

La fusione nucleare, stato dell'arte

A partire dalla seconda metà del Ventunesimo secolo, un centinaio di chilogrammi di un combustibile inesauribile permetterà di produrre tanta energia quanto un milione di tonnellate di petrolio. È questo il potenziale della fusione termonucleare, non appena l'uomo sarà in grado di controllarla. La fusione termonucleare è una promessa di energia inesauribile.

Nel sole e nelle altre stelle, i nuclei leggeri fondono liberando enormi quantità di energia. Il calore e la luce diffusi nello spazio sono proprio l'effetto di queste reazioni. Per fondersi, i nuclei devono superare la loro naturale tendenza a respingersi. Questo ostacolo può essere eliminato portando la materia a una temperatura molto elevata, ad alcune decine di milioni di gradi. Al centro del sole, i nuclei d'idrogeno (protoni) fondono a circa 15 milioni di gradi e a pressioni considerevoli. A fornire il calore necessario sono i meccanismi di crollo gravitazionale. Il confinamento è realizzato dall'equilibrio tra la pressione di radiazione prodotta e il campo gravitazionale. Il sole è il reattore più stabile immaginabile. Irradia da parecchi miliardi di anni ed è lungi dall'aver esaurito il suo combustibile primario, l'idrogeno. Questo gigantesco flusso di potenza nelle stelle è mantenuto dalla fusione in elio di 500 milioni di tonnellate di idrogeno al secondo.

È impossibile riprodurre sulla terra i meccanismi attuati dal sole, soprattutto a causa della forza gravitazionale di questa stella, la cui massa è di 330 000 volte superiore a quella del nostro pianeta. La fusione per scopi energetici sfrutta come combustibili il deuterio e il trizio. L'energia liberata dalla reazione di questi due isotopi dell'idrogeno è dell'ordine di 100 000 chilowattora per 1 grammo di combustibile, e cioè dieci milioni di volte superiore a quella del petrolio. Il deuterio è presente ovunque in natura: ogni metro cubo di acqua ne contiene circa 33 grammi. Il trizio è un radioisotopo dell'idrogeno, che deve essere prodotto a partire dal litio, un metallo leggero presente ovunque in natura. Per ottenere energia utile, sono esplorate **due possibilità**:

- portare ad altissima pressione e ad alta temperatura un piccolo volume di materia durante un tempo estremamente breve. Si tratta del **confinamento inerziale**, il cui

scopo è di ottenere il maggior numero possibile di reazioni di fusione prima che il plasma non si disperda aumentando di volume. Ci si avvicina così a densità e pressioni simili a quelle presenti al centro del sole, ma per un tempo brevissimo, dell'ordine di un milionesimo di secondo. Nella maggior parte dei casi, questa ricerca è stata tenuta segreta per via delle sue implicazioni militari. Il programma civile europeo di fusione dedica a questo processo solo una piccola attività di veglia tecnologica;

- “intrappolare” e mantenere ad altissima temperatura un plasma formato da particelle caricate elettricamente. Si tratta del **confinamento magnetico**, in cui un plasma tenuto a bassa densità reagisce durante un tempo superiore al secondo. È su questo processo che si è concentrata buona parte della ricerca internazionale. I primi lavori di ricerca internazionale sono stati imperniati sullo sviluppo del tokamak, un reattore con camera da vuoto toroidale e bobina magnetica. Il modello più grande, il Joint European Torus (JET), in funzione dal 1983, ha ottenuto una serie di record mondiali, tra cui la prima fusione controllata deuterio-trizio nel 1991.

Il progetto internazionale **ITER**(International Thermonuclear Experimental Reactor) rappresenta il prossimo passo nello sviluppo dell'energia di fusione. ITER sarà il primo impianto a fusione di dimensioni paragonabili a quelle di una centrale elettrica convenzionale, ed ha il compito di dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica della fusione come fonte di energia. Il progetto dettagliato di ITER è stato messo a punto negli ultimi anni sulla base di un'intensa attività di Ricerca e Sviluppo condotta in numerosi centri di ricerca, università e industrie di tutto il mondo a cui hanno partecipato centinaia di ricercatori e tecnici. Unione Europea + Svizzera, Giappone, Federazione Russa e, dal 2003, Stati Uniti d'America, Cina e Corea del Sud, sono impegnati nei negoziati per l'organizzazione e l'attuazione del progetto. Il 28 giugno 2005 a Mosca è stato siglato ufficialmente l'accordo tra i sei partner di procedere quanto prima alla costruzione di ITER nel sito europeo di Cadarache nel sud della Francia. Ecco gli **aspetti particolari** del progetto ITER :

- ITER ha dimensioni lineari doppie rispetto al progetto precedente (JET, Joint European Torus) e produrrà 500 - 700 MW di potenza di fusione per tempi di circa 15-30 minuti, utilizzando e provando in maniera integrata tutti i componenti chiave per il funzionamento del reattore a fusione.
- ITER dovrebbe permettere di ottenere condizioni di ignizione con un fattore di amplificazione dell'energia dell'ordine di 5-10, soglie necessarie per convalidare questa tecnologia nella prospettiva di un reattore industriale.

- Gli elementi di base della fisica di ITER sono stati dimostrati con successo negli esperimenti già effettuati su un ampio intervallo dei parametri del plasma, i regimi di plasma di ITER richiedono una ragionevole estrapolazione di tali parametri.
- La realizzazione della macchina ITER, e in particolare di alcuni componenti chiave, ha richiesto la messa a punto di tecnologie innovative, la cui fattibilità è stata dimostrata con la costruzione di prototipi nel corso delle attività di ricerca e sviluppo condotte negli ultimi dieci anni.

La ricerca sulla fusione dovrebbe favorire l'emergere di altre tecnologie, informatiche e robotiche ad esempio, ma anche nell'ambito dell'elettronica di potenza, dell'aerospaziale, della medicina, dell'astronomia e di altre applicazioni industriali del plasma. Ma è ovviamente nel settore dell'energia che questo sforzo dovrebbe portare i risultati più promettenti. La fusione è una fonte di energia potenziale illimitata, che soddisfa ampiamente i criteri dello **sviluppo sostenibile**, con le seguenti caratteristiche:

- i combustibili di base (deuterio e litio) sono non radioattivi, abbondanti e distribuiti uniformemente negli oceani e nella crosta terrestre;
- il principio stesso della fusione esclude qualsiasi uscita di controllo del reattore;
- la scarsa quantità di combustibile provoca l'arresto immediato della reazione alla minima perturbazione;
- la fusione produce solo deboli quantità di scorie radioattive a vita breve, il cui stoccaggio potrebbe essere limitato a una o due generazioni;
- la fusione nucleare non provoca nessun inquinamento atmosferico e non genera gas ad effetto serra.
- 1 g di combustibile (miscela deuterio-trizio) equivale a 100'000 kWh

La fusione nucleare rappresenta un'immensa speranza per l'umanità e pertanto vale la pena investire tempo e denaro nella ricerca e nello sviluppo di questa fonte di energia. Mercoledì 10 ottobre 2007 grandi esperti a livello internazionale informeranno i docenti della Svizzera italiana sullo stato dell'arte e sulle sfide di questo straordinario "Progetto Manhattan" pacifico.

Arturo Romer