

### **1) Una centrale è una bomba atomica controllata?**

**No.** Una centrale nucleare funziona in base allo stesso principio fisico, la fissione dei nuclei pesanti, in base al quale funzionano le bombe nucleari, ma lo sfrutta in modo diverso.

In una bomba un nucleo di Uranio (o di Plutonio) fa fissione (cioè si divide) quando viene colpito da un neutrone, emettendo in media circa due neutroni, che vanno a colpire direttamente, con tutta la loro energia un altro nucleo, che a sua volta si divide ed emette neutroni, che vanno a colpire altri nuclei. Il tutto deve avvenire in pochi microsecondi, senno' il materiale si riscalda troppo, si espande, e aumenta la distanza media tra i nuclei.

Quindi i neutroni hanno meno possibilità di incontrare un nucleo, e di conseguenza la reazione a catena tende a spegnersi.

La base intorno a cui viene progettata una bomba nucleare è proprio la velocità della reazione nucleare. In una centrale il tutto funziona diversamente.

Un nucleo fa fissione quando viene colpito da un neutrone lento, cioè da un neutrone che ha perso molta della sua energia. E' molto più facile che un nucleo reagisca con un neutrone lento piuttosto che con uno veloce, e visto che una centrale è fatta per sostenere una reazione a catena con i neutroni lenti, tutti (o quasi) i nuclei reagiscono con neutroni lenti, e raramente interagiscono con quelli veloci.

Quindi i neutroni hanno una storia diversa. Nascono veloci dai nuclei che hanno fatto fissione, ma prima di poter reagire con altri nuclei devono rallentare cedendo molta della propria energia a un mezzo, detto moderatore.

### **1b) In caso di incidente una centrale può esplodere come una bomba atomica?**

**No.** Quello che permette un'esplosione nucleare è l'estrema rapidità con cui si succedono le reazioni nucleari, che avvengono molto velocemente, non dando tempo al materiale di espandersi per via dell'aumento di temperatura.

Se si riscalda un materiale qualsiasi questo tende ad espandersi. Per esempio un termometro funziona perché il mercurio al suo interno, riscaldandosi anche di pochi gradi, si espande. In una esplosione nucleare l'energia viene liberata in pochi microsecondi, e sarebbe sufficiente a vaporizzare completamente il materiale. E ovviamente un materiale che si è vaporizzato non può funzionare, ai fini di una reazione nucleare che dipende dal fatto di avere i nuclei abbastanza vicini da reagire coi neutroni che vengono liberati da altri nuclei.

Quindi fondamentalmente, le reazioni nucleari avvengono in tempi molto più rapidi di quelli che il materiale impiega ad "accorgersi" dell'energia che gli viene ceduta. Poi l'energia si ridistribuisce e si ha l'esplosione.

In una centrale, invece visto che le reazioni avvengono molto più lentamente, se aumenta il numero di reazioni nucleari per unità di tempo (e quindi la potenza prodotta e la temperatura) i materiali tendono ad espandersi, e a fare meno efficacemente il loro lavoro di combustibile e di moderatore: quindi se aumenta troppo la temperatura, una centrale tende lentamente a spegnersi.

A volte, in certi tipi di reattori che adesso non si producono più (RBMK, tristemente noti come "Tipo Chernobyl"), incerti regimi di funzionamento poteva accadere che la potenza tendesse ad aumentare con un aumento di temperatura. Questo non dà luogo ad un'esplosione nucleare, ma ad un aumento di temperatura che fonde meccanicamente gli elementi di combustibile. In questo senso si parla di Fusione del nocciolo.

In questi casi, potrebbero verificarsi esplosioni convenzionali, dovute a reazioni chimiche ad alta temperatura, che potrebbero far danni, e, in casi estremi, portare alla rottura delle strutture di contenimento, con conseguente emissione nell'ambiente di materiale radioattivo.

### **1c) Se una centrale nucleare viene bombardata il nucleo può esplodere?**

**NO.** Il reattore, e molti dei componenti fondamentali legati ad esso sono contenuti in un edificio dimensionato apposta per reggere a missili, bombe, aeroplani e terremoti.

L'edificio di contenimento, di solito, è fatto da calcestruzzo armato spesso almeno un metro e quaranta e da un contenitore d'acciaio spesso di solito una ventina di centimetri.

Si può pensare quindi che il reattore sia protetto da attacchi esterni.

Lo stesso non si può dire di tutto il resto dell'impianto, che potrebbe essere colpito da eventuali attacchi terroristici.

Ma danneggiamenti alle altre parti dell'impianto sono comunque generalmente previsti dai piani di sicurezza di qualsiasi centrale, e, pur essendo un loro danneggiamento una situazione complessa da gestire, molto difficilmente si potrebbe avere fusione del nocciolo, e, in caso di fusione, molto difficilmente si potrebbe avere una fuoriuscita significativa di materiali radioattivi dalle strutture di contenimento.

### **2) Che danni ha fatto Chernobyl in Italia?**

Sull'Italia è arrivata la nube di prodotti di fissione che erano stati emessi a seguito dell'incidente. In quei giorni abbiamo respirato un'aria in cui erano presenti molti isotopi radioattivi, che erano tutti, tranne uno, entro le concentrazioni ritenute non pericolose per un addetto.

Questo vuol dire che abbiamo respirato per una settimana un'aria con una concentrazione di isotopi radioattivi minore di quelle chiunque lavori in campo nucleare può respirare senza rischi particolari per un anno. Per i rischi relativi a questi materiali (tra cui il plutonio, che è una delle sostanze più tossiche esistenti per l'uomo) il problema non si pone.

L'unico isotopo fuori da questi parametri è stato lo iodio 131, che aveva una concentrazione 50 volte superiore a quella permessa per l'aria respirata da lavoratori addetti.

La dose che abbiamo assorbito è stata circa quella che si assorbe per una radiografia, (meno di un millisievert) ma meno pericolosa perché diluita in una settimana.

I media hanno diffuso dati preoccupanti sui rischi di danni a lungo termine, tra cui leucemie e tumori alla tiroide. A distanza di 15 anni non si sono avuti riscontri di un aumento di tumori in Italia.

Le valutazioni diffuse erano state fatte utilizzando una teoria (la LNT) che si usa per valutare i rischi per i lavoratori esposti (es. radiologi) approssimandoli brutalmente per eccesso. E' una teoria che, per il modo in cui è costruita, non può essere usata per una valutazione del rischio di tumore in seguito a esposizioni a basse dosi.

Per capirci, è come dire che se, cadendo da dieci metri di altezza ho il 50% di probabilità di morire, scendendo da un marciapiede di 10 cm questa probabilità è dello 0,5%.

### **3) E' facile fare una bomba atomica?**

Qualsiasi fisico o ingegnere nucleare con un po' di esperienza, potrebbe, studiando un po' il problema, sistemare l'esplosivo e progettare gli inneschi in modo corretto e in tempi abbastanza brevi.

Addirittura si trovano in giro sulla rete dei veri libri sulla fisica e ingegneria delle armi nucleari. La vera difficoltà nel costruire una bomba atomica non è sapere come fare una volta reperito il materiale, (problema abbastanza semplice, in realtà) ma è reperire il materiale.

Una bomba atomica può usare come esplosivo due tipi di materiali: o uranio arricchito ad altissime percentuali o del plutonio 239, ancora più reattivo dell'uranio.

L'uranio ha due isotopi, il 235 e il 238: di questi fa fissione solo il 235.

L'uranio naturale ha lo 0,73% di uranio 235. Per le centrali molto spesso si usa arricchito al 3%.

Si può iniziare a pensare a bombe solo con uranio arricchito oltre il 25%. Il fatto è che, mentre il combustibile nucleare gira senza enormi problemi, materiale così arricchito è controllatissimo e ovviamente introvabile. Inutile dire che lo stesso vale per il Plutonio.

### **3b) Perché solo pochi paesi hanno armi nucleari?**

Il problema di fabbricare armi nucleari è fondamentalmente la reperibilità del materiale. Per avere uranio arricchito servono impianti di arricchimento, che sono impianti complessi, costosissimi, e che o consumano quantità spaventose di energia elettrica o richiedono tecnologie molto complesse, e ovviamente, tenute segrete.

Per avere plutonio servono delle centrali nucleari, e impianti per ritrattare il combustibile una volta uscito dal reattore. Inutile dire che gli impianti di arricchimento, gli impianti nucleari e gli impianti di riprocessamento sono impianti enormi, complessi e dispendiosi sia livello economico che di formazione del personale.

Questo richiede uno grosso sforzo in termini di investimenti e di tempo, e pochi paesi possono permettersi cose simili.

India e Pakistan per esempio, hanno impiegato almeno quindici anni nello sviluppo di un programma nucleare, e si sospetta che non sarebbero riusciti senza l'aiuto di qualche potenza nucleare già affermata.

### **4) Cos'è l'uranio impoverito?**

L'uranio naturale è formato principalmente da due isotopi, l'uranio 235 e l'uranio 238.

Il 235 è fissile, cioè fa fissione, ed è quello che viene bruciato nelle centrali.

Quindi, generalmente nelle centrali non si usa uranio naturale, ma uranio arricchito, cioè uranio in cui sia stata aumentata la concentrazione del 235.

Si usano quindi grosse quantità di uranio naturale, e si toglie il più possibile il 235 da una parte di esso per concentrarla in un'altra parte che poi andrà in centrale.

Quello che resta, quasi tutto 238, è l'uranio impoverito.

### **4b) E' pericoloso?**

L'uranio impoverito, per le sue proprietà meccaniche (altissima densità), è molto usato in alcune applicazioni.

Dal punto di vista radioprotezionistico non è considerato pericoloso, vista la sua bassissima attività. L'uranio impoverito emette particelle alfa, che vengono fermate da 3 cm di aria. Non è quindi pericoloso dal punto di vista dell'irraggiamento esterno.

In pratica, potremmo star seduti su una sedia di uranio senza particolari conseguenze. Il fatto è che può essere pericoloso se respirato o ingerito, visto che le particelle alfa, che verrebbero altrimenti fermati dallo strato corneo della pelle, andrebbero a colpire direttamente i tessuti. In realtà l'uranio impoverito è più pericoloso dal punto di vista chimico, in quanto metallo pesante, che dal punto di vista della radioattività in quanto emettitore alfa.

### **5) Alcuni cibi e alcuni prodotti vengono trattati con radiazioni?**

L'irraggiamento con raggi Gamma è la norma per molti prodotti alimentari e per molti prodotti medicali.

Molte volte, per esempio, si irraggiano le patate per non farle germogliare, si irraggia il grano per uccidere eventuali larve di insetti...

E molte volte si sterilizzano i prodotti medicali usa-e-getta (e non solo) con raggi gamma. Questi trattamenti hanno molti vantaggi: lasciano inalterati i valori nutritivi dei cibi, ne aumentano i tempi di conservazione senza additivi chimici, e sterilizzano in profondità senza lasciare residui tossici come può invece avvenire con altri metodi.

### **5b) Diventano radioattivi dopo il trattamento?**

**No.** l'irraggiamento viene fatto o con raggi gamma o con elettroni che abbiano un'energia sufficientemente alta da penetrare nel materiale, ma abbastanza bassa da non rendere radioattivo il materiale.

In pratica quello che si fa funziona sullo stesso principio di una radiografia.

Oltretutto, se si rischiasse di attivare il materiale, si perderebbero gran parte dei vantaggi del trattamento con radiazioni, che stanno soprattutto nella grande "pulizia" del procedimento.