

Note sur le régime du détroit de Gibraltar

Note on conditions in the straits of Gibraltar

PAR H. LACOMBE

PROFESSEUR D'Océanographie Physique au Muséum d'Histoire Naturelle

Des mesures de courant et des déterminations hydrologiques effectuées systématiquement en août 1958 dans le détroit de Gibraltar ont permis, outre une évaluation des courants de marée et des variations des conditions hydrologiques en présence de la marée, une estimation des flux entrant en Méditerranée et en sortant. Des fluctuations considérables ont été constatées dans les valeurs de ces flux. Une corrélation a été mise en évidence entre les variations du niveau moyen comparé de la mer de part et d'autre du détroit de Gibraltar (variations liées au flux superficiel moyen), les variations du niveau moyen dans de nombreux ports de la Méditerranée occidentale, enfin les variations de la pression atmosphérique sur ce bassin. Celles-ci semblent donc être une cause importante des fluctuations, d'une part, du régime du détroit et, d'autre part, du niveau moyen de la mer.

Systematic current measurements and hydrological determinations were carried out in the straits of Gibraltar in August 1958, providing data on tidal currents, variations of hydrological conditions under tidal effect, and an estimate of the inflows and outflows to and from the Mediterranean. The values of the latter were found to fluctuate considerably. A correlation was established between the mean sea levels on both sides of the straits (variations linked to the mean surface flux), mean sea level variations in a large number of Western Mediterranean ports, and atmospheric pressure variations in that area. The latter appear to be largely responsible both for the varying conditions in the straits and the changes in mean sea level.

I. — GÉNÉRALITÉS

Les travaux océanographiques exécutés par l'équipe du Laboratoire d'Océanographie Physique du Muséum ont d'abord, en 1955 et 1956, porté sur la Méditerranée orientale; elle constitue un bassin moins bien connu que le bassin occidental où la Marine, depuis 1952, a exécuté d'importants travaux. En 1957 et 1958, dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale, nos travaux se sont orientés vers le problème des échanges d'eau entre Atlantique et Méditerranée. Mais, à la charnière de ces étendues marines, c'est-à-dire dans le détroit de Gibraltar, ce n'est qu'en août 1958 que des travaux systématiques, portant simultanément sur l'hydrologie (températures et salinités) et le régime dynamique du détroit, ont pu être entrepris, en toute indépendance d'ailleurs vis-à-vis des études ultérieures conduites en vue de la pose éventuelle de gazoducs dans le détroit.

Les travaux dont je vais vous entretenir rapi-

dement ont été conduits du 7 au 21 août 1958, soit en 15 jours, par notre équipe embarquée sur la « Winnaretta-Singer », navire de 20 m de l'Institut Océanographique, qui avait été mis à ma disposition pour ce qui fut pratiquement sa première campagne de travail à la mer.

Nous avons formé le projet, en accord avec des collègues espagnols et français, d'exécuter des études simultanées :

— d'abord en un point fixe de référence occupé de façon aussi continue que possible : ce travail devait être assuré par le « Passeur du Printemps » de MM. Romanovsky et Le Floch, du C.R.E.O., mais des difficultés considérables dues à l'exiguïté du navire, à la grandeur des profondeurs et à la violence des courants, ne permirent l'exécution que d'une partie du programme prévu (hydrologie et mesures de courant);

- sur la section de Tarifa, nos collègues espagnols, faute de pouvoir mouiller leur navire (le « Ségura ») dans de grands fonds accidentés, exécutèrent des stations hydrologiques systématiques;
- enfin, sur les sections de l'ouest (Cap Spartel) et de l'est (Rocher de Gibraltar), nous avons essayé d'exécuter, sur chaque section, en cinq stations occupées au mouillage pendant une marée complète, des mesures hydro-

logiques et des mesures de courant à toute une série d'immersions allant de la surface au fond. Huit stations ont pu être occupées dans des conditions assez favorables; une neuvième est incomplète; enfin une dixième a dû être abandonnée par suite du mauvais temps. C'est des mesures que nous avons faites à bord de la « Winnaretta-Singer » et des prolongements que l'on peut en tirer que je parlerai spécialement.

II. — RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS FONDAMENTALES CONCERNANT LE DÉTROIT DE GIBRALTAR

Il est bien connu que le détroit de Gibraltar est le siège de deux écoulements moyens opposés, nécessaires pour assurer la constance de la quantité d'eau dans cette mer (où l'évaporation excède les apports d'eau par ruissellement et précipitations) et la constance de la quantité de sel. L'eau « atlantique », relativement peu salée (36,2 ‰) entre dans la couche superficielle; l'eau méditerranéenne, plus salée (38 ‰ environ), sort près du fond.

La valeur *admise* du courant superficiel moyen entrant est de 1 m/s environ; la couche de courant moyen nul se trouve à environ 150-200 m et on en déduit la valeur classique du flux : $1,75 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$. Comme la salinité de l'eau sortante est de 4 ‰ environ supérieure à celle de

l'eau entrante, le flux sortant doit être de 4 ‰ environ plus faible, soit $1,68 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$; le flux net entrant étant donc d'environ $70\,000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Des valeurs très élevées du courant sortant près du fond ont été signalées en 1905 et 1910 : 5,2 nœuds et 4,7 nœuds respectivement par le « Goldfinch » et le « Michael-Sars ». Mais les mesures systématiques de courant dans le détroit ont été rares, et, s'il y en a eu, peu de résultats ont été publiés.

Le fond du détroit a une morphologie complexe et des courants de marée violents s'y font sentir, variables de point en point. Aussi des mesures de courant doivent-elles s'étendre sur 12 h 25 mn au moins, période de la marée semi-diurne.

III. — CONDITIONS D'EXÉCUTION DES MESURES

L'exécution des mesures de courant portant sur la durée d'une marée exige de mouiller le navire aux divers points pendant au moins 12 heures. Or, l'importance des profondeurs (jusqu'à près de 900 m sur le méridien du rocher de Gibraltar), la violence des courants, le caractère rocheux et tourmenté du fond, l'intensité de la navigation, constituent des éléments rendant difficiles les mesures de courant et l'hydrologie, même si les conditions météorologiques sont favorables. Or, le détroit constitue un goulet dans lequel les vents sont nécessairement longitudinaux et leur vitesse est extrêmement variable de point en point. Par régime d'est, le vent est particulièrement violent dans l'ouest du détroit, et inversement. Il faut ajouter que la transition du régime d'est au régime d'ouest provoque fré-

quemment des brumes épaisses jusqu'à midi, situation matériellement et psychologiquement peu confortable pour le personnel d'un navire mouillé.

L'exécution simultanée, sur un navire de 20 m seulement, de mesures de courant instantanées à l'appareil Ekman (jusqu'à 700 m de profondeur) et de stations hydrologiques est impossible en raison d'une part de la pénurie de personnel de bord, et aussi (et surtout) de l'impossibilité de suspendre deux câbles porteurs d'appareils à immerger à plus de 100 m à partir d'un petit navire mouillé par un troisième câble. Les risques de chevauchement des câbles sont importants et les risques de perte de matériel deviennent inacceptables. Nous avons donc dû nous contenter, avec le seul navire dont nous disposions, d'alterner

les stations hydrologiques et les mesures de courant. Aussi n'avons-nous, surtout pour les valeurs profondes de courant, que 5, ou 4, ou même parfois seulement 3 mesures de courant par marée à chaque immersion. Aussi ne peut-on prétendre à obtenir ainsi des valeurs très précises du courant moyen au cours d'une marée, encore moins des valeurs de la vitesse et de la phase

du courant de marée. On ne peut prétendre non plus obtenir des idées complètes sur le régime hydrologique et sur les variations à courte période de l'immersion de l'interface entre l'eau atlantique et l'eau méditerranéenne. Des valeurs plus précises sortiront, nous l'espérons, de la campagne à deux navires que nous avons exécutée en septembre 1960.

IV. — MESURES DE COURANT ET LEUR INTERPRÉTATION

La figure 1 montre les emplacements auxquels nous avons exécuté des mesures; la figure 2 fournit les roses de courant trouvées à la station A4.

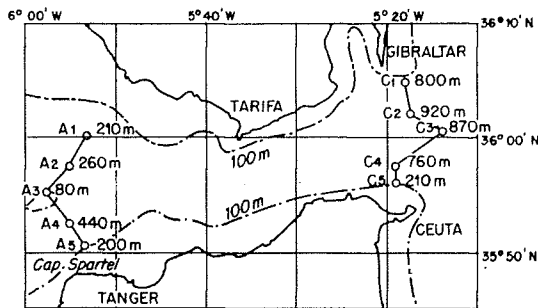


FIG. 1

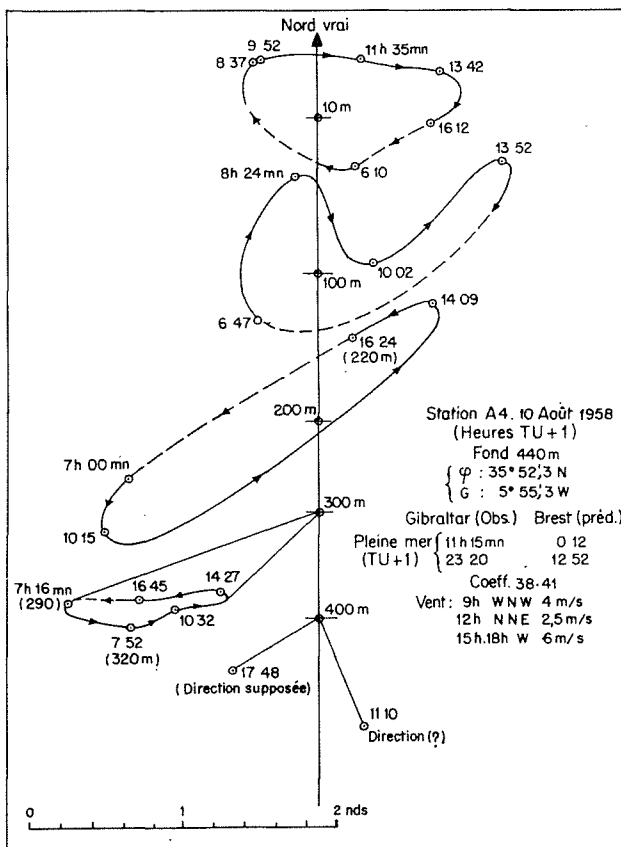


FIG. 2

La répartition des vitesses moyennes du courant aux différentes immersions au cours d'une marée est donnée pour deux points par la figure 3, tandis que la figure 4 les fournit aux diverses stations.

En se fondant sur la répartition verticale des courants moyens trouvés, il est évidemment possible de calculer les valeurs du flux moyen franchissant dans les deux sens les deux sections est et ouest, au cours de chacune des périodes de me-

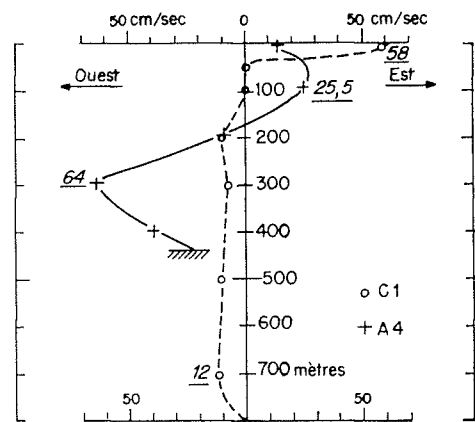


FIG. 3

sure (7-11 août et 16-20 août 1958) en millions de m³/s :

	vers l'est	vers l'ouest	flux net vers l'est
Section ouest (7-11 août)	1,06	0,53	0,53 env.
Section est (16-20 août)	1,77	0,75	1,0 env.

valeurs qui diffèrent considérablement des valeurs moyennes admises :

1,75 1,68 0,07 env.

Notons que les flux *superficiels* moyens par mètre dans ces sections ont été :

Section ouest : 7 000 m³/s/m

Section est : 13 000 m³/s/m

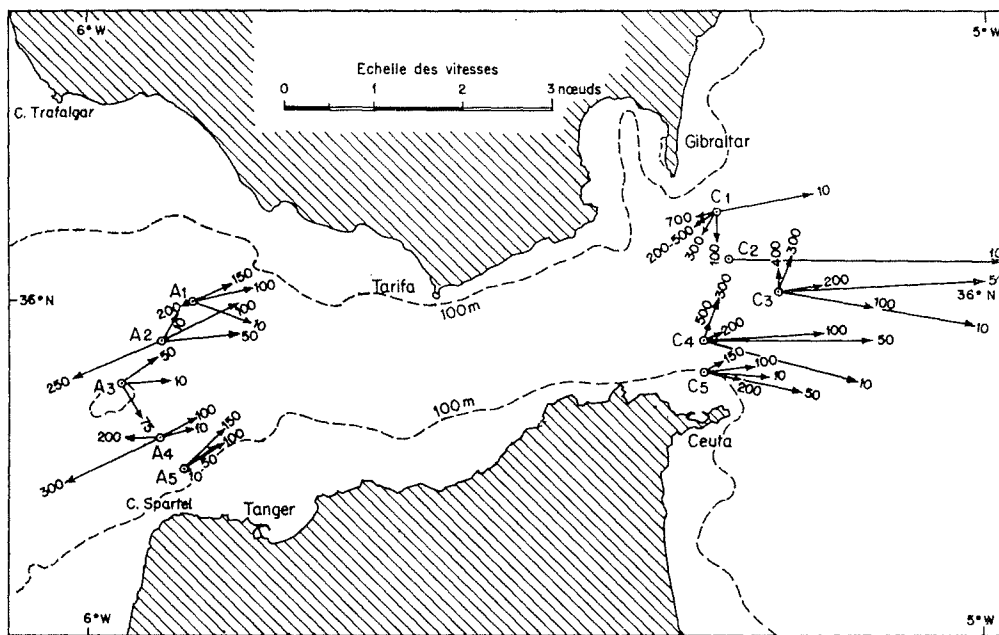


FIG. 4

Vent local.

Station A ₁ :	Vitesse (m/s) :	2 à 4,5 ;	direction :	NNW à SW ;	date :	7-8-58.
— A ₂ :	Vitesse (m/s) :	11 à 15 ;	direction :	E ;	date :	8-8-58.
— A ₃ :	Vitesse (m/s) :	8 ;	direction :	WSW à WNW ;	date :	11-8-58.
— A ₄ :	Vitesse (m/s) :	2 à 6 ;	direction :	variable.		
— A ₅ :	Vitesse (m/s) :	0 à 6 ;	direction :	WSW ;	date :	9-8-58.
— C ₁ :	Vitesse (m/s) :	8 à 11 ;	direction :	SW à WSW ;	date :	20-8-58.
— C ₂ :	Vitesse (m/s) :	10 à 20 ;	direction :	W ;	date :	21-8.
— C ₃ :	Vitesse (m/s) :	11 à 13 ;	direction :	WSW ;	date :	18-8-58.
— C ₄ :	Vitesse (m/s) :	1 à 5 ;	direction :	variable ;	date :	17-8-58.
— C ₅ :	Vitesse (m/s) :	2 à 4 ;	direction :	E ;	date :	16-8-58.

Le fait est donc que l'on a trouvé, à environ une semaine d'intervalle, des flux entrants variant presque du simple au double, des flux sortants variant de 50 %, des flux nets variant du simple au double et sept à quatorze fois plus grands que le flux net moyen admis (70 000 m³/s). Il y a donc en particulier des variations considérables de ces flux en des temps de l'ordre de la semaine, notant bien que des fluctuations à période moindre ne peuvent être mises en évidence par la méthode usitée pour les mesures. Mais il y a plus :

Le premier problème qui se pose à l'occasion de l'examen de valeurs aussi élevées du flux entrant est leur vraisemblance même. Il est facile de calculer qu'un excès de flux entrant de 10⁶ m³/s, s'il se prolongeait pendant un mois, entraînerait, en l'absence de tout apport et de toute perte par ailleurs, une *montée du niveau de toute la Méditerranée d'environ un mètre*. Or l'évaporation en été ne saurait atteindre une valeur du même ordre : car, à cette époque de

l'année (août), les vents moyens sont faibles en Méditerranée, et leur effet propre sur l'évaporation est faible aussi. Si on admet alors que toute l'énergie solaire incidente est employée à évaporer de l'eau, on ne peut dépasser la valeur de 21 cm/mois.

Il ne saurait donc être question que des valeurs aussi élevées du flux se prolongent longtemps : le fait même de les trouver implique, si les mesures sont valables, l'existence de fluctuations considérables dans ce flux moyen.

Des observations d'autre nature que des mesures de courant permettent d'apprécier l'ordre de grandeur des variations de flux dans le détroit et de conclure à la vraisemblance des valeurs trouvées du flux net entrant :

1° Les unes consistent à comparer les niveaux moyens journaliers de la mer de part et d'autre du détroit (rives nord et sud). Aucun raccordement absolu du niveau n'existe entre ces deux rives, car un bras de mer de 10 à 12 milles de

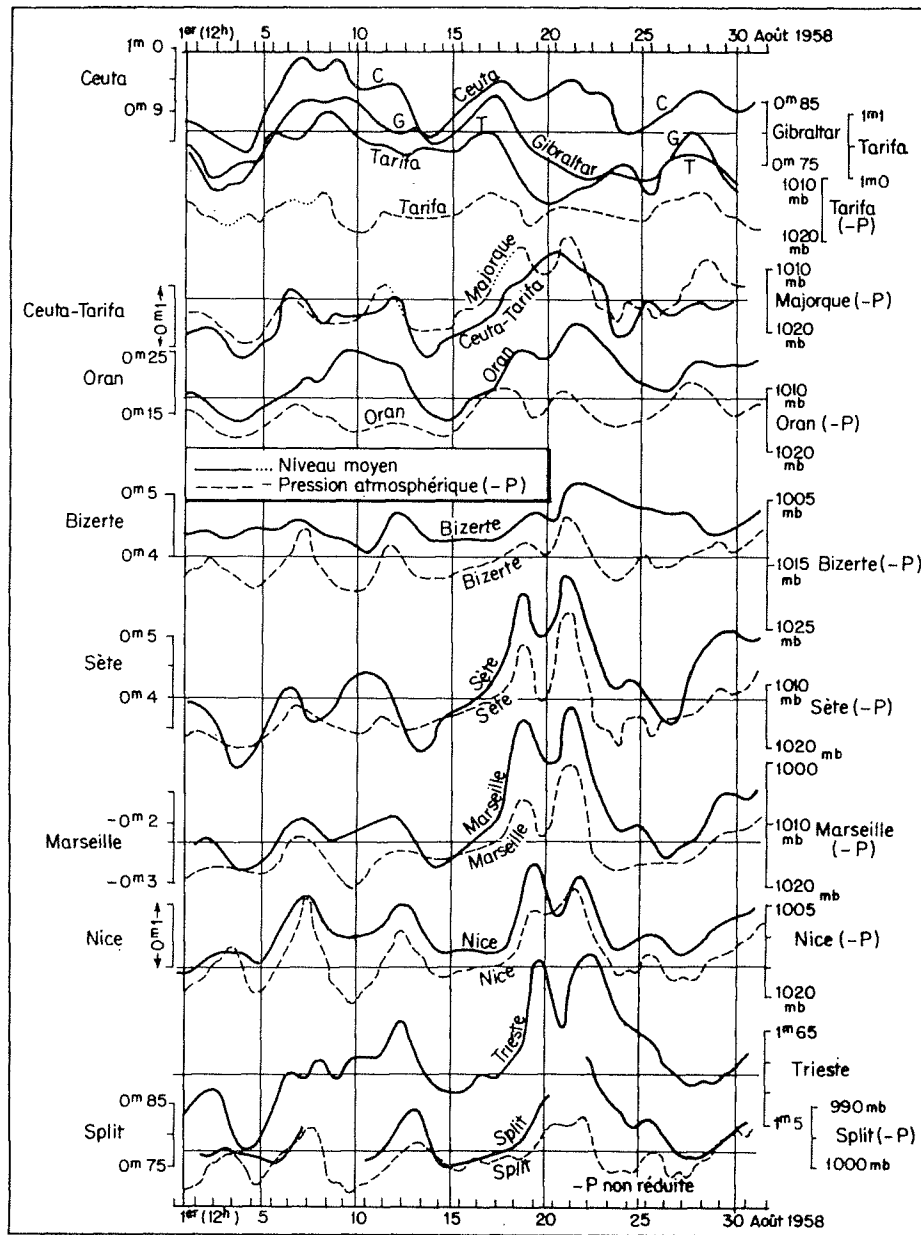


FIG. 5

large constitue encore un obstacle aux opérations classiques de nivellement terrestre. Mais on peut comparer les niveaux moyens *relatifs* au nord et au sud. Or, en présence de la force de Coriolis, toute augmentation d'un écoulement essentiellement longitudinal, comme celui que l'on rencontre dans le détroit, est instantanément accompagné d'une hausse relative de niveau le long de la côte située à droite de l'écoulement (côté sud), et inversement. Donc, les fluctuations du flux superficiel (instantané et aussi pris en valeur moyenne sur une marée) apparaissent, grâce à la comparaison des variations relatives de niveau moyen de part et d'au-

tre du détroit (marégraphes de Gibraltar, Tarifa, Ceuta).

2° Les excès de flux entrant notés dans le détroit doivent être corrélatifs de montées de niveau dans le bassin Méditerranéen tout entier ou dans une zone plus ou moins vaste de ce bassin.

Grâce à l'aide complaisante de nombreuses personnalités françaises et étrangères, et notamment la bienveillante entremise de la Section de Nivellement de l'Institut Géographique National, nous avons pu obtenir des enregistrements de niveau, ou des relevés de médimarémètres, dans de nombreux ports de la Méditerranée, ainsi que

des relevés de la pression atmosphérique, grâce aux Services Météorologiques.

La figure 5 montre, en fonction de la date, les variations du niveau moyen journalier, en divers ports, et les variations *inversées* de la pression atmosphérique exprimée en millibars, c'est-à-dire sensiblement en centimètres d'eau. Il apparaît une corrélation entre ces grandeurs dans la plupart des ports : elle montre que le niveau moyen répond à peu près statiquement aux variations de pression atmosphérique locale. Cette corrélation, qui n'existe pas dans le détroit, est beaucoup moins nette à Oran et à Bizerte; nous reviendrons plus loin sur ce cas. On peut déduire de la corrélation que, lorsque les pressions baissent sur la Méditerranée, le niveau monte et, donc, il y a appel d'eau superficielle atlantique dans le détroit. Comme la section droite de la veine atlantique dans ce détroit est de l'ordre du *millionième* de la surface de la Méditerranée entière, on déduit que la vitesse moyenne du courant dans le détroit est de l'ordre de 10^e fois la vitesse verticale moyenne de déplacement du niveau moyen; la période propre de la Méditerranée étant de l'ordre de la journée et le niveau moyen ne pouvant être déterminé à une cadence supérieure, on peut dire que l'onde (supposée longue malgré la stratification de densité (?)), se propage quasi instantanément dans la mer et spécialement dans le bassin occidental, à l'échelle des temps utilisée pour la détermination du niveau moyen.

D'autre part (fig. 5, courbe de niveau Ceuta-Tarifa et courbe de $-p$ à Majorque), les niveaux moyens relatifs sur la rive nord (Tarifa) et la rive sud (Ceuta) montrent des variations spécialement importantes lorsque la pression atmosphérique varie notablement dans les divers ports, soit particulièrement du 6 au 11 août et plus encore du 16 au 23. Donc le flux moyen superficiel dans le détroit, qui varie théoriquement de 5 700 m³/s/m pour 5 cm de différence de niveau Ceuta-Gibraltar ou Ceuta-Tarifa, est très influencé par la pression atmosphérique sur le bassin et il y a une corrélation très remarquable entre les variations de niveau relatif de part et d'autre du détroit, et la pression atmosphérique

à Majorque (sensiblement située au centre du bassin occidental), et même la valeur moyenne de la pression en 6 ports à peu près également répartis dans le bassin occidental : Oran, Majorque, Sète, Bizerte, Ajaccio, Nice.

Il est clair que les deux périodes 7-11 et 16-20 août des mesures de courant coïncident avec des périodes de forte variation de niveau moyen et de pression, le niveau moyen *augmentant*, surtout dans la deuxième période, *de quantités d'un ordre compatible avec les flux nets trouvés*. Donc on peut accorder foi aux mesures de courant et aux valeurs des flux entrants et sortants, dont la précision est sans doute de l'ordre de 20 %.

Le niveau à droite de l'écoulement se trouvant en hausse quand le flux superficiel augmente, il est évident que partout où la veine d'eau entrante est intense et réagit rapidement aux variations de flux dans le détroit, le niveau doit monter sur la droite de l'écoulement quand le flux entrant augmente. C'est le cas à Oran (fig. 5) où le niveau demeure haut par rapport à la courbe $-p$, peu après les moments où le flux superficiel entrant croît (7-11 août, et surtout 17-25 août). Cet écart par rapport à la corrélation statique, niveau-pression, dans les ports d'Oran et, à un degré moindre, de Bizerte, s'explique par la localisation de ces ports sur un rivage le long duquel la veine de courant atlantique est puissante.

En définitive, on peut dire :

Une baisse des pressions sur la Méditerranée entraîne une augmentation de flux net entrant à travers le détroit de Gibraltar dans les 180 à 200 m superficiels; en contrepartie, on peut penser qu'une montée de pression est accompagnée d'une augmentation du flux sortant dans les couches profondes, à plus de 180 m.

Donc le régime du détroit, et le niveau moyen en Méditerranée, sont essentiellement conditionnés par le régime isobarique sur le bassin méditerranéen.

Les récentes mesures de septembre 1960 visaient à confirmer cette hypothèse grâce à des enregistrements de courant de longue durée en un point.

V. — L'HYDROLOGIE DU DÉTROIT ET SES VARIATIONS

Trois à cinq stations hydrologiques ont été faites en chacune des neuf stations occupées.

Elles montrent d'abord l'existence de forts gradients de salinité à des immersions de l'ordre de 150 à 200 m dans l'ouest, et de l'ordre de 100 m dans l'est. Les deux couches d'eau

sont d'ailleurs beaucoup plus différenciées dans l'ouest, région où le mélange n'a pas encore pu se produire notablement entre l'eau superficielle, assez homogène en salinité, présente dans les 150-200 m superficiels et la couche présente en profondeur sur la coupe est (eau profonde type

de la Méditerranée occidentale). Cependant le contraste des deux couches est plus marqué dans le sud de la section ouest (à droite de l'écoulement) que dans le nord.

Dans l'est, la transition dénote des mélanges appréciables surtout élevés à la station C₁ (au nord) où la salinité de surface ne descend pas au-dessous de 36,8 ‰, alors qu'au sud elle est du même ordre (36,3) que sur la coupe ouest. Il faut probablement rapprocher ce fait de l'existence d'une veine de courant portant constamment à l'ouest, à proximité immédiate du rocher de Gibraltar, et le long de la rive nord jusqu'à Tarifa. Le mélange des eaux peut s'étudier sur les graphiques température-salinité.

Un fait notable aussi est constitué par les fluctuations des couches salinité-profondeur en fonction du temps. La couche superficielle peu salée

se rencontre à peu près partout sous son épaisseur maximale au voisinage de la basse-mer, c'est-à-dire, comme il est assez logique, à la fin de la période du courant de marée portant à l'est.

La méthode usitée pour effectuer les stations hydrologiques est beaucoup trop longue pour que puissent être mises en évidence des fluctuations d'immersion des isothermes, et corrélativement des isohalines (ondes « internes ») avec une périodicité beaucoup plus courte que celle de la marée. Mais de telles oscillations de température ont été trouvées au cours de la période même de nos mesures en août 1958 à bord du navire américain « Yamacraw », équipé d'une chaîne de thermistances, par l'océanographe américain Frassetto.

VI. — CONCLUSION

Dans le détroit de Gibraltar, comme dans de nombreuses autres régions marines, l'exploitation de ce qu'on peut considérer comme les premières mesures vraiment systématiques de courant dans cette zone, a mis en évidence l'existence d'un régime dynamique (et hydrologique) complexe, aux variations spatiales et temporelles très rapides. Mais nous pensons qu'une fois que l'on aura pu confirmer par d'autres mesures la validité des conclusions exposées ci-dessus (paragraphe IV) concernant la cause des fluctuations du régime du détroit, il sera possible de les suivre de façon continue grâce à des opérations relativement simples :

a) des enregistrements de niveau en divers points du détroit et aussi de la Méditerranée entière;

b) et des enregistrements de potentiel électri-

que de part et d'autre du détroit, le tout étant naturellement accompagné de mesures météorologiques.

Nous pensons que la validité des conclusions du paragraphe IV pourra être vérifiée à la suite de l'exploitation d'enregistrements continus de courants que nous nous sommes efforcés de faire au mois de septembre 1960, au cours d'une campagne difficile à bord de la « Calypso » et de l'« Espadon ». La façon dont le régime des abords est et ouest du détroit est lié à celui existant dans le détroit ressortira, j'espère, de mesures à plusieurs navires qui doivent être exécutées en mai et juin 1961. Ensuite la « surveillance » dynamique du détroit pourra être sans doute assurée par de seuls enregistrements de niveau et de potentiel électrique de part et d'autre du détroit.

DISCUSSION

Président : M. REMENIERAS

M. le Président remercie et félicite M. le Professeur LACOMBE et ouvre la discussion.

M. DE ROUVILLE demande si l'on ne pourrait pas se rendre compte du retard ou décalage qui s'établit entre une variation de pression assez rapide dans le bassin de la Méditerranée occidentale et l'accroissement du courant qui doit en résulter dans le détroit de Gibraltar.

M. LACOMBE pense que l'on pourra peut-être obtenir une valeur de ce retard grâce aux mesures continues de

4 jours et demi au même point effectuées en septembre 1960; celles-ci pourront sans doute donner, avec une bien meilleure précision que les mesures de 1958, la valeur et la phase du courant de marée en un point représentatif du détroit. Si on ne considère en effet que la moyenne du courant sur une période d'une marée (12 h 25 mn), on ne peut mettre en évidence que des déphasages au moins égaux à cette valeur, déjà élevée, semble-t-il. Autrement dit, pour mettre ce déphasage en évidence de façon sûre, il faudrait disposer de mesures *instantanées* de pression en de nombreux

points du bassin occidental (et non des valeurs de la pression à midi chaque jour) et des valeurs *instantanées* du courant moyen, qui ne pourront être obtenues que si l'on soustrait, du courant global actuel trouvé, la part qui revient à cet instant au courant de marée, ce qui exige une prévision précise de celui-ci.

Pour l'étude du déphasage niveau de la mer-courant dans le détroit, il faudrait en outre calculer la marée prédite en de nombreux ports de la mer et examiner l'écart entre le niveau actuel et le niveau de la marée seule.

M. BANAL demande à M. le Professeur LACOMBE si, à la suite des observations dont il nous a entretenus, et de celles qui ont été faites cette année, les idées sur le choix des emplacements de mesure se sont précisées. On peut se demander, notamment, si, en raison de la complexité des phénomènes, il y avait lieu de faire porter les efforts sur plusieurs sections ou si, éventuellement, il n'y avait pas lieu de se placer un peu plus loin du détroit, dans une zone où l'écoulement est plus régulier.

M. LACOMBE précise qu'au début de 1958, l'équipe pensait disposer de trois bateaux dont l'un, fixe, servirait de référence, les deux autres bateaux permettant de mesurer, outre le courant de part et d'autre du détroit et au milieu, la vitesse de l'intumescence ou de l'onde interne à la limite des deux eaux et sa vitesse de propagation vers l'est.

Mais, au point de référence choisi, les mesures faites par le bateau de référence ont été très difficiles et sont incomplètes. L'expérience a montré qu'il fallait s'orienter autrement pour de nouvelles mesures. C'est pourquoi, dans les programmes de septembre 1960, il a été décidé d'occuper un point aussi longtemps que possible pour étudier les variations du régime dynamique du détroit. La position choisie (A4) était très bonne au point de vue théorique, mais très mauvaise au point de vue pratique en raison de la nature du fond. Mais on ne peut s'attendre à ce que les points représentatifs du régime du détroit soient aussi ceux où le mouillage est facile.

M. le Président fait remarquer que dans son mémoire, M. le Professeur LACOMBE indique qu'on pourrait avoir une idée du débit qui passe à travers le détroit par des mesures électriques. A l'heure actuelle, est-il possible d'obtenir une bonne précision de telles mesures? En raison de la complexité du champ des vitesses, d'une part, et du relief des fonds, d'autre part, M. le Président pense qu'il serait nécessaire de faire un modèle, à la fois hydraulique et électrique en vue de l'interprétation des mesures.

M. LACOMBE estime que ce serait quelque chose d'excellent. Il est prévu des étalonnages dans la nature aux mois de mai et juin prochains. De l'avis des spécialistes, en présence d'un fond aussi compliqué, il semble qu'il soit à peu près impossible de trouver théoriquement une loi reliant d'une façon précise le potentiel au flux. On pense pouvoir étalonner les valeurs de potentiel qui doivent être mesurées en mai et juin 1961 par les Britanniques en fonction des mesures de courant qui seront faites simultanément.

M. le Président pense qu'*a priori*, un modèle serait réalisable si l'intérêt s'en faisait sentir; on pourra sans doute admettre que la conductibilité du terrain est négligeable vis-à-vis de celle de l'eau salée.

Toutefois, M. LACOMBE se demande dans quelle mesure on pourrait représenter des eaux de salinités 38 et 36 qui ont des conductivités assez différentes et réaliser des conditions de fond qui rappellent celles qui se présentent dans le détroit.

M. le Président remarque que les débits atteignant jusqu'à 35 000 m³/s à travers le détroit représentent une puissance hydraulique considérable; aux points où la vitesse du courant est particulièrement élevée, on pourrait peut-être tenter de capter une fraction de cette énergie au moyen des engins proposés dans une communication (1) aux « IV^{èmes} Journées de l'Hydraulique » de la S.H.F.

M. LACOMBE indique qu'il y a des courants très violents, surtout au voisinage de la surface, sur le méridien de Tarifa, où l'étranglement est maximal. A ce niveau, les courants de 4 nœuds sont fréquents.

M. le Président souligne qu'une vitesse de 4 nœuds dans l'eau représente une puissance équivalente à celle d'un vent de 18 m par seconde assez rarement réalisé avec la même persistance dans l'atmosphère, même en des sites favorables.

M. LACOMBE précise que la valeur de 4 nœuds se réfère au moment où le courant général et le courant de marée sont en phase; 6 heures après, on peut avoir un courant nul.

M. le Président remercie M. le Professeur LACOMBE et note que, dans quelque temps, il rapportera à cette tribune, des résultats complémentaires qui seront certainement fort intéressants.

(1) G. REMENIERAS et P. SMAGGHE : « Sur la possibilité d'utiliser l'énergie des courants marins au moyen de machines analogues aux aérogénérateurs ». C.R. des IV^{èmes} Journées de l'Hydraulique (juin 1956), *La Houille Blanche*, Grenoble.