

## LA LINEA SAORGE-TAGGIA: ESEMPIO DI CORRELAZIONE TRA ELEMENTI NEOTETTONICI E SISMICITA'

D. Spallarossa<sup>(1,2)</sup> - E. Eva<sup>(1)</sup> - S. Solarino<sup>(1)</sup> - C. Eva<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Dip.to di Scienze della Terra, Università di Genova, Genova

<sup>(2)</sup>Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti, CNR, Roma

**ABSTRACT** - *The Saorge-Taggia tectonic line: a case of correlation between neotectonic structural elements and seismic activity* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 10(2), 1997, 343-348 - The low energy earthquakes occurring in the north-western Italy hinder good correlation between seismic events and shallow tectonic structures. Satisfactory results may be reached only through the continuous and thorough seismic monitoring and detailed geological information. A structural complex where these conditions can be satisfied is the portion of the Southern Alps from the Gulf of Nice to the so-called "Flysch Zone". This area is characterized by many fault systems, the most important of which are the Breil Sospel Monaco (BSM) line, dating to the Lower-Middle Miocene, and the Saorge Taggia (ST) fault line, dating to the Pliocene. The structural setting of the area originated during the Plio-Quaternary, when a transcurrent regime having ca. N-S oriented  $\sigma_1$  was affecting the entire alpine southern arc and a set of transcurrent fault systems was established as a consequence of the northward shifting of the Sardinia-Corse block under the pushing action of the African plate. From the analysis of historical and recent earthquakes, a good correlation between shallow structures and earthquake hypocenters was obtained for a seismic cross section along the main fault systems (BSM and ST), by calculating the focal mechanisms of the stronger earthquakes occurred in the last two decades and by plotting the time of occurrence versus distance. It was concluded that the Saorge-Taggia line is a striking example of almost perfect correlation between seismic activity and structural evidence. Along the entire Saorge-Taggia line, seismic activity is almost continuous with hypocenter positions along the fault deepening from the sea landwards up to the maximum depth of 18 km. Focal mechanisms show a right lateral slip with a NW-SE trending NE-dipping almost vertical fault plane. In particular, the northernmost focal solutions may be indicative of a transtensive regime. Instrumental seismic activity indicates a reactivation of all fault sectors in different times with predominant character of sequence or quakes swarm.

Parole chiave: Sismicità, linea Saorge-Taggia, Liguria Occidentale, Italia  
Key words: Seismicity, Saorge-Taggia, Western Liguria, Italy

### 1. INTRODUZIONE

L'arco alpino occidentale è caratterizzato da una sismicità diffusa che si distribuisce lungo tutta la sua estensione. Ad ovest dell'Argentera e lungo il litorale ligure l'attività sismica tende maggiormente a clusterizzarsi sviluppandosi talora sotto forma di sequenze sismiche o sciami (*swarms*) di moderata energia ( $M_{max} < 5$ ) (Eva *et al.*, 1990). La bassa energia dei terremoti che si verificano in questa regione non permette di norma una chiara correlazione del fenomeno sismico con le strutture superficiali. Tuttavia ciò è possibile se si opera un accurato monitoraggio dell'attività sismica e si ha una buona conoscenza della geologia di superficie. Un complesso strutturale dove tali condizioni sono pienamente soddisfatte è rappresentato dal settore delle Alpi meridionali che va dall'arco di Nizza fino alla zona dei flysch.

La dinamica attuale di questa zona, caratterizzata da numerosi sistemi di faglie, le cui principali sono la Breil-Sospel-Monaco (BSM), attiva dal Miocene medio-superiore (Campredon *et al.*, 1977), e la Saorge-Taggia (ST), attiva dal Pliocene (Campredon *et al.*, 1977), deve essere imputata al plio-quadernario. Durante quest'ultimo periodo un regime di tipo trascorrente con  $\sigma_1$  orientato mediamente in direzione N-S interessa tutto l'arco alpino meridionale, determinando un insieme di sistemi in trascorrenza che deve essere messo in relazione con il movimento verso nord del blocco sardo-corso (Campredon *et al.*, 1977; Ritz, 1991).

La Saorge-Taggia è un complesso fascio di faglie, con orientazione NO-SE a trascorrenza destra (Giammarino *et al.*, 1978) (Fig. 1). Questo sistema si estende dal Mar Ligure sino ad intersecare, verso nord, la faglia Breil-Sospel-Monaco considerata, come trascorrente sinistra (Hoang-Trong *et al.*, 1987), lo svincolo orientale dell'arco di Nizza.

Sulla base di una accurata conoscenza sia della sismicità strumentale recente (1982-1996) che della sismicità storica, in questo lavoro presentiamo i risultati di uno studio indirizzato alla descrizione dell'evoluzione spazio-temporale della sismicità in relazione alle strutture.

### 2. SISMICITA'

La sismicità storica dell'area oggetto di questo lavoro, estratta dal catalogo dei terremoti italiani compilato per il periodo 1000-1980 (Monachesi & Stucchi, 1997), tende a concentrarsi nella parte meridionale della linea Saorge Taggia in prossimità del Mar Ligure. I valori di intensità, in gradi MCS, sono mediamente inferiori al VII grado nella parte centrale della linea ST e superiori a tale valore nella parte più a sud. In particolare, il terremoto del 1831 e la sua replica principale, noti come terremoti di Bussana e di Taggia, rispettivamente di intensità pari a VI e VIII, sono stati localizzati nel settore SE della Saorge-Taggia. Le piccole dimensioni delle aree mesosismiche e le forti attenuazioni dell'intensità pre-

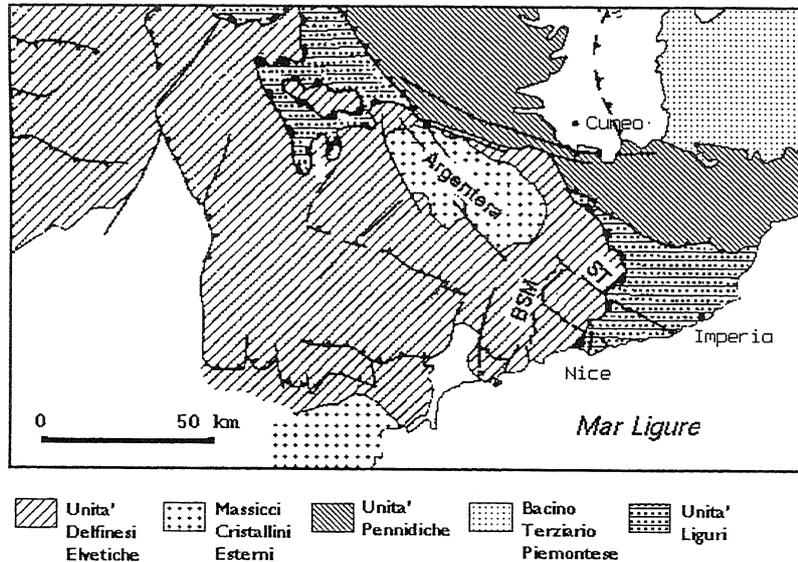


Fig. 1 - Carta geologico-strutturale dell'area oggetto di questo studio.

*Geological-structural map of the study area.*

### 3. ANALISI DELLE RELAZIONI TRA SISMICITA' E STRUTTURE

Per evidenziare la distribuzione degli eventi in profondità, sono state eseguite due sezioni (A-A' e B-B', Fig. 3) distanza-profondità tracciate lungo i due sistemi BSM e ST, come indicato in Figura 2. Anche in questo caso sono stati riportati esclusivamente gli eventi relativi al periodo 1982-1996 (ERH, ERZ < 5 km). La sezione A-A' evidenzia una quasi assoluta mancanza dell'attività in prossimità della costa ligure e tale "asismicità" sembra interessare anche il suo possibile pro-

sentate dai terremoti qui localizzati sono indice di una piccola profondità dei fuochi sismici.

Attualmente due reti sismiche regionali, una italiana, gestita dal Dipartimento di Scienze della Terra (Dister) dell'Università di Genova (Eva *et al.*, 1992), ed una francese, gestita dall'Università di Strasburgo (rete di Nizza), monitorano costantemente l'attività sismica dell'area in esame. Tutti i dati registrati nel periodo 1982-1996 dalle reti operanti nell'Italia Nord-Occidentale e nella Francia Sud-Orientale sono stati raccolti in un unico database e riannalizzati secondo criteri omogenei.

La revisione accurata di tutti i dati disponibili per l'area in esame rivela che alla normale attività sismica continua e diffusa, caratterizzata da eventi di bassa energia, si sovrappongono episodi sismici a carattere di sequenza (Fig. 2). La magnitudo degli eventi analizzati è risultata compresa tra 1.0 e 3.5 ed i massimi valori di energia corrispondono ai *main-shocks* di alcune brevi sequenze. I terremoti sono principalmente localizzati lungo i due lineamenti BSM e ST e si nota una forte concentrazione a N-E della BSM e nel punto di intersezione tra le due faglie. In Figura 2 sono riportati gli eventi localizzati con errore orizzontale e verticale minore di 5 km; appare evidente la buona correlazione tra la microsismicità e l'andamento della linea ST.

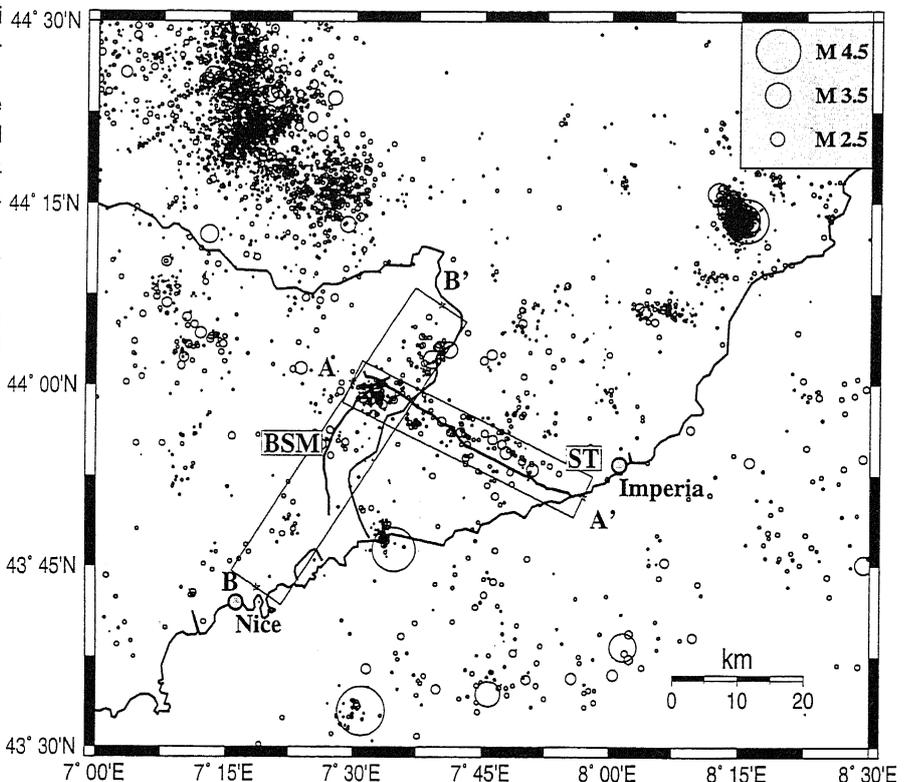


Fig. 2 - Mappa della sismicità per il periodo 1982-1996 con posizione dei due principali sistemi di faglia (BSM e ST) e posizione in pianta delle sezioni riportate nelle Figure 3 e 5 (A-A' e B-B').

*Seismicity map for the period 1982-1996. BSM and ST are the main faulting systems of the area, A-A' and B-B' are the traces of the sections presented in Figures 3 and 5.*

guimento in mare. Nella parte centro meridionale della ST la sismicità interessa prevalentemente gli strati più superficiali ( $h < 10$  km). La profondità massima degli eventi, circa 18 km, invece viene ad ubicarsi nella sua parte più settentrionale in prossimità dell'incrocio con la

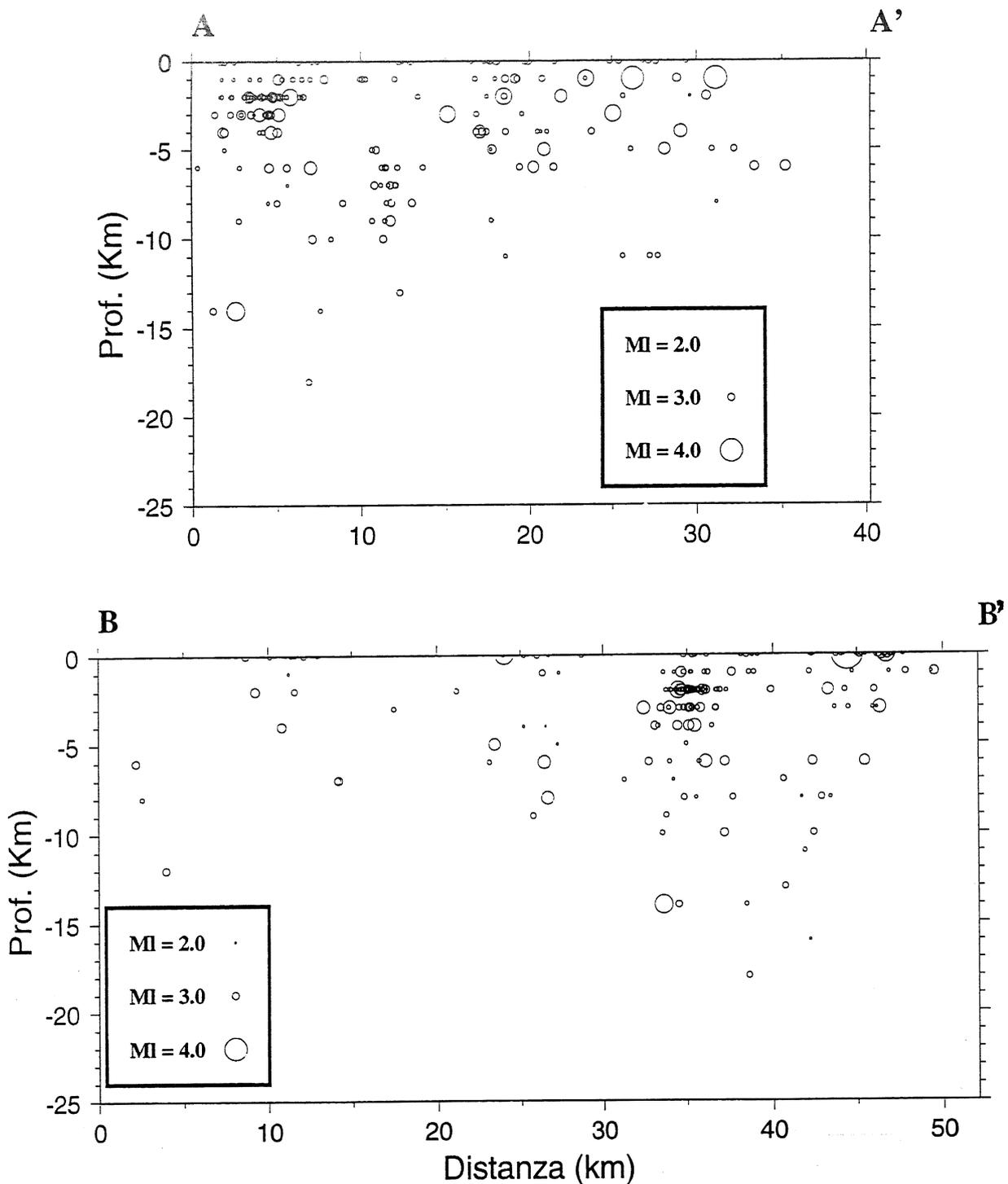


Fig. 3 - Sezioni profondità-distanza relative alle tracce A-A' ed B-B' riportate in Figura 2.  
*Seismic cross sections (depth-distance) for A-A' and B-B' (as in Fig.2).*

BSM. Nella parte più settentrionale della sezione B-B' la sismicità interessa la quasi totalità della crosta.

L'analisi dei meccanismi focali (N. 1-2-3-5-6 di Fig. 4) mette in evidenza che essi sono in accordo con le caratteristiche della Saorge-Taggia. Infatti, nonostante le soluzioni focali mostrino un passaggio da una più marca-

ta trascorrenza nella parte meridionale a faglie normali più a nord, in tutti i casi uno dei due piani nodali mantiene la direzione (NO-SE) che è quella stessa della Saorge-Taggia e mostra una immersione NE piuttosto verticalizzata. Oltre all'omogeneità delle direzioni dei piani, anche l'orientazione degli assi P e T risulta stabile.

Lungo la ST gli assi P, piuttosto verticalizzati, sono orientati circa NS mentre gli assi T, più orizzontali, indicano una deformazione tensile orientata EO. Tale comportamento appare più marcato nel settore settentrionale della linea. Il meccanismo N. 4 (terremoto di Ventimiglia del 21 Aprile 1995,  $M_l=4.7$ ), posto più a SO, presenta un meccanismo di faglia inversa con asse compressivo ancora orientato NS. Tale evento è però da ricollegarsi al sistema di faglie più meridionale ad andamento sub-parallelo a quello della ST.

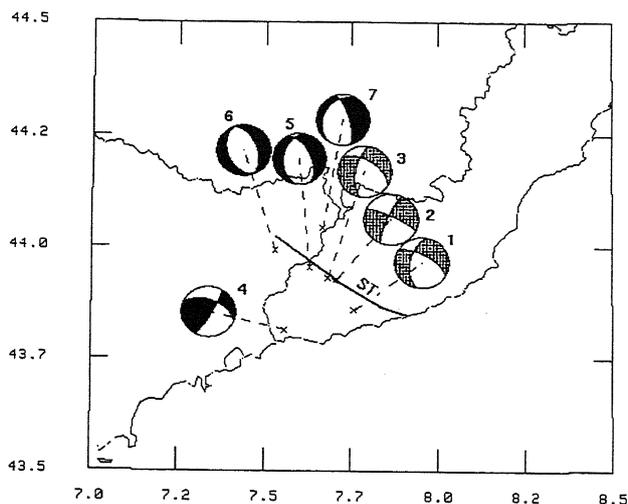


Fig. 4 - Principali meccanismi focali nell'area della Saorge Taggia per il periodo 1990-1996 ( $M > 2.7$ ). Le soluzioni in nero sono quelle calcolate presso il Dister, quelle in grigio sono tratte da bibliografia (Bethoux *et al.*, 1988; Deverchere *et al.*, 1991).

*Focal mechanisms in the Saorge-Taggia area for the period 1990-1996 ( $M > 2.7$ ). The solutions shown in black were computed at Dister, those in gray are from literature (Bethoux *et al.*, 1988; Deverchere *et al.*, 1991). Both were obtained from a first-motion method computation.*

Successivamente, per evidenziare la distribuzione temporale dell'attività sismica lungo il sistema ST, è stata disegnata (Fig. 5), lungo la traccia A-A', la sezione distanza-tempo (ERH,  $ERZ < 5$  km). Sono ben evidenti due raggruppamenti di eventi (*cluster*), indicati in Figura 5 con S1 e S3, il primo relativo a terremoti verificatisi nel 1983 ed il secondo nel 1996. Il primo cluster è stato localizzato all'intersezione tra i due sistemi. È interessante notare che per il periodo immediatamente succes-

sivo e per una durata di circa 3 anni (vedi freccia di Fig. 5) non si è verificata attività sismica in tale settore. La sequenza del 1996 (S3) è stata localizzata poco più a sud, in prossimità del confine italo-francese, andando ad inserirsi nell'unico settore (Fig. 5, distanza da A compresa tra 7 e 15 km) solo marginalmente interessato da attività sismica fino a quel momento. In posizione temporale intermedia si pone la sequenza verificatasi nel 1987 (S2) che invece ha interessato tutta la parte più meridionale (area riquadrata in Fig. 5). L'analisi della distribuzione dei 25 terremoti appartenenti a questa sequenza sembrerebbe indicare una migrazione nel tempo degli epicentri in direzione SE.

#### 4. CONCLUSIONI

Le conclusioni a cui conducono le analisi fino a qui presentate possono essere riassunte nei seguenti punti:

- la Saorge Taggia rappresenta un esempio unico di quasi perfetta sovrapposizione tra l'attività sismica recente e le evidenze strutturali di tale lineamento;
- se analizzata nella sua estensione totale, la attività della Saorge Taggia risulta pressochè continua nel tempo;
- i fuochi mostrano un approfondimento da mare verso terra lungo la faglia fino a profondità massime di 18 km in prossimità dell'intersezione della BSM;
- i meccanismi focali, in generale, confermano la trascorrenza destra con orientazione NO-SE del piano di faglia e definiscono una immersione NE con inclinazione quasi verticale; nel settore settentrionale la direzione ed immersione degli assi P e T sembrano indicare una maggiore componente di tipo trasversivo;
- l'analisi della sismicità strumentale suggerisce attivazioni in tempi diversi di tutti i settori della faglia ST prevalentemente a carattere di sequenza o swarm.

#### BIBLIOGRAFIA

Bethoux N., Cattaneo M., Delpech P. Y., Eva C. & Rehaut J. P., 1988 - *Mécanismes au foyers des*

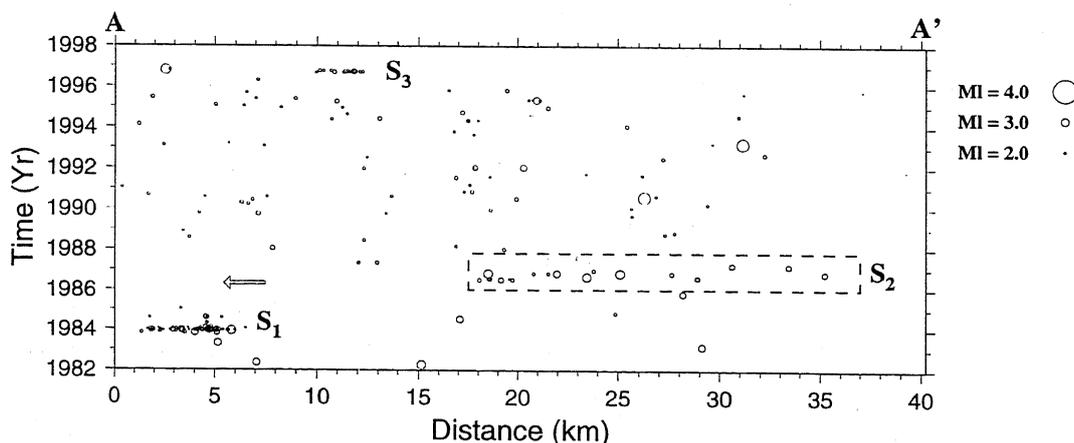


Fig. 5 - Sezione tempo-distanza relativa alle traccia A-A' riportata in Fig. 2.  
*Seismic cross section (time-distance) along A-A' (as in Fig. 2).*

- séismes en mer ligure et dans le Sud des Alpes occidentales: résultats et interprétation*. C. R. Acad. Sci. Paris, **307**, 71-78.
- Campredon R., Franco M., Giannerini G., Gigot P., Irr F., Lanteaume M., Spini H. & Tapoul J.F., 1977 - *Les déformations de conglomérats pliocènes de l'arc de Nice (chaînes subalpines méridionales)*. C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., **2**, 75-77.
- Deverchere J., Bethoux N., Hello Y., Louat R. & Eva C., 1991 - *Déploiement d'un réseau de sismographes sous-marins et terrestres en domaine Ligure (Méditerranée): campagne SISBALIG I*. C. R. Acad. Sci. Paris, **313**, Série II, 1023-1030.
- Eva C., Augliera P., Cattaneo M. & Giglia G., 1990 - *Some considerations on seismotectonics of north-western Italy*. In: *The European Geotraverse: Integrative Studies* (R. Freeman, P. Giese & St. Mueller, Eds.), 289-296.
- Eva C., Augliera P., Cattaneo M., Pastore S. & Tomaselli A., 1992 - *Revisione di dati sismometrici in Italia Nord-Occidentale nel periodo 1971-1989*. Atti Convegno GNDT 1990, Pisa, **1**, 25-34.
- Giammarino S., Giuffrè A., Cortelesi D. & Scappini G., 1978 - *Dati preliminari sulla neotettonica di parte del Foglio 102 (S. Remo)*. In: *Contributi Preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia*. CNR-P.F.G., Publ. n°155, 381-390.
- Hoang-Trong P., Haessler H., Holl J.M. & Legros Y., 1987 - *L'essai sismique (oct. 83-jan. 84) de la moyenne vallée de la Roya (Alpes Maritimes): activité récente d'un ancien système de failles conjuguées?*. C. R. Acad. Sci. Paris, **304**, Série II, 419-424.
- Monachesi G. & Stucchi M., 1997 - *Un database di osservazioni macrosismiche dei terremoti di area italiana al di sopra della soglia di danno*. Web Page: emidius.itim.mi.cnr.it.
- Reasenber P. & Oppenheimer D. H., 1985 - *FPFIT, Fortran computer program for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions*. Open File, U.S. Geol. Survey Rep., 85-739.
- Ritz J. F., 1991 - *Evolution du champ de contraintes dans les Alpes du sud depuis la fin de l'Oligocène. Implications sismotectoniques*. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, 128 pp.

Ms. ricevuto il: 30. 4. 1997  
 Inviato all'A. per la revisione il: 30. 6. 1997  
 Testo definitivo ricevuto il: 21. 7. 1997

Ms received: April. 4, 1997  
 Sent to the A. for a revision: June 30, 1997  
 Final text received: July 20, 1997