspetti tecnologici della fusione anche perché ha ritenuto prematuro un impegno di ampie dimensioni su tecnologie esclusive del futuro reattore a fusione ancora prima che siano definite le opzioni impiantistiche di fondo.



Visita dell'impianto Ft. A sinistra tecnici al lavoro sull'impianto Ft (Frascati Tokamak Upgrade), dell'Enea per studi sulla fusione nucleare controllata.



Da anni l'Enea è impegnato nella fisica degli acceleratori per elettroni. Le ricerche presso il centro di Frascati. Le collaborazioni con l'industria.

La frontiera degli acceleratori

Limpegno posto dall'Enea negli anni passati in un settore di punta come quello della fisica delle particelle ha consentito di acquisire un'esperienza generale nella creazione e diffusione dell'innovazione nel tessuto produttivo nazionale.

In particolare presso il Centro Enea di Frascati vengono svolte attività di ricerca nel campo delle macchine acceleratrici per elettroni (in trattamento superficiali) o mediante conversione in raggi gamma attrezzature radiogene in modo da ottenere una maggiore sicurezza in traseca e una maggiore flessibilità di impiego.

Presso il Centro di Frascati dell'Enea sono state progettate sviluppate e realizzate macchine acceleratrici per elettroni a radiofrequenza di tipo lineare e circolare da dedicare da una parte allo studio della fisica della macchina stessa e dall'altra allo sviluppo di tecnologie realizzative che ne consentano il trasferimento all'industria nazionale.

L'interesse mostrato da molti operatori industriali per l'introduzione degli acceleratori di elettroni nei moderni processi industriali ha condotto alla costituzione della società Irvin Elettronica frutto di un accordo tra Enea e Irvin System spa per la produzione e commercializzazione di acceleratori.

Inoltre tale attività si è andata sempre più avvalendo dei prodotti forniti dall'industria italiana come ad esempio le Officine Galileo

reticolazione di polimeri e trattamento di semiconduttori per migliorare le loro caratteristiche dinamiche.

L'obiettivo è quello di sviluppare macchine acceleratrici per elettroni che possano sostituire con l'impiego diretto di elettroni (in trattamenti superficiali) o mediante conversione in raggi gamma attrezzature radiogene in modo da ottenere una maggiore sicurezza in traseca e una maggiore flessibilità di impiego.

Parallelamente allo sviluppo teorico e ai modelli di calcolo è necessario impiegare per la realizzazione di acceleratori tecnologie adeguate quali ultraviuoto e brasature sotto vuoto di strutture risonanti. Sono state messe a punto ed impiegate metodologie raffinate per la sintonia degli acceleratori lineari.

Competenze riguardanti macchine acceleratrici di nuovo tipo come Linac a induzione o superconduttori o tecniche particolari di iniezione e manipolazione di fasci come fototodi laser o prebuncher vengono costantemente tenute aggiornate per fronteggiare eventuali future richieste tecnico scientifiche o applicative.

Grazie ai sistemi con celle a combustibile i programmi di ricerca con il ministero della Difesa, con l'Ansaldo e con l'Aem. Tipologie e vantaggi dei nuovi generatori.

Enea: energia dalla chimica

Le celle a combustibile sono generatori capaci di convertire direttamente ed in modo continuativo l'energia chimica di un combustibile e di un ossidante in energia elettrica.

Nel 1839 William Grove riuscì a generare energia elettrica in una cella contenente acido solforico nella quale erano stati immersi due elettrodi su uno veniva fatto per venire idrogeno e sull'altro ossigeno. La concezione elettrolitica di questa cella è giunta inalterata ai giorni nostri. Inoltre la cella ad elettrolita acido è attualmente quella in fase più avanzata di sviluppo.

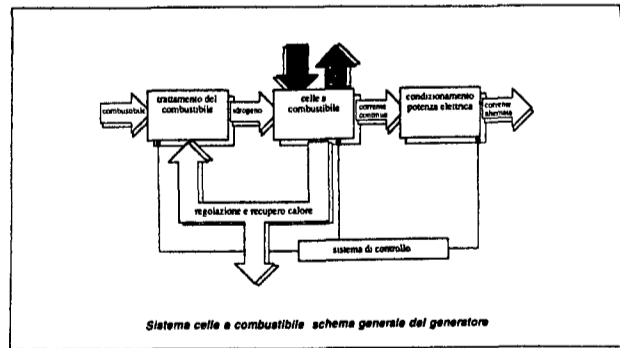
In epoche successive vennero provate celle a sali fusi (Bequerel 1855) e più recentemente sono state realizzate celle con elettrolita alcalino (Bacon 1932) e con elettrolita solido costituito da miscele di ossidi (Baur e Preis 1937). Le prime applicazioni pratiche delle celle a combustibile

sono nate con i veicoli spaziali nei quali le celle hanno svolto un ruolo primario nella fornitura di energia elettrica richiesta per i vari sistemi di guida, sistemi di comunicazione e condizionamento dell'ambiente illuminazione.

L'Enea ha varato di recente un programma di ricerca sviluppo e industrializzazione dei sistemi energetici con celle a combustibile in Italia. La spesa prevista è di 35 miliardi di lire fino al 1989. Ulteriori contributi per un ammontare di 50 miliardi di lire potranno affluire al programma di parte della Comunità europea e di altri enti interessati all'iniziativa. Tale programma assieme a quelli per lo sviluppo del fotovoltaico dell'eolico e delle biomasse e uno degli elementi trainanti della strategia perseguita dall'Enea per lo sviluppo e la promozione delle fonti energetiche alternative e dell'uso razionale dell'energia. Come già accennato i

sistemi con celle a combustibile consentono di convertire direttamente l'energia chimica di un combustibile in energia elettrica. Ciò avviene per via elettrolitica raccogliendo su degli elettrodi in forma di flusso di elettroni l'energia chimica resa disponibile dalla fonte fossile. Per generare elettricità in modo pratico e necessaria una serie di servizi accessori che insieme alla sezione elettrolitica vera e propria costituiscono il «sistema» così composto:

- sistema di condizionamento della potenza elettrica (Inverter) serve a trasformare la corrente continua generata dalle celle in corrente alternata e ad elevare la tensione portandola a valori compatibili con la rete di distribuzione.
- sistema di regolazione e recupero del calore.
- sistema di controllo automatico.
- numerosi sono i tipi di celle a combustibile sperimentati sinora tuttavia quelli sui quali è stata rivolta negli ultimi anni la maggiore attenzione con prospettive pratiche di sviluppo sono quattro:
 - la cella ad elettrolita alcalino (Afc - Alkaline Fuel Cell)
 - la cella ad acido fosforico (Pafc - Phosphoric Acid Fuel Cell)
 - la cella a carbonati fusi (Mfc - Molten Carbonate Fuel Cell)
 - la cella ad ossidi solidi (Soc - Solid Oxide Fuel Cell)



Sistema celle a combustibile schema generale del generatore

di idrogeno come combustibile).

La cella ad ossidi solidi (Soc - Solid Oxide Fuel Cell). Tra queste quattro tipologie la cella ad acido fosforico è la più vicina alla soglia della commercializzazione ed infatti su di essa si concentra l'interesse dei tecnici. I sistemi con celle a combustibile presentano notevole vantaggio dal punto di vista dell'impatto ambientale rispetto ai tradizionali sistemi termodinamici consentendo la produzione di elettricità con minore inquinamento al momento e maggiore silenziosità. Rendono possibile la produzione di energia elettrica e di calore in situazioni ambientali anche densamente popolate grazie alla modularità del sistema al basso impatto ambientale (emissioni molto basse, rumore) e agli alti rendimenti già oggi raggiungibili. Questa tecnologia non ha ancora raggiunto la competitività con gli attuali sistemi di generazione industriale di energia elettrica. Impugnati programmi di ricerca e sviluppo tesi a raggiungere questo obiettivo sono stati condotti fino ad oggi soprattutto negli Stati Uniti e in Giappone. In quest'ultimo paese è stato provato un impianto industriale dimostrativo da 5 Mw.

Rientra nel programma di ricerca e sperimentazione dell'Enea un progetto in collaborazione con il ministero della Difesa interessato allo sviluppo delle celle a combustibile come generatori di piccola potenza per usi campali per realizzare 2 prototipi per la produzione di energia elettrica e di calore in situazioni ambientali anche densamente popolate grazie alla modularità del sistema al basso impatto ambientale (emissioni molto basse, rumore) e agli alti rendimenti già oggi raggiungibili. Questa tecnologia non ha ancora raggiunto la competitività con gli attuali sistemi di generazione industriale di energia elettrica. Impugnati programmi di ricerca e sviluppo tesi a raggiungere questo obiettivo sono stati condotti fino ad oggi soprattutto negli Stati Uniti e in Giappone. In quest'ultimo paese è stato provato un impianto industriale dimostrativo da 5 Mw.