

# Sur la théorie des courants dans les détroits des mers du Sud\*

par

D.M. TOLMASIN

*Institut de biologie marine, Académie des sciences de l'U.R.S.S., Odessa (U.R.S.S.)*

Dans la présente étude, nous nous proposons de déterminer la distribution des courants permanents de densité dans les détroits, la différence des densités et des niveaux aux extrémités étant connue. Le modèle hydrodynamique du processus est basé sur les équations du mouvement pour l'espace à 2 dimensions et sur l'équation non-linéaire de la diffusion turbulente.

$$\mu \frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{dp}{dx} \quad (1)$$

$$\frac{dp}{dz} = g\rho \quad (2)$$

$$u \frac{d\rho}{dx} = k \frac{d^2 \rho}{dz^2} \quad (3)$$

où  $u$  est la projection de la vitesse le long de l'axe  $x$  (le long de détroit),  $\rho$  la densité d'eau,  $p$  la pression,  $\mu$  et  $k$  les coefficients de viscosité turbulente et de diffusion supposés constants,  $g$  l'accélération de la gravité.

On suppose que le détroit étudié a une section rectangulaire, une largeur constante et une profondeur variable  $h$ .

On introduit la déviation de la densité  $\rho'$  de quelque valeur constante  $\rho$ .

En éliminant  $p$  par différentiation croisée, on obtient de /1/ et /2/ une équation permettant d'introduire la fonction  $Q$  qui est définie par les relations :

$$u = \frac{l}{\mu} \frac{Q}{x}, \quad \rho' = \frac{l}{g} \frac{Q}{zzz} \quad (4)$$

Ici les indices en bas désignent la différentiation par rapport à la variable correspondante.

En substituant dans (3) l'expression (4) on obtient l'équation principale du problème.

$$\frac{Q}{x} \frac{Q}{xzzz} = \mu k \frac{Q}{zzzz} \quad (5)$$

Les conditions aux frontières pour  $Q$  sont déterminées par la tension du vent sur la surface de la mer et l'adhésion des particules de l'eau au fond. De plus, le flux à travers la surface est supposé absent, la densité à la surface étant donnée. On définit la 5<sup>e</sup> condition par l'équation de continuité.

En faisant certaines suppositions quant au caractère de la variation de la profondeur, de la tension du vent à la surface et du niveau de la surface libre, on obtient la solution de l'équation (5) exposée en détail dans les études de l'auteur [TOLMASIN, 1965; TOLMASIN, 1967].

\* Cette communication a été annoncée mais non présentée.

La solution obtenue a permis d'évaluer l'influence des facteurs externes sur la distribution verticale de densité et de vitesse dans les détroits.

La Fig. 1 représente les profils verticaux de la vitesse à condition du calme. Les valeurs des vitesses du courant superficiel et du courant profond varient proportionnellement au gradient longitudinal de densité.

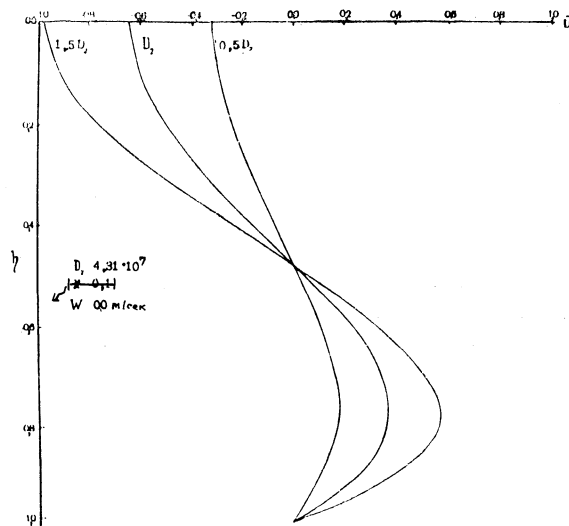


FIG. 1. — Influence de la valeur de la différence de densité sur le profil vertical de vitesse du courant pendant le calme ( $D_2 = 4,31 \cdot 10^7$ ;  $w = 0,0$  m/sec).  $h = mz/h$ ,  $m = \text{const}$ ,  $\bar{u} = u/u_{\text{max}}$ .

Avec la croissance de la pente longitudinale du niveau entre les mers qui est dirigée en sens inverse du gradient de densité, la vitesse du courant supérieur et la profondeur de la surface de séparation augmentent, tandis que la vitesse du courant inférieur diminue.

L'influence du vent sur le profil vertical de la vitesse se manifeste d'une autre manière (Fig. 2). Quand le vent souffle à l'opposé du gradient de densité, la vitesse du courant supérieur s'accroît.

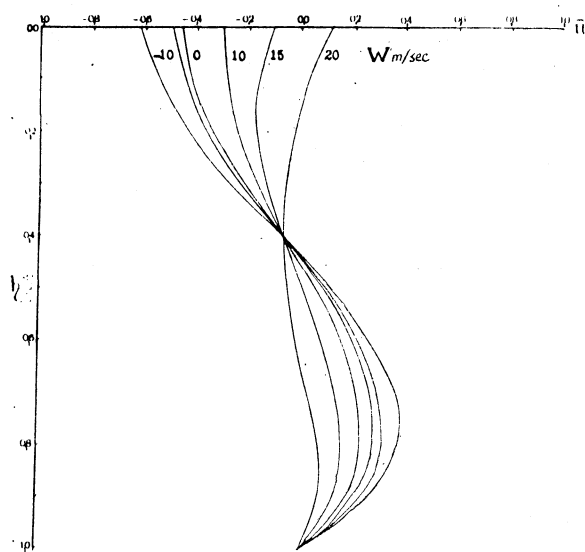


FIG. 2. — Influence de la composante longitudinale du vent  $w$  sur le profil de la vitesse, la différence de niveau ( $\Delta \zeta = 3$  cm) et le gradient de densité étant constants (le moins signifie que le vent est dirigé selon le courant superficiel).

Notons la possibilité de la formation du système de courants à trois couches dans les détroits quand le vent souffle à l'encontre de la pente de la surface libre (Fig. 2,  $w = 20$  m/sec.).

Toutes les particularités décrites des courants dans les détroits correspondent aux phénomènes connus pour les détroits : Bosphore, Gibraltar etc.

La Fig. 3 reproduit la distribution verticale de la déviation de densité. Avec l'augmentation de la pente du niveau ( $\Delta\zeta$ ), qui est dirigée à l'encontre du gradient de densité, la surface de séparation des

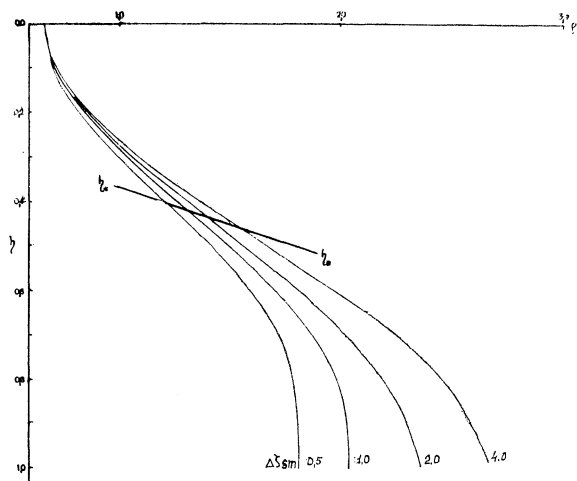


FIG. 3. — Influence de la différence de niveau sur la distribution verticale de la déviation de densité;  $w = 0$ ,  $D^2 = \text{const}$  (la ligne  $h_* - h_*$  représente la profondeur de la surface de séparation des masses aquatiques)  $\rho' = \rho'/\rho'_c$ ,  $\rho'_c = \text{const}$ .

masses d'eau (ligne  $h_* - h_*$ ) s'abaisse. Le degré de stratification des eaux augmente aussi avec la pente du niveau. Il est à noter que le vent exerce sur la stratification une influence analogue sans amener pourtant l'abaissement de la surface de séparation.

Les figures 4a et 4b montrent la concordance des paramètres observés et calculés, tels que le profil de vitesse des courants et les courbes verticales de variation de la densité, pour le détroit du Bosphore.

A l'aide de la solution obtenue on peut déterminer comment sont distribuées les masses d'eau dans le détroit, ce phénomène étant le résultat de l'action des processus de diffusion. Il faut déterminer pour cela la position de la frontière séparant les couches d'eau supérieure et inférieure. Il est connu que la distance de pénétration des eaux salées du courant inférieur dans la zone située devant le détroit dépend de l'intensité du mélange des masses d'eau dans ce détroit.

Les observations dans les détroits ont montré que la frontière séparant les masses d'eau est plus inclinée sur l'horizon que celle de courants. On peut expliquer ce désaccord par la différence entre le flux de diffusion des masses et celui de quantité du mouvement. Ce fait est confirmé par les calculs théoriques.

La différence de profondeurs de la couche de vitesse nulle le long du détroit du Bosphore est égale à 12 m, tandis que celle de profondeurs de séparation des masses d'eaux atteint la valeur de 33 m. Ces désaccords sont plus prononcés dans les autres détroits. Pour Gibraltar, par exemple, les valeurs mentionnées ci-dessus sont respectivement de 22 m et 379 m.

Dans le cadre de la solution obtenue on peut résoudre une question très importante au point de vue pratique, notamment déterminer les conditions d'annulation du courant inférieur dans les détroits. Dans quelques recherches d'après-guerre, on a contesté la possibilité de la pénétration permanente des eaux du bas Bosphore dans la mer Noire [ULLYOTT & ILGAZ, 1946]. Il est à noter qu'auparavant R. DE BUEN [DE BUEN, 1929] démontrait que l'entrée des eaux méditerranéennes dans l'océan Atlantique est un phénomène épisodique.

En choisissant le Bosphore à titre d'exemple, considérons sous quelles conditions disparaîtra le courant inférieur. Nos calculs montrent que la différence de niveau entre la mer Noire et la mer de Marmara doit excéder la valeur de 36 cm pour que le système à deux couches des courants du Bosphore

disparaisse complètement. Comme il est constaté par les postes d'observation de niveau, on rencontre très rarement de telles pentes. Ceci est un élément supplémentaire confirmant la conception de nombre d'océanographes soviétiques [VODIANITSKY, BOGDANOVA *et coll.*] et de l'hydrologue turc PEKTAS : conformément à ladite conception, l'eau de la mer de Marmara passe continuellement en mer Noire.

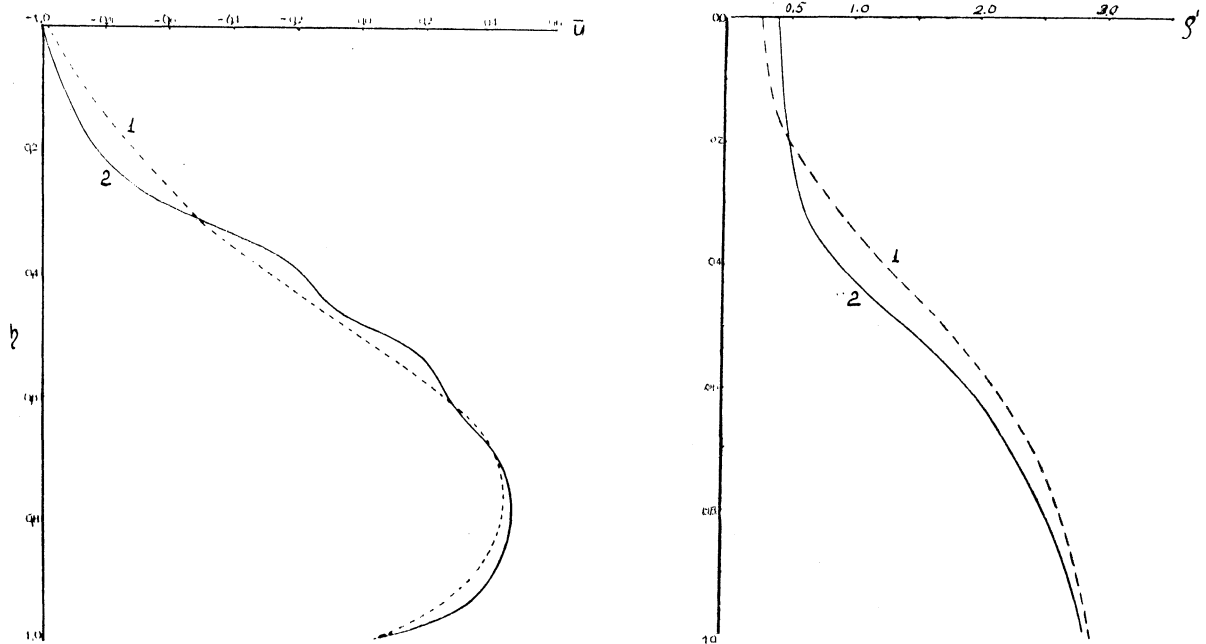


FIG. 4 et 5. — Confrontation des valeurs calculées (1) et observées (2) de la vitesse  $a$  et de la déviation de densité  $b$  pour le détroit du Bosphore.

### Références bibliographiques

- DE BUEN (R.), 1929. — Fénómenos dinámicos en estrecho de Gibraltar, *in* : *Congreso internacional de oceanografía, hidrografía marina e hidrología continental, Sevilla, 1-7 mayo 1929*, 1, pp. 381-406. — Madrid, Graficas reunidas.
- ТОЛМАЗИН (Д.М.), 1964. — К теории течений в морских проливах. Докл. Акад. Наук СССР, 159, 1.
- [TOLMASIN (D.M.), 1964. — Sur la théorie des courants dans les détroits marins. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 159, 1.]
- ТОЛМАЗИН (Д.М.), 1967. — Стационарная модель движения вод в стратифицированном проливе (В применении к Босфору и некоторым Гругим проливам). Океанографические исследования Черного моря, сс, 18-34. — Киев, Наукова Думка.
- [TOLMASIN (D.M.), 1967. — Exemple de mouvement aquatique dans les détroits stratifiés (tel le Bosphore ainsi que certains autres détroits), *in* : *Recherches océanographiques dans la mer Noire*, pp. 18-34. — Kiev, Naukova Dumka.]
- ULLYOTT (P.) & ILGAZ (O.), 1946. — The hydrography of the Bosphorus : an introduction. *Geogr. Rev.*, 36, 1, pp. 44-66.