

Il documento è protetto da copyright. E' vietato qualsiasi ulteriore atto di utilizzazione (re-immissione in rete, diffusione, riproduzione in copia) senza la dovuta autorizzazione o citazione della fonte di provenienza. "www.duenote.it" di Pippo Panasci

## I terremoti

Gli sforzi che si compiono per prevedere i terremoti rivelano i punti di forza, e al tempo stesso i limiti, della tettonica a zolle.

Noi oggi sappiamo perché grandi terremoti scuotano di tanto in tanto le aree di Los Angeles e di San Francisco. Due grandi zolle stanno scorrendo inesorabilmente l'una a contatto con l'altra, e nel corso di questo processo la California viene lacerata. Ma il fatto di conoscere la causa non ci consente necessariamente di fare previsioni di tempo. Data la velocità attuale di movimento - alcuni centimetri all'anno si dovrebbe avere un grande terremoto ogni cinquanta-cento anni.

Ma è quasi impossibile prevedere eventi specifici.

A volte le scosse principali sono precedute da « sciame » di scosse minori, ma non è pratico evacuare Los Angeles o San Francisco ogni volta che si registra qualche piccolo terremoto.

Sappiamo che nel corso del tempo, quando le due zolle il cui confine coincide con la faglia di San Andreas si muovono in direzioni opposte, si ha un accumulo di tensione fino a grande profondità nel sottosuolo.

Questo processo assomiglia all'azione di caricare una molla: alla fine la roccia cede e l'energia viene liberata. Noi possiamo misurare la quantità di tensione accumulata in rocce in prossimità della superficie, e congetturare in tal modo dove si verificheranno con maggiore probabilità grandi terremoti.

Al momento, però, tutto quello che possiamo dire con certezza è che, prima o poi, ci sarà un altro « grande » terremoto.

Il terremoto del 1989 a San Francisco è considerato da alcuni geologi come poco più di una prova per la grande liberazione di energia che ci si attende avvenga in un periodo imprecisato del XXI secolo: un'impressione che si riflette nel nome che gli è stato attribuito: « il quasi big one ».

Per il momento la nostra scienza non può fare di più. I mezzi di comunicazione di massa descrivono spesso la forza di un terremoto usando la scala Richter, la quale fu introdotta negli anni trenta di questo secolo dal sismologo californiano Charles R. Richter. Egli assegnò il valore 0 alla vibrazione minima ancora percepibile con le sue apparecchiature.

Ogni incremento di 1 nella scala significa un'energia sismica dieci volte maggiore, cosicché un terremoto di magnitudine 4 (un evento già degno di nota) ha un'energia 10.000 volte maggiore di quello di magnitudine 0.

La scala Richter non ha un valore massimo, ma è possibile ogni numero.

I sensibili sismometri attuali registrano vibrazioni molto più deboli di quelle di magnitudine 0 (a queste vibrazioni vengono attribuiti numeri negativi).

Il terremoto di Loma Prieta fece registrare un valore di circa 7 sulla scala Richter, mentre i terremoti più catastrofici che siano mai stati misurati erano vicini alla magnitudine 9

### **Perché non ci sono catene di montagne su Marte?**

La Terra occupa un posto a sé fra i pianeti rocciosi del sistema solare. Mercurio, Venere, Marte e la nostra Luna sono mondi immutabili. Perché il nostro globo dovrebbe essere diverso? Perché anche i nostri vicini non posseggono continenti mobili su zolle litosferiche?

Il fattore critico è rappresentato dalle dimensioni. Gli altri pianeti, essendo più piccoli, possono liberare per conduzione nello spazio il calore generato alloro interno dalla radioattività man mano che si produce. Possiamo sperimentare un effetto simile ogni volta che mangiamo un cibo

caldo: una pentola di minestra può restare calda per ore, mentre un piatto di minestra si raffredda in pochi minuti, e una cucchiata perde il suo calore in pochi secondi.

Marte, Mercurio e la Luna sono solo cucchiata di materiale simile a quello terrestre, e si sono quindi raffreddate da molto tempo trasformandosi in corpi inerti. Il nuovo calore che si genera nel loro interno arriva rapidamente in superficie e viene irraggiato nello spazio. Questi corpi celesti non hanno zolle che possano urtarsi, né grandi zone sismiche di faglia o catene di montagne. Venere, che è solo di poco più piccola della Terra, potrebbe avere avuto un tempo una sua versione più pigra di tettonica a zolle, e potrebbe avere un vulcanismo attivo ancor oggi. Ma anche Venere si è rivelata troppo piccola, e a quanto pare nel suo interno non c'è più trasporto di calore per convezione.

La Terra, essendo leggermente più grande e in grado di intrappolare il calore che si genera al suo interno, continua a ribollire. In capo a un tempo abbastanza lungo anch'essa si raffredderà e smetterà di presentare mutamenti, ma ciò accadrà solo fra qualche miliardo di anni.

### **Che cosa c'è dentro la terra?**

La miniera più profonda scende nelle viscere della Terra per tre soli chilometri; il più profondo foro di sonda è penetrato nel suolo per meno di 16 km.

Di solito gli scienziati sono cauti nel fissare limiti alle imprese che gli uomini potranno un giorno compiere, ma attualmente non possiamo concepire (neppure nelle nostre fantasie più sfrenate) un viaggio al centro della Terra.

Dati questi limiti fisici, come possiamo sapere che cosa c'è nell'interno della Terra? Un gruppo di scienziati - i sismologi - usano, per svelare i segreti della Terra, onde sonore.

La sismologia è una variazione del sonar su scala globale. Il sonar misura il tempo impiegato da un'onda acustica (il classico «ping» dei film sui sommergibili) per pervenire a un oggetto (il fondo del mare o un altro sommergibile), riflettersi sulla sua superficie e tornare all'apparecchiatura che l'ha emessa. La sismologia è quasi la stessa cosa.

Invece che di un « ping », i sismologi si servono di dinamite o dei terremoti per poter disporre di un'onda sonora di energia sufficiente a propagarsi attraverso la Terra. Una vibrazione più debole si perderebbe nel rumore delle frane, delle macchine da costruzione e del traffico sulle grandi autostrade. Il tempo che un'onda acustica impiega a propagarsi attraverso il pianeta dipende dai tipi di rocce che attraversa. Misurando molte onde che percorrono varie vie diverse a partire dal luogo di un terremoto o di un'esplosione, i sismologi hanno costruito gradualmente un'immagine dell'interno profondo della Terra.

Il risultato delle esplorazioni sismiche è una comprensione dell'interno della Terra nella forma di una serie di strati concentrici.

Lo strato più interno, il nucleo, è una sfera di circa 4000 km di raggio, composta primariamente da metalli pesanti come il nichel e il ferro.

La parte più interna del nucleo è solida, mentre lo strato più esterno è un mare di metallo liquido. Le temperature nel nucleo possono raggiungere 7000 C: abbastanza per far volatilizzare qualsiasi materiale noto alla superficie della Terra.

Attorno al nucleo c'è il mantello, che si spinge sino a pochi chilometri dalla superficie. Sono le rocce del mantello, composte da materiali più leggeri, a muoversi lentamente in risposta al calore presente nell'interno della Terra e il cui moto, in ultima analisi, dà origine alle attività tettoniche della superficie.

Infine, la superficie esterna della Terra, o crosta, comprende le montagne e le valli, gli oceani e le pianure, che compongono il nostro ambiente familiare. La crosta contiene i materiali più leggeri della Terra: quelli che galleggiavano all'esterno quando il nostro pianeta era allo stato fuso.

La maggior parte dei sismologi lavorano per società petrolifere o per aziende minerarie e studiano formazioni geologiche su piccola scala, la cui estensione supera di rado un chilometro e mezzo circa.

Essi indossano tute robuste, calzano scarponi e si spostano da un sito all'altro con attrezzature per perforare e un autocarro carico di rivelatori chiamati sismometri

Il gruppo di ricercatori scava un buco, lo riempie di esplosivi, fa saltare la carica e registra gli echi sismici, nella speranza di trovare strutture di roccia che possano indicare la presenza di depositi vicini di minerali importanti o di petrolio.

Spesso i sismologi dei governi e delle accademie studiano la Terra su una scala molto maggiore.

Essi hanno fondato centinaia di stazioni di ascolto permanenti in tutto il mondo. Queste stazioni svolgono un ruolo vitale controllando la localizzazione e la forza dei terremoti. Confrontando il tempo d'arrivo, la durata e l'energia delle onde sismiche in diverse stazioni, gli scienziati possono dedurre l'esatta localizzazione ed energia di qualsiasi sisma.

I pianificatori delle città dipendono da queste informazioni, che consentono di predire quali saranno le zone colpite da futuri terremoti e quindi di guidare lo sviluppo.

Si può avere l'impressione che i sismologi trascorrono la maggior parte della loro vita nell'attesa che accada qualcosa di spaventoso, ma questi scienziati della Terra svolgono anche un ruolo chiave nella conservazione della pace, fornendo la base tecnica per verificare il rispetto dei trattati sul bando alle armi nucleari. Un'esplosione sotterranea, esercitando una compressione sulle rocce in tutte le direzioni, ha una « firma » sismica diversa rispetto ai sismi naturali, durante i quali le rocce scorrono l'una rispetto all'altra.

Nessun test nucleare su grande scala può sfuggire alla rete mondiale di sismometri. Attraverso l'analisi al computer di tali segnali, gli scienziati possono determinare l'ubicazione e la grandezza di qualsiasi esplosione sotterranea, persino alla distanza di migliaia di chilometri

### **Alla ricerca di tesori nascosti**

La tettonica a zolle incide direttamente sul prezzo che paghiamo al distributore di benzina, poiché la conoscenza della posizione di antiche zolle litosferiche e di antichi continenti può condurre alla scoperta di importanti risorse naturali. Una fra le sfide principali che si pongono oggi ai geologi delle società petrolifere e minerarie è quella di svelare la storia tettonica della Terra. Geologi e geofisici possono scoprire le localizzazioni di antiche zolle e continenti, oceani e catene di montagne, integrando molti tipi di studi: distribuzioni di fossili, magnetismo delle rocce, rilievi topografici e sismologia.

I giacimenti di petrolio si formarono miliardi di anni fa da grandi accumulazioni di materiali organici in zone tropicali o temperate. All'inizio di questo secolo, prima che venisse concepita l'idea del movimento dei continenti, nessuno avrebbe previsto la scoperta di importanti giacimenti di petrolio nelle regioni artiche dell'Alaska, ma con la nuova visione delle zolle litosferiche e dei continenti mobili è ovvio che paesi un tempo tropicali possano essersi trasferiti addirittura in climi polari. La ricerca di combustibili fossili si è espansa di conseguenza.

La tettonica a zolle ha anche modificato il modo in cui noi cerchiamo giacimenti di metalli. Molti depositi di metalli si trovano in prossimità di antichi limiti di zolla, dove acque minerali vulcaniche caldissime concentrarono minerali, cosicché i prospettori moderni studiano la storia delle zolle mobili della Terra.

Ricche miniere d'oro in Cina, di rame in Cile, di nichel in Australia e di molibdeno (usato per produrre acciai duri) nel West americano sono state portate in luce grazie alla nuova scienza della « metallo genesi ».

### **L'interno profondo della Terra**

Altri scienziati (fra cui il coautore di questo libro Robert Hazen) dedicano la loro vita di ricercatori a capire di più sull'interno profondo della Terra. Il mantello forma la maggior parte della Terra solida, ma noi non ne conosciamo esattamente la composizione o il profilo tecnico. Sappiamo che il mantello trasmette calore per convezione, causando i movimenti di zolle e continenti, ma non conosciamo i particolari esatti di questo processo.

Oggi gli scienziati della Terra affrontano questi problemi in due modi. Un gruppo, quello dei fisici mineralogisti, studia le proprietà delle rocce e dei minerali sottoponendoli alle pressioni e temperature elevatissime esistenti nel mantello. Apprendendo in laboratorio come i minerali rispondano a condizioni estreme, essi possono identificare quale combinazione di minerali possa avvicinarsi di più alla composizione dell'interno profondo della Terra. La fisica dei minerali integra il lavoro del secondo gruppo, quello dei sismologi, che stanno concentrandosi sempre più sul compito di determinare la struttura tridimensionale della Terra. Un tempo i sismologi dovevano analizzare « a mano » i segnali provenienti da un terremoto per volta. Oggi i supercomputer confrontano i dati concernenti migliaia di terremoti raccolti in centinaia di stazioni sismiche in tutto il mondo. Ogni nuovo dato, ponendo nuovi vincoli, contribuisce a precisare sempre più i modelli della Terra. Noi speriamo di poter ottenere alla fine un quadro tridimensionale dettagliato della Terra e del suo meccanismo di convezione, un quadro che ci dica, come mai abbiamo saputo in passato, da dove il nostro pianeta viene e dove sta andando.

### **Poli magnetici instabili**

Il campo magnetico della Terra deve la sua origine alla rotazione della parte più esterna, liquida, del nucleo, ma oltre a questo sappiamo ben poco sul perché il nostro pianeta si comporti come una gigantesca calamita. Poiché il nucleo è elettricamente neutro, la sua rotazione non produce una corrente elettrica e non può, di per sé, produrre un campo magnetico. Ci sono, però, modi un po' più complessi in cui un conduttore centrale rotante può creare un campo, cosicché questa non è la vera incertezza che gli scienziati si trovano a dover affrontare.

Il problema vero consiste nel fatto che i poli magnetici nord e sud della Terra non sono stati sempre dove si trovano adesso. I poli magnetici si spostano, rimanendo di solito in prossimità dei poli geografici, ma mutando posizione di qualche chilometro ogni anno. Inoltre, in varie epoche in passato, il campo magnetico terrestre ha presentato un'inversione di polarità, un processo che potrebbe impiegare alcune centinaia o migliaia di anni, nel corso dei quali il polo magnetico « nord » si sposta nell'Antartide. Noi possiamo osservare più di 300 di queste inversioni nella documentazione geologica, e non abbiamo in verità idee molto attendibili sulle cause di questo fenomeno. I geologi si trovano di fronte al compito non invidiabile di produrre una teoria la quale preveda un campo magnetico costante che, in tempi apparentemente casuali, inverta la propria polarità

### **La formazione della Luna**

L'unico satellite della Terra, il corpo roccioso inerte della Luna, presenta un forte contrasto col nostro dinamico pianeta. Anche se non conosciamo tutti i particolari della formazione della Terra, sappiamo abbastanza per costruire uno scenario ragionevole della sua nascita. Quando il materiale disperso attorno al Sole cominciò a concentrarsi per effetto dell'attrazione gravitazionale, la prima cosa che si formò in prossimità dell'attuale orbita della Terra furono dei planetesimali: corpi di dimensioni comprese fra qualche decimetro e qualche chilometro. Al passare del tempo, i planetesimali cominciarono a unirsi per azione della loro reciproca attrazione gravitazionale e cominciò a formarsi la proto-Terra. Quanto più il proto pianeta cresceva, tanto maggiore era la quantità di materiale che attraeva. Muovendosi nella sua orbita, esso raccoglieva materiali sparsi lungo di essa, nello stesso modo in cui il parabrezza di una macchina raccoglie insetti in una sera d'estate.

Dal punto di osservazione della Terra in crescita, questo processo - che peraltro non ebbe spettatori - dovette essere molto spettacolare. Grandi meteoriti cadevano dal cielo, scavando crateri e riscaldando la superficie.

Quegli antichi crateri sono stati cancellati da molto tempo dall'erosione, ma una testimonianza di quel periodo, che gli astronomi chiamano del Grande Bombardamento, ci è stata conservata dalla superficie della Luna (e dei satelliti di altri pianeti).

Infine, il calore accumulato in conseguenza di queste collisioni fece salire la temperatura della Terra al punto che le rocce si fusero e i materiali pesanti come il ferro ebbero la possibilità di scendere al suo centro.

Questo processo, detto differenziamento, fu all'origine della struttura nucleo-mantello che si può osservare oggi nel nostro pianeta.

L'origine della Luna pone un problema persistente nella teoria della formazione della Terra.

La Luna ha press'a poco la stessa composizione chimica e densità del mantello della Terra, e in passato era diffusa l'idea che essa si fosse staccata dalla Terra dopo il differenziamento (nel pensiero anteriore alla tettonica a zolle si pensava che il bacino del Pacifico fosse la cicatrice lasciata dal distacco della Luna). In alternativa, alcuni scienziati sostennero che la Luna deve essersi formata altrove e deve essere stata catturata, già completamente formata, dalla gravità terrestre.

Per varie ragioni, entrambe le teorie erano insoddisfacenti.

Oggi la teoria preferita è quella del big splash (grande schizzo).

Si pensa che, dopo l'inizio del differenziamento, un'ultima gigantesca meteorite, di dimensioni paragonabili a quelle della Luna, sia entrata in collisione con la Terra, facendo schizzare in orbita attorno al nostro pianeta una quantità di materiale del mantello. La Luna si sarebbe formata allora da questo materiale sparso attraverso un processo simile a quello della formazione originaria della Terra.