

## On the vertical structure of the Black Sea Currents

V. S. LATUN

Academy of Sciences, Sevastopol (U.S.S.R.)

The available measurements and diagnostic calculations generally provide a similar vertical structure of the horizontal current velocity (Latun, 1989a). Currents attain their maximum speed (about 90 cm/s) in the near-surface levels. Then, they tend to reduce typically by about 25% at the depth of 75m and drops by 50-60% towards 100m and then decrease gradually toward deeper levels. The flow is almost unidirectional within the zone of Main Black Sea Current (MBSC) down to the depths of 300-500m. In the deep anticyclonic eddies, where the vertical structure may extend down to the depth of about 1000m, the circular currents attain a difference of approximately 5 cm/s between the 500m and 1000m. On the other hand, such difference are virtually nonexistent outside the anticyclonic eddies.

The present work reports briefly findings of the hydrological and current measurements performed at five stations throughout the water column at eight levels between 10m and 1500m for about two weeks period (Latun, 1989b). The stations are situated in a cross-like grid with a distance of approximately 20 miles to the central one which is located about 80 miles southwest of the tip of the Crimean peninsula. All these five current stations are found within the zone of MBSC. An additional current measurements have been performed for a longer period at some distance from the former mooring locations and outside the MBSC stream. It was found that the flow has a cyclonic character in the MBSC. In the 500-1000m layer, the mean velocity was about 2.5 cm/s. In the deeper layers, a stronger flow in the opposite direction is measured with maximum hourly and daily-averaged values of 20 cm/s and 15 cm/s, respectively, at the depth of 1500m. The average value for whole measurement period of 12 days is found as 11 cm/s. The latter average value of deep currents was further found to be approximately geostrophic. Utilizing measured value of the mean meridional density gradient of  $4.1 \times 10^{-9} \text{ g cm}^{-3} / 20 \text{ miles}$  for the 500-1500 m layer, zonal component of the geostrophic flow is determined as  $11.72 \text{ cm/s}$  at the depth of 1500m.

The measurements demonstrated that the flow has considerable temporal variability throughout the water column. The periodogram, obtained by means of Buys-Ballot method, reflects presence of most dominant oscillations with periods of 17 and 4 hours, corresponding to the local inertial period and the first mode cross-sea seiche period, respectively. Inertial oscillations are observed at all depths and dominate the kinetic energy of the system at some levels when the geostrophic balance is disturbed. Inertial oscillations are found to be the most dominant wave in the MBSC stream oscillation. In one of the stations, the density of the surface flow kinetic energy is found to increase from 16 to 55  $\text{J/m}^3$  which in fact corresponds the maximum energy increase taking place during one inertial period. This feature is found to penetrate in the whole water column indicating its hydrostatic origin. After two inertial periods, the aperiodic component of the deep flow attains a new energy level as a result of the change in the geostrophic balance of the flow. At 300m depth level, the kinetic energy increases from 6 to 56  $\text{J/m}^3$  within two inertial periods, thereafter the contribution of inertial oscillations to the whole energy decreases from 91% to 17%. During the first inertial period, well-pronounced 4-hours seiche oscillations are also observed. The characteristic seiche flow velocity is estimated as 10 cm/s which contributes to 15% of the total kinetic energy. In the following inertial period, the seiche flow velocity is reduced by a factor of 4-5 and its contribution therefore becomes negligible. After the second inertial period, the oscillations are weakened considerably, the mean current is intensified with a change in its direction from cyclonic to anticyclonic. The anticyclonic character of the flow is preserved for at least two more inertial periods. On the other hand, at 1500m depth level, the anticyclonic character of the flow has been observed persistently throughout the 12 days measurement period. An increase of kinetic energy from 6 to 9  $\text{J/m}^3$  is observed even at this level.

A hypothesis on the deep countercurrent generation mechanism has also been made using the combined analyses of temporally and spatially varying density and velocity fields.

## REFERENCES

- Latun, V. S. (1989a). "Vertical structure of the Black Sea currents. Expeditional research of the Black Sea (Spring 1988)". Ac. of Sci. of the Ukr. SSR, MHI, Sevastopol, 1989, 158pp. Dep. VINITI, 15.05.89, N3240-V89, (in Russian).
- Latun V. S. (1989b). "On the motion of the Black Sea deep layers. Detailed oceanographical research of the Black Sea." Ac. of Sci. of the Ukr. SSR, MHI, Sevastopol, 1989, p.9-16, (in Russian)

## Courants et niveaux de marée en trois régions cruciales de la Mer Méditerranée

Ferruccio MOSETTI

Cattedra di Misure Oceanografiche, Università, Trieste (Italia)

Jusqu'à un passé récent en ce qui concerne les marées existaient seulement des enregistrements qui, bien que très longs, étaient limités aux niveaux. Les courants ont été mesurés seulement quelques fois, sporadiquement, ou, presque toujours, sur des intervalles trop courts pour être utilisables avec précision. Nous pouvons disposer maintenant de séries enregistrées de courant et suffisamment développées pour séparer, à l'aide de filtres convenables, la contribution de la marée aux autres causes du courant. Les courants de marée peuvent aussi être examinés à l'aide de modèles hydrodynamiques. Ce travail traite des mesures et de quelques modèles.

En Méditerranée, trois zones cruciales ont été prises en considération, tant pour les marées de niveau, que pour les courants. Les mesures de niveau connues (depuis longtemps), ont été intégrées, par de récentes mesures directes et continues du courant. Avec quelques applications des modèles, nos connaissances sur la dynamique des bassins sont améliorées.

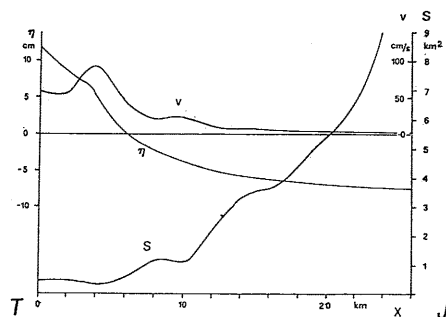
Les zones étudiées sont : l'Adriatique septentrionale, avec les golfes de Venise et Trieste, le détroit de Messine et le golfe du Gabès en Tunisie. L'étude est limitée à la composante lunaire principale M2, quelques comparaisons relatives aux autres composantes sont toutefois effectuées.

Les trois zones ont des caractéristiques très intéressantes pour les marées. Dans les golfes de Venise et Trieste, les niveaux de marée sont parmi les plus développés de la Méditerranée (amplitude 27 cm à Trieste pour la M2 et une excursion totale - en syzygie - de 1.1-1.2 mètres). Toutefois, les courants de marée sont relativement faibles : en mer ouverte, le courant total de marée atteint, seulement en quelques points, des valeurs de 10cm/s. Ils sont presque sans importance pour le renouvellement des eaux excepté dans les canaux lagunaires (Grado-Marano, Venise) où les vitesses totales arrivent à 1-1.5 m/s, avec à peu près 60-80 cm/s pour la seule composante M2. A l'intérieur du golfe de Trieste, le courant de M2 décrit des ellipses assez aplaties, axe principal orienté NE, amplitude 4-5 cm/s et déphasage d'environ 90°, relativement aux marées de niveau à Trieste. Les marées diurnes présentent à peu près la même allure et des amplitudes comparables. Dans les golfes de Trieste et Venise, les plus grands facteurs de mouvement sont les courants du vent. La situation mesurée est confirmée par un modèle hydrodynamique.

Dans le détroit de Messine on relève, en échelle mondiale, les courants les plus forts, avec de petits dénivellements, bien que sur grande pente. La composante M2 de niveau présente un déphasage presque parfait de 180° entre les extrêmes N et S, avec une amplitude de 12 cm en mer Tyrrhénienne méridionale et 6 cm à l'embouchure de la mer Ionienne. La vitesse moyenne du M2 dans la zone la moins profonde du détroit est de 80 cm/s avec des valeurs maximales de 155 cm/s (Antinœud de courant avec noeuds à l'extrême). Le noeud du niveau se situe dans la zone la moins profonde. La figure reporte les profils de vitesse (v) et de niveau - amplitude de M2 ( $\eta$ ) le long du canal entre l'embouchure Tyrrhénienne et l'embouchure Ionienne. La section S, reportée en correspondance, donne également la dimension du canal. Un courant total (complexe des marées avec contribution du vent) de bien 355 cm/s a été mesuré en 1980. Le courant diurne est aussi fort (30 cm/s); on découvre aussi les harmoniques inférieures : dans les spectres du courant, on relève des marées 1/10 diurnes.

Les ellipses semi-diurnes (avec différents sens de rotation -noeuds de vitesse-) sont aplaties sur la direction du canal s'amortissant en profondeur. La phase de l'axe principal du courant M2 est de 114° (phase  $\theta$ ) tandis que sur la côte Sicilienne (Ganzirri 316°) elle est à peu près en opposition. Hormis le classique noeud du courant M2, les courants diurnes ont également des noeuds dans le canal ainsi que les plus brèves composantes. Des modèles ont confirmé cette situation.

Le golfe du Gabès a, notamment, les plus fortes marées semi-diurnes de la Méditerranée (48 cm de M2, contre 3.8 pour la K1). Par contre, le courant est faible. Des mesures, sur la traverse de Malte, ont révélé de très faibles courants semi-diurnes (noeud du courant, tandis que le noeud du niveau est proche, à Pantelleria). Le total du courant calculé sur la ligne Cap Bon - Trapani est de 27 cm/s, surtout en densité.



## REFERENCES

- MOSETTI, F., 1988.- Some news on the currents in the Straits of Messina. *Boletino di Oceanologia Teorica e Applicata*, VI, 3.
- MOSETTI, F. et PURGA, N., 1989.- The semi-Diurnal Tides in the Sicily Strait. *Il Nuovo Cimento*, C, 12,3.
- VILLAIN, C., 1952.- *Bull. Inform. C.O.E.C.* 4,3 et 4,8.