

# La centrale sperimentale del Brasimone



Qualche decennio fa ho accompagnato i miei studenti in viaggio di istruzione al centro ENEA del lago del Brasimone posta sulla sponda del laghetto che fa da bacino superiore per la centrale di Barga.

Negli anni ho organizzato viaggi alla centrale di pompaggio di Edolo, ad una grande centrale termoelettrica a gas, agli impianti geotermici di Larderello (con annesso museo della geotermia) e, proprio nei giorni scorsi, mi ha fatto senso leggere un *commento sgangherato di un fascista* che prendeva spunto dalla vicenda di Ilaria Salis per affermare che *sono gli ex sessantottini, che insegnano, la tragedia della scuola italiana*. Strano commento visto che chi ha fatto il 68 ha più di 70 anni e viaggia verso gli 80, ma nella vis polemica ogni tanto sfugge persino l'aritmetica

Sarebbe colpa di quelli come me se la scuola italiana è piena di analfabeti funzionali (termine che il fascistello non

conosce). Il mio sito, il corso di fisica, la raccolta di compiti corretti e commentati, le conferenze, gli articoli dedicati alla politica scolastica che trasudano entusiasmo e passione sono lì a documentarlo. Tutto gratis. Vabbeh.

Qualche decennio fa siamo andati al Brasimone perché lì si trovava, prima del referendum sul nucleare, un impianto sperimentale per la costruzione di un *reattore nucleare autofertilizzante* gemello del Superphoenix poi realizzato con scarso successo in Francia. Ma le ricerche sugli autofertilizzanti sono andate avanti e potete trovare molte notizie su Wikipedia.

L'impianto del Brasimone c'è ancora perché ci sono pareti in cemento armato di qualche metro di spessore, che a suo tempo mi fecero una grande simpressione, ma ora si fa educazione ambientale e un po' di ricerca scientifica e tecnologica per conto dell'ENEA. Ieri vi ho raccontato della meraviglia tecnologica delle centrali idroelettriche di pompaggio e oggi vi racconto di questa grandiosa idea dei *reattori autofertilizzanti* detti anche *reattori veloci* perché per la fissione utilizzano neutroni di alta energia cinetica.

Si tratta di questo: l'energia da fissione è prodotta nel processo di frammentazione dell'Uranio  $^{235}\text{U}$ . L'Uranio naturale è quasi interamente composto da Uranio 238 che differisce dal 235 per la presenza nel nucleo di 3 neutroni in più. Tutti gli isotopi radioattivi dei metalli pesanti si trasformano nel tempo e decadono secondo una scala di trasformazioni ben nota al termine della quale troviamo il piombo.

Il decadimento radioattivo è un evento di natura probabilistica e ogni isotopo lo fa ad un ritmo diverso secondo una legge esponenziale decrescente. Per questa ragione noi fisici li classifichiamo usando il concetto di tempo di dimezzamento  $T_{1/2}$  il tempo che l'isotopo presente impiega per ridursi a metà.

I tempi di dimezzamento sono molto diversi per i diversi radioelementi da miliardesimi di secondo a miliardi di anni e nel caso che ci interessa sono piuttosto diversi; 700 milioni di anni per il 235 e 4,5 miliardi di anni per il 238. In origine quando la terra si è formata 4,5 miliardi di anni fa di uranio 235 ce ne era molto di più; da allora, mentre il 238 si è ridotto a metà per il 235 sono passati quasi 7 tempi di dimezzamento e così si è ridotto a circa 8 millesimi di quello che c'era. Questo Uranio naturale presente nel nucleo caldo e fuso del nostro pianeta è alla base delle reazioni che lo alimentano.

La lunga digressione che ho fatto ci spiega come mai di  $U_{235}$  ne troviamo solo lo 0.7% di quello naturale ed è un vero peccato perché l'energia da fissione richiede l'uso del 235 e dunque per usare l'Uranio naturale nei reattori bisogna arricchirlo di 235.

Qui casca l'asino perché gli isotopi di qualunque elemento si possono separare solo con procedimenti fisici (un atomo alla volta) e non per via chimica perché chimicamente gli isotopi di un dato elemento si comportano allo stesso modo. Nel caso dei reattori bisogna arrivare almeno al 3% e nel caso delle bombe almeno al 30%.

Il processo di arricchimento è molto complesso, richiede grandi impianti che lavorano in serie e si basa sul fatto che in un gas di uranio gli atomi di 235 hanno una massa leggermente maggiore di quelli del 238 e dunque, a parità di energia media ( $mv^2$ ) fissata dalla temperatura del gas, sono leggermente più veloci. Così, se facciamo diffondere un gas attraverso una parete, dall'altra parte troveremo un gas leggermente arricchito in 235, e vai con le pareti ...

Cosa c'entra tutto ciò con il Brasimone? I reattori nucleari funzionano su una reazione a catena controllata durante la quale un neutrone di bassa energia, giunto vicino a un nucleo

di  $U_{235}$  lo rende instabile, il nucleo si rompe in due frammenti (due nuovi elementi) oltre a un paio di neutroni che servono per nuove fissioni e in tutto ciò si libera un sacco di energia perché scompare della massa (avete presente Einstein e  $mc^2$ ?).

Ma i fisici una ne fanno e cento ne pensano; in questo caso si sono chiesti se non era possibile indurre la fissione direttamente sull'Uranio 238 (99.7% dell'Uranio naturale) per il quale non esistono problemi di approvvigionamento e di arricchimento. La risposta è positiva, anche se poco probabile.

Il processo richiede grandi flussi di neutroni di alta energia; in questo modo si riesce a indurre la fissione del 238 e per di più una frazione di neutroni liberati dalla fissione viene catturata dal 238 producendo il Plutonio 239 che è fissile come il 235 e separabile per via chimica. Per questa ragione questi reattori sono detti *autofertilizzanti* e producono più materiale fissile di quanto ne consumano.



Detto per inciso, il motivo per il quale il reattore di Chernobyl non aveva la cupola di contenimento in cemento armato (che vedete anche al Brasimone) è che, oltre a produrre

energia, quella tipologia di reattori produceva come sottoprodotto il Plutonio (per usi militari) e dunque si doveva essere agevole l'operazione di estrazione periodica delle barre per separare poi il prezioso Plutonio. Per questo a Chernobyl c'era un tetto piano in acciaio che saltò per aria e ricadde poi sul nucleo del reattore liberando una quantità

di schifezze.

L'uso della fissione con i neutroni veloci si scontra con il fatto che nel reattore circola un sacco di acqua che serve a raffreddare il nocciolo portando via l'energia prodotta. L'acqua (o meglio l'idrogeno che la compone insieme all'ossigeno) ha il difetto di catturare i neutroni (l'idrogeno si trasforma nel suo isotopo deuterio) e dunque ruba i neutroni indispensabili per la fissione.

Bisogna allora costruire un reattore in cui il circuito refrigerante sia fatto con un liquido che non catturi i neutroni. Tale materiale esiste ed è il sodio, un metallo comune (componente base del sale da cucina fatto da un atomo di cloro e uno di sodio) ma fortemente reattivo e dunque con grossi problemi di contenimento nella costruzione dei circuiti di raffreddamento.

La centrale del Brasimone, con la sua bella cupola di contenimento è nata per realizzare un prototipo di reattore a neutroni veloci, autofertilizzante e raffreddato a sodio liquido.

Se volete saperne di più potete consultare il [mio corso di fisica](#) nella parte dedicata alla fisica del nucleo e alle sue applicazioni. La pagina è molto ampia perché descrive l'intero corso in tutte le sue parti con una breve sintesi di ogni capitolo. Questa è la parte di fisica del nucleo con i relativi link

- La fisica del nucleo: Il neutrone (genesì della scoperta, perché non possono esistere elettroni nel nucleo; una nuova radiazione penetrante; il lavoro di Chadwick per determinare la massa); conoscenze di tipo quantitativo sul nucleo (stabilità e neutrone; neutrone e decadimento beta; massa, dimensioni e momento magnetico dei nucleoni; sezione d'urto per le interazioni e coefficiente di attenuazione); masse

nucleari e distribuzione degli isotopi; il decadimento alfa (perché il tempo di dimezzamento è così variabile; condizioni energetiche per il decadimento, legge di Geiger-Nuttal, spiegazione tramite l'effetto tunnel); il decadimento beta e l'ipotesi del neutrino; il decadimento gamma; le leggi del decadimento radioattivo; le famiglie radioattive. [0702 La fisica del nucleo](#) 28 marzo 2018

- Applicazioni del nucleare: La scoperta della radioattività artificiale; applicazioni degli isotopi radioattivi in datazione e in medicina; la bomba nucleare (scoperta della fissione; i lavori di Bohr e di Fermi; il progetto Manhattan); energia nucleare da fissione (glossario; problematiche della fissione controllata e incontrollata; tipologie di reattore nucleare); analisi dell'incidente di Chernobyl; misura ed effetti delle radiazioni ionizzanti; [0703 Applicazioni del nucleare \(luglio 2006\)](#)