

## GLOSSARIO

**A TOMO** La più piccola parte di un elemento. Consiste in un nucleo di protoni e neutroni caricati positivamente (i protoni sono carichi positivamente, i neutroni hanno carica neutra) circondato da particelle cariche negativamente chiamate elettroni.

**BORO 10** È un isotopo non radioattivo del boro. È ottimo assorbente per neutroni lenti.

**BWR** - Reattore ad acqua bollente. In questo tipo di reattori nucleari il moderatore è costituito da acqua bollente. L'acqua bolle in prossimità del «cuore» del reattore e il vapore che ne scaturisce può essere usato per attivare direttamente una turbina.

**CESIO 137** - Se ne è parlato molto nei giorni scorsi, dopo che alcune analisi ne hanno rivelato tracce in alimenti come il pesce, il miele, le nocchie. È un isotopo del cesio, emette particelle beta negative e dimezza la sua radioattività in 30 anni. Se entra nell'organismo umano va a fissarsi nei muscoli e nelle gonadi.

**CURIE** - È l'unità di misura della radioattività. Un Curie è l'equivalente di 3,7 per 10 alla decima (che è come dire 37 seguito da dieci zeri) disintegrazioni atomiche al secondo. Un nanocurie è un milionesimo di Curie. C'è però una nuova unità di misura istituita dal sistema internazionale di unità di misura: il Becquerel. Un Curie equivale a 37 miliardi di Becquerel. Da Chernobyl sono fuggiti 50 milioni di Curie.

**DOSE ASSORBITA** - È la quantità di energia che le radiazioni ionizzanti «cedono» ad un corpo che venga irradiato. Si discute (e ci si accapiglia) in tutto il mondo sulla possibilità che esista una dose minima sotto la quale non vi siano pericoli. Alcuni studi americani sostengono che la cellula è in grado di riparare ad alcuni danni subiti dalle radiazioni. Ma molti biologi e biofisici ribattono che comunque ogni dose di radiazioni è eccessiva.

**FISIONE NUCLEARE** - La spaccatura di un nucleo atomico pesante in due parti approssimativamente uguali. Questa spaccatura (fissione) è accompagnata dal rilascio di una relativamente abbondante quantità di energia e di uno o più neutroni, che possono a loro volta colpire altri nuclei e dare vita così ad una reazione a catena.

**FONDO NATURALE** - È la radioattività dovuta alle rocce di cui è composto il sottosuolo e ai gas radioattivi che vi si creano. In Italia, alcune zone come l'Alto Lazio, la Campania, l'Umbria hanno un fondo naturale più elevato della media nazionale.

**FUSIONE NUCLEARE** È l'opposto della fissione nucleare. Invece di un nucleo che si rompe, qui sono due nuclei a fondersi tra di loro, liberando energia. Inoltre, mentre per la fissione occorrono nuclei atomici estremamente pesanti e rari, la fusione si potrebbe fare con atomi molto più leggeri e relativamente abbondanti. È il processo che tiene in equilibrio le stelle. Il Sole è un'immensa fornace che funziona a fusione nucleare. Sulla Terra si tenta di far fondere i nuclei atomici riscaldandoli a 300 milioni di gradi per un periodo di tempo sufficientemente lungo. La ricerca utilizza sia delle «ciambelle» magnetiche dentro grandi strutture circolari, sia raggi laser, sia flussi di particelle accelerate. Carlo Rubbia ha presentato recentemente una proposta che perfeziona quest'ultima tecnica.

**FUSIONE DEL NOCCIOLO (MELTDOWN)** - In un reattore nucleare la velocità della reazione a catena è controllata dalle «barre di controllo» che vengono inserite o tolte tra le barre del combustibile. Questo sistema costituisce il «nocciolo» del reattore, e deve sempre essere refrigerato. Se la reazione nucleare sfugge ad ogni controllo (come è accaduto a Chernobyl) la temperatura nel nocciolo può raggiungere anche i 3000° centigradi. Si possono fondere gli apparecchi usati per maneggiare le barre di controllo, il combustibile, le strutture che lo sostengono, la caldaia e le basi di cemento. Questa è la fusione del nocciolo.

**GRAFITE** È una forma di carbone molto puro, usata come moderatore nelle reazioni di fissione nucleare. L'impianto esploso a Chernobyl era «moderato» con la grafite.

**HWR** Sono i reattori ad acqua pesante. Usano come moderatore acqua che, invece dell'idrogeno, ha come costituente un suo isotopo, il deuterio. Il termine «pesante» viene dal fatto che il deuterio ha un peso atomico maggiore. Possono funzionare con uranio non arricchito, quindi più semplice ed economico da trovare e utilizzare. La più importante filiera Hwr è stata sviluppata in Canada.

**IDIO 131** - È un prodotto della fissione nucleare e ha un tempo di dimezzamento di otto giorni. Se ingerito va a fissarsi nella tiroide. I bambini sono particolarmente esposti a questa contaminazione. È usato anche in medicina.

**ISOTOPI** - Se due elementi hanno lo stesso numero di protoni ma un diverso numero di neutroni, si dicono isotopi. Per esempio, l'uranio 238 e l'uranio 235 sono isotopi.

**LWR** - Sono i reattori ad acqua leggera l'acqua fa da refrigerante e da moderatore. Sono alimentati con Uranio leggermente arricchito. Esistono due tipi di reattori ad acqua leggera commerciali: i Bwr e i Pwr.

## Si ripetono in questo scorcio del XX secolo le paure dell'anno mille?



## Sul rapporto con la natura si sta fondando oggi una «coscienza» della specie umana

# L'angoscia del secondo millennio

GIOVANNI BERLINGUER

Si ripetono, in questo scorcio del XX secolo, le grandi paure di fine millennio? Che esistano giustificati timori di guerre nucleari, o di catastrofi ambientali, o di lenta degradazione della vita sul pianeta, non vi sono dubbi. Molte perplessità sorgono invece su questa cabala del terrore, che si ripeterebbe nell'anno Duemila come nell'anno Mille: innanzitutto, sull'esistenza stessa della prima grande paura. Lo storico Giuseppe Galasso ha riaffermato con grande sicurezza: «Il primo millennio cristiano iniziò all'insegna di una diffusa aspettativa di grandi mutamenti: un'aspettativa fatta insieme di speranze e di paura. Si credette in qualche modo che l'anno Mille dovesse essere quello della fine del mondo. L'evento - come subito si constatò - non si produsse. Al timore subentrò una spiegabile euforia» (Il Corriere della Sera, 16 aprile).

Ma come gli scienziati sul nucleare, anche gli storici sul medioevo vanno raramente d'accordo fra loro. E così Michel Sol, nella sua rievocazione dell'anno Mille, confuta innanzitutto il fatto che la gente sapesse allora in che anno visse, e perfino in che secolo: le stagioni infatti erano conosciute da tutti, ma il calendario solo dai pochi specialisti. Mostra inoltre che le orribili visioni di terremoti e di comete dalla scia sfiorante furono costruite nel XVI secolo, mentre erano assenti nelle cronache più antiche. L'anno 1000 fu anzi particolarmente povero di avvenimenti (tranne la fondazione dell'archivescovo di Giezno in Polonia, che avrebbe avuto conseguenze rilevanti sulla Chiesa cattolica, ma molto tempo dopo...); e nell'anno 1001 l'unica grande paura la subì l'imperatore Ottone III, che fu cacciato da Roma dopo una rivolta capeggiata dai tuscolani (gli attuali pacifici frascatani).

Assai diversa da oggi, comunque, è l'origine dei timori. Tra il X e l'XI secolo gli uomini erano spesso dominati da una natura ostile. La foresta di latifoglie invadeva le poche radure coltivate, gli anni di carestia erano più frequenti di quelli di buon raccolto, si partorivano molti figli perché almeno qualcuno sopravvivesse, e microbi e parassiti decimavano le collettività. Quando (non dico se, sono fondamentalmente ottimista) la storia descriverà il passaggio dal XX al XXI secolo, parlerà di un fenomeno

opposto: descriverà gli uomini come ostili alla natura. Parlerà dei progressi straordinari della scienza e della diffusione senza precedenti della salute, dell'istruzione, della democrazia stessa; ma segnerà anche il ritmo allarmante dell'impovertimento ambientale, e il numero crescente di incidenti significativi.

Non so se qualcuno tenga un registro generale dei maggiori disastri. Sarebbe un mestiere ingrato, ma utile. Senza di questo non riesce a valutare se l'accelerazione dei sinistri, che ho percepito in quest'ultimo anno, sia dovuta all'effettiva moltiplicazione dei fatti, o alla maggiore informazione su giornali e televisioni, o alla cresciuta sensibilità soggettiva. Forse a tutti e tre i fattori insieme. Per gli incidenti nucleari questa sommatoria è certa: vi sono stati più episodi (compresi due o più casi nella sicurezza Francia), lo spazio informativo si è allargato, l'allarme si è esteso. Ma anche per i rischi di origine chimica si assiste, probabilmente, a un intreccio dei tre fenomeni: alla base non vi è

una paura irrazionale, bensì l'accumulo di inquinanti nell'aria e nelle acque, quindi il raggiungimento di una soglia tossica, e da ciò l'allarme nella popolazione e i servizi giornalistici più clamorosi.

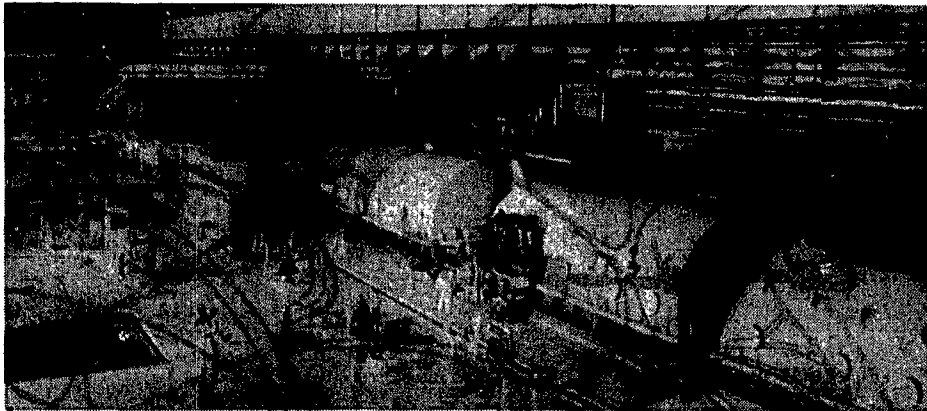
Questa accresciuta sensibilità comincia a influire sulle vicende politiche. In Italia, il rilievo imprevisto che hanno avuto i tre referendum sull'energia nella lunga crisi del pentapartito è dovuto, oltre che a tortuose manovre, anche a questo. Le coraggiose posizioni assunte dal Pci prima sul diritto dei cittadini a esprimersi nel voto, poi col preannuncio dei tre sì col chiaro significato di fuoruscita dal nucleare, e infine con la proposta di un «governo referendario», hanno portato qualche chiarezza in un clima di intrighi, e hanno corrisposto soprattutto all'animo popolare. Proprio in quei giorni la Fiom della Lombardia ha reso noto un sondaggio su energia e ambiente, svolto tra i metalmeccanici, dal quale risultava che oltre il 60% dei lavoratori sono contrari al nucleare. La percentuale è maggiore tra gli iscritti al sindacato e tra le lavoratrici. Tra i molti motivi dell'opposizione

hanno avuto rilievo il fatto che «si corre un rischio grosso» e con uguale valore esistono altre soluzioni energetiche; ma più di tutte, con due terzi delle risposte, l'osservazione che «non si sanno smaltire le scorie». La preoccupazione per quanto potrà accadere nel terzo, nel quarto e nei successivi millenni si fa strada tra i metalmeccanici, ben oltre la preoccupazione del lavoro quotidiano. La coscienza di classe, e più ancora di specie, supera evidentemente ogni incertezza sull'oggi.

Ancora più rilevanti possono essere le conseguenze nell'opinione pubblica francese. Il paese più nuclearizzato del mondo, con il 70% dell'energia proveniente da questa fonte e con un forte intreccio tra industria e armamenti atomici, è stato per la prima volta scosso dal dubbio. Quattro incidenti in quattro settimane (le fughe di sodio a Pierrelatte e a Tricastin, la crepa nel Superphenix e la rottura di una valvola a Fessenheim), che hanno dato la stura alle notizie di casi precedenti che erano stati nascosti, hanno aggravato una situazione psicologica già tesa, che aveva avuto origine dopo

Cernobyl. Le lunghe settimane trascorse allora senza notizie, come se la nube ucraina fosse stata fermata alle frontiere, hanno minato la fiducia popolare nelle autorità. L'inquietudine ha cominciato a serpeggiare nella popolazione, e anche nei partiti. Qualcosa di simile, anche se le notizie sono scarse, comincia a emergere nell'Unione Sovietica. Se ne trova traccia nelle dichiarazioni di Boris Semenov al quotidiano El Pais (12 aprile), in cui il dirigente sovietico dei programmi nucleari contrappone «le preoccupazioni del pubblico» all'opinione degli specialisti, convinti che «ciò che è accaduto a Chernobyl risulti da una coincidenza di tanti fatti improbabili, che è difficile immaginare che possano ripetersi».

La parola «difficile» non è idonea a fugare i timori. Che questi possano superare la soglia del razionale è un pericolo reale. Ricordo che in un dibattito del settembre scorso, alla Festa nazionale de l'Unità, un apprezzato fisico italiano sostiene che l'estate 1986 aveva visto la comparsa contemporanea di due diavoli: quello evocato dall'Inferno per iniziativa del Papa, e il diavolo nucleare scoperto dal Pci. Credo che Giovanni Paolo II farebbe fatica a spiegare come mai il vaticinio dell'Apocalisse (l'angelo che afferrò Satana «e lo legò per mille anni, lo gettò nell'abisso che chuse e sigillò sopra di lui, onde non seducesse più le Nazioni finché fossero compiuti i mille anni») non si sia realizzata alla prima scadenza, e si presenti invece alla replica del Duemila. Da quel che posso cogliere delle opinioni fra iscritti ed elettori comunisti, avremo minori difficoltà a superare le obiezioni di quei rari che ritengono (cito ancora le opinioni dei metalmeccanici lombardi) che «i rischi sono poco elevati», e di quei molti che dicono giustamente «non si può fermare il progresso». La coincidenza di opinioni fra alcuni bianco-verdi e il cardinale Ratzinger, nel ritenere peccaminoso o inquietante tutto ciò che è innaturale, può illuminare sulle conseguenze estreme del rifiuto della scienza. Può anche indurci a riflessioni sugli eccessi della spensieratezza o sull'azzardo di alcune tecnologie. Ma la nostra emozione dominante non è la paura, è la speranza, che per qualche aspetto (il disarmo nucleare, almeno) comincia a entrare nel calcolo delle possibilità, già prima che abbia termine questo secolo.



Così si presentava oggi la sala macchine con i generatori della centrale di Chernobyl

## Quanti incidenti rimasti segreti

Quante volte l'umanità è scampata per un pelo alla catastrofe? Un'inquietante risposta ci è venuta in questi giorni da un dossier pubblicato dal settimanale tedesco «Der Spiegel».

«Un brivido mi corre lungo la schiena» è l'eloquente titolo del servizio che porta alla luce 48 rapporti fino ad



centrale sono particolarmente fragili ed esposte al pericolo di crepare. L'acqua del sistema di raffreddamento spruzzata nel contenitore di pressione incandescente «può determinare un pericolo acuto di fusione per shock termico», afferma il fisico Helmut Hirsch del Gruppo Ecologia di Hannover, invitato da Spiegel ad esprimere un giudizio su questo genere di incidenti.

A Kozloduj hanno avuto fortuna. Il dispositivo di raffreddamento d'emergenza ha funzionato. Il contenitore di pressione non ha ceduto. Nel rapporto alla laeo i responsabili, anche se giocarono con l'accaduto presentandolo come un «incidente significativo per la dimostrazione della tenuta dei sistemi di sicurezza», non poterono fare a meno di confessare la causa banale: le valvole si erano aperte per la rottura di un banalissimo cavo.

Dalla dinamica dell'incidente i dirigenti della centrale trassero le debite conclusioni, che hanno finito per rendere ancora maggiori le percentuali di pericolo a Kozloduj: una valvola di arresto collegata in serie rimane costantemente chiusa. La valvola sensibile di sicurezza, attraverso la quale c'era stata la fuoriuscita del refrigerante, è così diventata completamente inutile. Già qualche anno fa, Kozloduj sarebbe potuto divenire il predecessore di Chernobyl.

Il rapporto laeo 155 rivela che statisti e geofisici sottovalutarono il pericolo di terremoti a cui poteva essere esposta la cittadina situata a cavallo dei confini bulgaro e romeno. Gli impianti n. 1 e n. 2 della centrale vennero «sottoposti a scosse telluriche comprese fra il 4° ed il 5° grado della scala Mcs». Il 4 marzo 1977 una scossa sismica di violenza compresa fra il 5° e il 6° grado della scala Mcs fece tremare la cittadina di confine, un numero considerevole di abitazioni e di fabbriche vennero danneggiate. I reattori rimasero ilesi, ma, a causa di un danno alla stazione di trasformazione, dovettero essere arrestati. Ai committenti della costruzione temarono le gambe dallo spavento. Come si può leggere nel rapporto laeo i progetti per gli impianti n. 3 e n. 4 della centrale vennero subito modificati, l'Istituto energetico moscovita e l'Istituto Progetti Energetici di Sofia ricevettero l'incarico di «rendere resistenti ad attività sismiche» entrambi gli impianti.

Risultato: i reattori vennero trasformati, parti importanti dell'impianto dovettero essere so-

stituite, tra l'altro anche le pompe di raffreddamento del circuito primario. I sistemi di protezione vennero acquistati dall'industria americana Kinemetics. Essi nell'eventualità di scosse devono arrestare automaticamente i reattori. Ma ogni disinserimento diminuisce la resa potenziale di un reattore, perciò chi gestisce una centrale tende ad evitare i periodi di arresto. Così l'impianto n. 3 della centrale di Kozloduj rimase in funzione, anche se con una resa del 75%, mentre a mezzanotte del 30 giugno 1982 i meccanismi erano in attesa dell'arrivo di una delle pompe di raffreddamento. Alcune valvole di isolamento vennero chiuse. Due ore più tardi i dispositivi di allarme comunicarono la fuoriuscita di refrigerante pesantemente radioattivo. Dato che la fuoriuscita sembrava provenire da tutt'altra parte nessuno sospettò una zona permeabile fra le valvole di isolamento.

Alcuni operai raggiunsero a carponi la zona ormai contaminata intorno al permutatore termico e venne avviato l'arresto rapido del reattore. Ma «a causa delle alte temperature e della forte contaminazione delle zone a rischio del permutatore la falla nel circuito primario non poté essere individuata» (rapporto laeo). La fuga di materiale radioattivo continuò per 13 ore - i bulgari non hanno mai comunicato l'entità della perdita, anche il rapporto non contiene cifre al riguardo.

### Tubi riparati con nastro adesivo

A Kanupp nel gennaio 1985 durante il travaso di rifiuti radioattivi un tubo di gomma incominciò a perdere con conseguente fuoriuscita di acqua pesante, contenente fra l'altro trizio radioattivo. Il lavoro dovette essere sospeso. Due giorni dopo il tubo venne riparato con del nastro adesivo. Eppure acqua pesante continuava a gocciolare.

Il proseguimento del travaso - secondo il rapporto laeo - venne rimandato al turno di lavoro seguente. Questa volta gli operai avvisarono intorno al tubo «un rotolo intero di nastro adesivo, ma il tubo continuava a perdere». Da un'ispezione emerse che, a causa di

oggi tenuti segreti dall'Organizzazione Internazionale per l'Energia Atomica. È il racconto di incidenti, spesso provocati da incompetenza, avvenuti nelle varie centrali sparse in tutto il mondo. Di questo drammatico dossier proponiamo un'ampia sintesi. La traduzione è di Giuliana Caturegli.

una lacerazione, il tubo idoneo era stato sostituito qualche tempo prima con un altro di qualità inferiore. Nella vicina India una guarnizione vecchia di sei anni cedette. L'edificio del reattore a Tarapur venne invaso da acqua radioattiva contaminata, centinaia di metri cubi ne caddero anche su un canale di acqua piovana che si trovava nelle vicinanze. Grandi appezzamenti di terra dovettero essere sterati...

### Siamo in avaria Come è successo?

«Si avverte ugualmente quanto sia insicura nelle centrali nucleari la vita di tutti i giorni seppur lontana dagli incidenti spettacolari. Dopo una serie di test di controllo i francesi comunicarono che in sette dei loro reattori era guasto il sistema di arresto rapido, «il sistema di sicurezza più importante in assoluto», come lo definisce il fisico Hirsch. Esso è indispensabile in qualunque situazione di emergenza poiché con il suo aiuto la fissione del nucleo nel reattore viene velocemente interrotta: la temperatura si abbassa del 93%.

Sistemi di sicurezza molto più complicati quali quello di raffreddamento o di approvvigionamento idrico di emergenza ottengono risultati soltanto con il calore residuale... un guasto al sistema di arresto rapido in caso di emergenza, e nei libri di storia non ci sarebbe più spazio per Chernobyl!

«Un brivido mi corre lungo la schiena» - aggiunge Hirsch - «se penso che in tre dei sette test francesi non si è potuta stabilire quale fosse la causa dell'avaria», nel 1983 a Gravelines e Tricastin, nel 1985 a St. Laurent. Anche nella centrale nucleare di Fessenheim, al confine franco-tedesco, nel 1980 vi fu un guasto al sistema rapido di arresto causato da un inadeguato allacciamento di un relé alla bobina.

Dopo questi episodi le autorità francesi competenti hanno adottato cinque «misure preventive». Ne trascriviamo una. «Ai responsabili di una centrale si richiede di comunicare alle autorità competenti qualunque comportamento anomalo nel meccanismo di arresto». Nell'ottobre del 1985 alcuni ingegneri

approfittarono del cambio di combustibile per una ispezione accurata del reattore nucleare Chooz A al confine franco-belga, allora vecchio di 17 anni. Con cinescopi telecomandati esaminarono le barre di controllo nel reattore, che quando viene avviato il sistema di arresto rapido sono spinte tra le barre di combustibile ma che normalmente regolano il rendimento del reattore.

Sul monitor tv erano chiaramente visibili su tutte le barre di controllo «fessure», «usure per attrito» e «linee di saldatura spezzate». «Non si può escludere - mise in guardia l'esperto atomico Hirsch - che le sbarre s'incastino per questo». In Francia la reazione dei responsabili fu di estrema calma. Nel rapporto laeo rese solo noto «che nel giro di due anni avevano intenzione di rimpiazzare tutte le sbarre»...

### Con il nucleare vietato distrarsi

«Il problema di coscienza di errori commessi da tecnici nell'uso degli impianti è più che mai diffuso in Nord America: la causa principale di nove incidenti su undici è l'uomo, con errori da far drizzare i capelli».

A Catawba (South Carolina) il 15 agosto 1985 un ingegnere lascia il proprio posto di controllo per aiutare un collega in un lavoro di routine in un altro impianto del reattore. Prima di andare via si dimentica di interrompere le operazioni di riempimento di un serbatoio nel circuito primario - si sfiora un pericoloso eccesso di pressione.

Quattro giorni dopo un tecnico addetto alla vigilanza tenta per ore di riparare la spia di controllo dell'alimentazione elettrica di emergenza. Solamente al tecnico del turno successivo viene in mente che sia l'alimentazione elettrica d'emergenza ad essere difettosa.

Il 23 luglio del 1985 nella centrale di Fermi (Michigan) un tecnico chiude una valvola, invece di aprirla, «perché non mi erano risultate particolarmente chiare le istruzioni» (rapporto laeo). Sei giorni dopo si inceppa uno dei due sistemi di raffreddamento di emergenza, soltanto in seguito ci si rende conto dell'errore.

Un errore da incompetente il 30 giugno 1985 provoca un incendio nel sistema di raffreddamento di emergenza della centrale di Brunswick (North Carolina); al posto di un relé a corrente continua ne era stato installato uno a corrente alternata.

A Cooper (Nebraska) il 24 agosto 1985 la sostituzione di due cavi ha come risultato un dispositivo di controllo delle valvole assurdo. Tre giorni prima durante un test di manutenzione nessuno si era accorto di nulla.

Il personale della centrale di Beaver Valley (Pennsylvania) rimane sotto shock quando alla fine dell'agosto 1985 viene riparato il sistema ad aria compressa: solo allora si scopre che le pompe di raffreddamento del sistema di emergenza non funzionano già da tempo...