

# La participation du Laboratoire National d'Hydraulique à l'étude de l'influence de la rotation terrestre sur la représentation d'un phénomène de marée sur modèle réduit hydraulique

The part played by the National Hydraulic Laboratory  
in investigating the effect of the earth's rotation  
on tidal phenomena by means of scale models

PAR R. BONNEFILLE

INGÉNIEUR AU LABORATOIRE NATIONAL D'HYDRAULIQUE

*Cette étude résume les travaux du Laboratoire National d'Hydraulique en ce qui concerne la recherche des manifestations précises de la rotation terrestre sur la marée du golfe de Saint-Malo, de façon à indiquer dans quelle mesure il est possible ou non de construire un modèle réduit non tournant destiné à l'étude des régimes hydrauliques au cours de la construction et de l'exploitation de l'usine marémotrice des îles Chausey.*

*Les résultats présentés concernent le modèle non tournant de la Manche, le modèle schématique et tournant de la Manche et l'étude de la marée dans un bassin triangulaire tournant qui présente une certaine analogie avec le golfe de Saint-Malo.*

*This article summarizes work done at the National Hydraulic Laboratory to investigate the exact effect of the earth's rotation on the tide in the gulf of St. Malo in order to find out whether or not it is possible to build a non-rotating scale model to study the hydraulic phenomena associated with the construction and operation of the Chausey Isles tidal power station.*

*The results given in this article refer to the non-rotating model of the English Channel, the diagrammatic rotating model of the English Channel and the investigation of tidal effects in a rotating triangular tank which is somewhat analogous to the gulf of St. Malo.*

## I. — INTRODUCTION

L'influence de la rotation terrestre sur la marée par l'intermédiaire de la force de Coriolis est un fait encore assez mal connu. Notre ignorance des manifestations précises de la rotation terrestre sur la marée permet de s'interroger sur les conséquences de ce phénomène dans la représentation de la marée sur modèle réduit hydraulique.

Cette question s'est posée au sujet de l'étude

de l'usine marémotrice des îles Chausey. Ce projet intéresse une zone maritime d'étendue importante et, par conséquent, nécessite la construction d'un modèle réduit d'une portion de mer où *a priori* la force de Coriolis n'est pas négligeable, et où il semble bien qu'elle participe à l'élaboration du phénomène observé.

Or, pour tenir compte de la force de Coriolis, indépendamment de tout artifice dont l'effica-

cité est à démontrer avant toute utilisation, on doit animer le modèle réduit d'un mouvement de rotation induisant une force centrifuge composée homologue de celle due à la rotation terrestre dans la nature. Pour un modèle de grande dimension, comme celui nécessaire à l'étude envisagée, cette solution est économiquement, et même peut-être techniquement, impensable.

Il convient donc d'user d'un artifice pour suppléer à la rotation du modèle. En commençant par la solution la plus simple, on peut se demander d'abord si l'utilité de faire tourner le modèle est en rapport avec le résultat demandé. En d'autres termes, l'influence de la force de Coriolis sur la partie de mer étudiée est-elle suffisamment importante pour que les résultats obtenus sur modèle fixe n'aient aucune valeur utilisable par l'ingénieur?

Dans le but d'étudier ce problème, une com-

mission dénommée « Pool Coriolis » se réunit périodiquement depuis avril 1959. Elle comprend, sous la présidence de M. Gibrat, Ingénieur-Conseil à Électricité de France, des représentants du Service Hydrographique de la Marine Nationale, du Muséum d'Histoire Naturelle, de la Faculté des Sciences de Grenoble, du Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique, du Service d'Études sur l'Utilisation des Marées et du Laboratoire National d'Hydraulique. Ces différents organismes étudient en commun ou séparément les problèmes posés par la recherche d'une détermination précise des conditions de reproduction des phénomènes de marée sur modèle réduit hydraulique. Les différents résultats obtenus sont présentés et discutés en séances. Nous nous proposons ici d'exposer un résumé de la participation du Laboratoire National d'Hydraulique au cours de ces trois dernières années.

## II. — HISTORIQUE DES ÉTUDES

### 1° MODÈLE DE LA MANCHE.

Avant d'étudier de façon plus précise la marée dans le golfe de Saint-Malo, qui nous intéresse plus spécialement, nous avons porté notre effort sur l'étude de la marée en Manche, c'est-à-dire que nous avons désiré voir le phénomène avec un certain recul. Par chance, la marée dans la Manche est bien connue. Diverses théories visent à expliquer cette marée. Dans quelle mesure sont-elles fondées, quelle est l'influence précise de la force de Coriolis dans la Manche? sont autant de questions auxquelles il est intéressant d'essayer de répondre, ne serait-ce que pour se familiariser avec ce genre d'étude.

Le premier support d'étude réalisé de façon concrète est le modèle réduit de la Manche entière, construit en 1955 aux échelles de 1/50 000° en plan et 1/500° en hauteur. Sur ce modèle non tournant, la force de Coriolis est totalement négligée; nous sommes dans le cas le plus défavorable, et les enseignements proviendront surtout de la nature des échecs de cette étude.

Le modèle a fait apparaître la difficulté de représenter la marée sur la totalité de la Manche par un modèle non tournant; en particulier, il a montré l'impossibilité d'obtenir la disparité des amplitudes de marée entre les côtes anglaises et françaises. En effet, en Manche occidentale, il se propage sur le modèle une onde cylindrique, différente de celle de la nature, dont le profil est plutôt du type exponentiel. Néanmoins, en Manche orientale, où l'onde a un caractère stationnaire, le modèle fixe donne des résultats satisfaisants. Enfin dans la zone intéressée par le

projet de l'usine marémotrice des îles Chausey, la marée reproduite sur le modèle non tournant de la Manche est assez correcte. Cette zone correspond au golfe de Saint-Malo, c'est-à-dire au secteur situé à l'est de la ligne Bréhat-Guernsey-Aurigny-Cap de la Hague.

L'étalonnage du modèle a été réalisé en se basant sur la similitude de l'énergie consommée par frottement par unité de surface (1), (2). Malgré une représentation incorrecte de la marée sur une partie du modèle, on a pu, par ce procédé, reproduire de façon satisfaisante les transits d'énergie dans le golfe de Saint-Malo. Le modèle a permis alors de définir la limite de la zone intéressée par la construction et l'exploitation de l'usine marémotrice des îles Chausey, c'est-à-dire de préciser la région à partir de laquelle l'action de l'usine marémotrice est négligeable sur le phénomène de marée en Manche. Bien que l'on puisse en toute rigueur suspecter ces résultats en arguant la non-représentation de la force de Coriolis sur ce modèle, les études et les calculs conduits parallèlement n'ont pas encore contredit formellement les résultats énoncés.

Signalons aussi que le modèle fixe de la Manche a permis de vérifier la mise en œuvre du schéma de calcul de la perturbation de l'usine sur la marée. Ce calcul, effectué sous la direction du Service d'Études sur l'Utilisation des

(1) X. MICHON et R. BONNEFILLE : « La marée dans la Manche; construction et réglage d'un modèle réduit ». 4<sup>èmes</sup> Journées de l'Hydraulique, S.H.F., juin 1956.

(2) R. BONNEFILLE : « Étude de la marée en Manche », 4<sup>èmes</sup> Journées de l'Hydraulique, S.H.F., juin 1956.

Marées, a pour but de rechercher l'influence du débit de l'usine sur la marée dans le golfe de Saint-Malo. En effet, avant d'entreprendre le calcul complet, il est intéressant de l'effectuer d'abord en négligeant la force de Coriolis. Dans ce cas, on peut comparer les résultats du calcul aux données correspondantes du modèle, afin de contrôler la validité de la schématisation adoptée pour le calcul (dimensions des mailles du canevas, linéarisation du frottement, etc.).

2° MODÈLE TOURNANT DE LA MANCHE  
SCHÉMATIQUE.

Dans une deuxième étape, et de façon à préciser l'influence de la force de Coriolis sur le phénomène de marée dans la Manche, un petit modèle tournant a été construit au Laboratoire National d'Hydraulique. Ce modèle schématise la Manche par deux bassins rectangulaires contigus, de profondeur constante égale à 50 mm et d'encombrement 1 200 m × 300 mm. En adoptant les échelles 1/500 000° en plan et 1/1 100° en hauteur, la période de la marée est de 3 s et le bassin doit tourner à raison de 1 tour en 8 s pour correspondre à la rotation de la Terre à 49° de latitude nord. Ce petit modèle a permis d'abord de se familiariser avec la technique particulière des modèles tournants, ensuite d'obtenir des résultats intéressants sur les parts respectives du frottement et de la force de Coriolis dans le mécanisme de la marée en Manche.

L'onde-marée dans le bassin non tournant avec ou sans frottement possède une ligne nodale dans la Manche centrale (fig. 1). La physiologie de l'onde-marée se rapproche alors de celle obtenue sur le modèle fixe de la Manche au 1/50 000° (fig. 2). La marée dans le bassin sché-

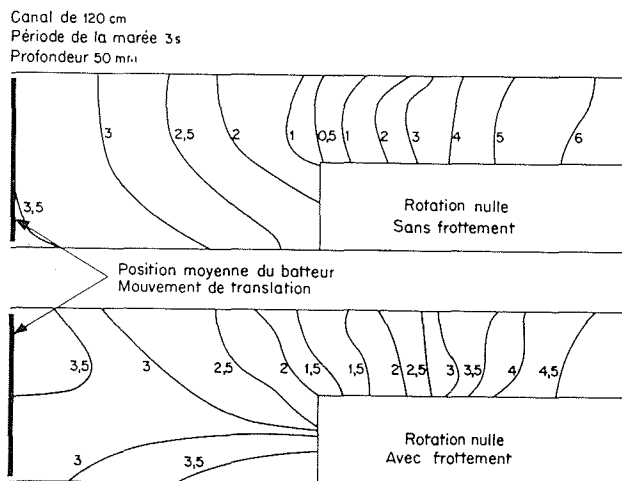


Fig. 1  
Lignes d'égal marnage en mm.

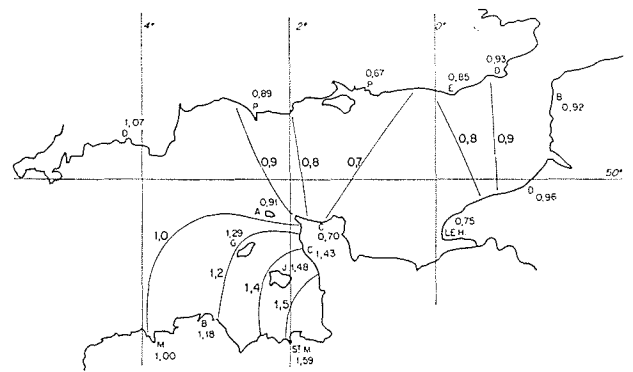


Fig. 2  
Lignes d'égal amplitude de la marée sur le modèle de la Manche au 1/50 000°.

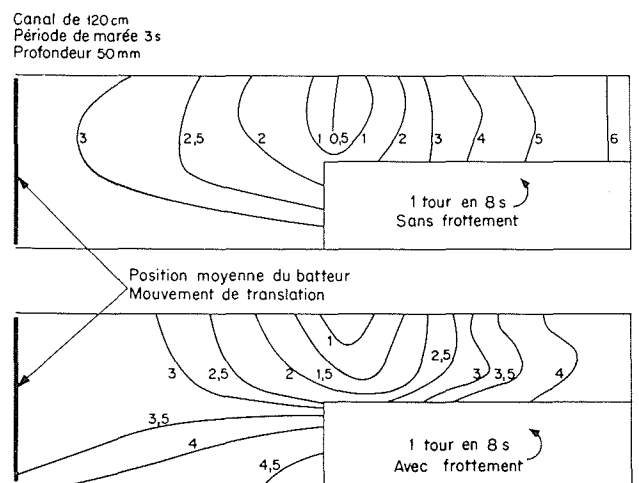


Fig. 3  
Lignes d'égal marnage en mm.

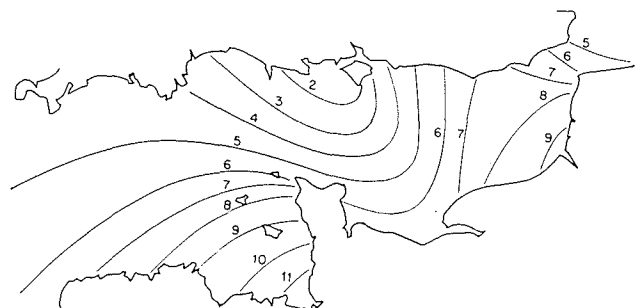


Fig. 4  
Ligne d'égal marnage en mètres dans la Manche (marée de vive-eau moyenne).

matique de la Manche tournant sans frottement, présente un point amphidromique réel situé au droit de la presqu'île du Cotentin (fig. 3).

Mais dans le bassin tournant on peut, par un choix judicieux de la densité de la rugosité du fond, obtenir une onde-marée (fig. 3) qui se rapproche de façon satisfaisante de l'onde-marée naturelle en Manche (fig. 4). L'importance de l'ac-

tion conjointe du frottement et de la force de Coriolis est ainsi démontrée expérimentalement.

Un autre résultat intéressant est relatif à l'accroissement de l'amplitude de l'onde-marée dans l'angle correspondant au fond du golfe de Saint-Malo; cette augmentation est du même ordre de grandeur en présence du frottement, qu'il y ait ou non rotation du bassin.

Ces résultats, présentés de façon plus détaillée par ailleurs (3), ont montré la possibilité de créer expérimentalement des points amphidromiques par rotation de l'enceinte où se produit la marée. On a constaté que la force de Coriolis semble avoir une faible influence dans le golfe de Saint-Malo, tandis que l'influence du frottement est importante sur la valeur du marnage. Malheureusement, étant donné les petites échelles du modèle, les courants n'ont pas pu être étudiés avec suffisamment de précision.

L'étude de la marée dans un bassin schématisant la Manche a été complétée par l'examen du cas de la marée se produisant dans une enceinte rectangulaire tournante. L'expérience montre la présence d'un point amphidromique au centre du bassin. Ce dernier essai permet un prolongement théorique, par suite de la simplicité des conditions aux limites. On peut envisager la recherche par le calcul théorique de la forme de l'onde-marée en tenant compte de la force de Coriolis. Ces compléments sont actuellement en cours d'examen.

### 3° ETUDE DE LA MARÉE DANS UN BASSIN TRIANGULAIRE.

Une troisième étude a pour but d'examiner l'influence relative de la force de Coriolis dans le mécanisme de la marée, en fonction de l'aire marine considérée. Il est bien évident que, pour les portions de mer très petites, dont les dimensions sont de l'ordre de quelques kilomètres, la force de Coriolis est négligeable. De même, on conçoit que, pour les bassins de quelques centaines de kilomètres de longueur, la force de Coriolis soit primordiale. Par contre, on ne connaît pas avec précision l'erreur que l'on commet en la négligeant dans le cas des mers de dimensions intermédiaires. Le principe de cette étude est de déterminer l'effet différentiel dû à la force de Coriolis sur la marée, en fonction de la dimension du bassin.

L'enceinte est en forme de triangle rectangle isocèle, à profondeur uniformément variable depuis le sommet de l'angle droit du bassin jus-

qu'à l'hypoténuse matérialisée par le générateur de marée. La période du générateur de marée et de la rotation de la plateforme supportant le bassin sont variables. Pour chaque échelle de similitude linéaire, le même bassin représente des zones naturelles de différentes grandeurs; il en résulte une variation de la période de la marée reproduite sur le modèle réduit.

L'étude de la marée dans le bassin, c'est-à-dire la mesure du marnage et des courants, a été effectuée avec ou sans frottement, et avec ou sans force de Coriolis. Les résultats principaux sont les suivants :

- Marnages.* — L'action conjointe du frottement et de la force de Coriolis a pour effet de créer une disparité du marnage d'un bout à l'autre du bassin. Mais cet écart n'est plus que de 5 % pour un bassin de l'ordre de 100 km de côté. En l'absence du frottement, l'effet de la force de Coriolis sur le marnage est négligeable.
- Lignes cotidales.* — Pour un frottement important et pour un bassin de 100 km de côté, l'erreur due à la non-représentation de la force de Coriolis est de l'ordre de 20 minutes sur la propagation de la marée. Cet écart augmente ensuite de façon importante avec l'accroissement des di-

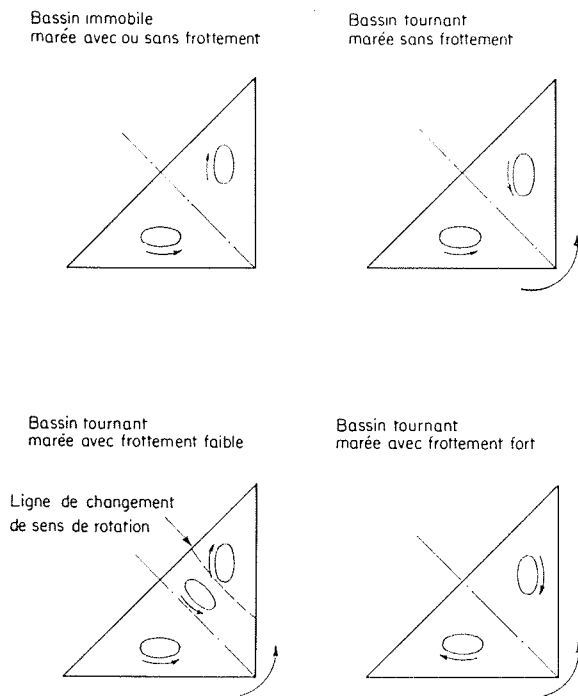


FIG. 5

Sens de parcours de l'photographe du vecteur vitesse selon les valeurs relatives de la force de Coriolis et du frottement.

(3) R. BONNEFILLE : « Etude expérimentale de l'influence de la force de Coriolis sur la propagation de la marée dans la Manche : » *La Houille Blanche*, n° spécial B/1957.

mensions du bassin, par suite de la présence d'un point amphidromique virtuel, et ceci d'autant plus que le frottement est faible.

c) *Courants*. — Les effets du frottement et de la force de Coriolis sont plus complexes. En l'absence de la force de Coriolis, avec ou sans frottement, le champ de courant est symétrique par rapport à la bissectrice de l'angle droit du bassin triangulaire, la rotation du vecteur vitesse s'effectuant dans des sens différents de part et d'autre (fig. 5). Sans frottement et avec force de Coriolis, le vecteur vitesse tourne partout dans le même sens correspondant à celui de la rotation de la plateforme. Si le frottement augmente, il apparaît une zone où le vecteur vitesse tourne en sens inverse; l'importance de cette zone s'accroît d'autant plus que le frottement augmente, mais d'autant moins que l'aire océanique considérée est importante, celle-ci étant toujours considérée centrée à la même latitude, c'est-à-dire pour un effet Coriolis donné. Enfin, lorsque le frottement est très important, la zone où le vecteur vitesse tourne en sens inverse de la rotation de la plateforme gagne la totalité de la surface du bassin.

#### 4° CONCLUSION SUR L'ÉTUDE DE LA MARÉE DANS UN BASSIN TRIANGULAIRE.

Les résultats énoncés précédemment trouvent leur application dans la représentation sur modèle réduit fixe d'une zone marine dont la forme se rapproche du triangle rectangle isocèle, la marée étant en phase sur la ligne représentée par l'hypoténuse du triangle. Les marnages dans le cas d'un bassin de l'ordre de 100 km de côté seront représentés sur le modèle fixe avec une précision suffisante. L'erreur de 20 minutes sur la propagation de la marée est acceptable si la partie du modèle intéressée par les travaux à étudier est petite, comme c'est le cas pour l'étude de l'usine marémotrice des îles Chausey sur un modèle réduit représentant la totalité du golfe de Saint-Malo.

Dans la nature, le sens de rotation des courants dépend de l'importance du frottement

Si, par chance, la zone à étudier est partagée en deux régions d'égales surfaces dans lesquelles le vecteur vitesse tourne en sens inverse, on peut représenter sur modèle réduit fixe le champ de courant d'une manière satisfaisante. En effet, les sens de rotation des courants (fig. 5) peuvent alors coïncider sur le modèle fixe et sur son homologue tournant.

Si, dans la nature, le frottement est faible, le vecteur vitesse tourne sur la totalité du bassin dans le même sens que la rotation de la Terre (le sens trigonométrique dans l'hémisphère nord). Le modèle fixe correspondant conduit à un champ de courant tournant dans le sens correct sur la moitié du bassin, par exemple la moitié sud si le sommet de l'angle droit du triangle est situé au sud-est de l'hypoténuse. Les résultats sont inverses dans l'hémisphère sud. Si maintenant le frottement dans la nature est important, le vecteur vitesse tourne en sens inverse de la rotation terrestre. Le modèle non tournant homologue ne donne un champ de courant correct que sur la moitié opposée. La conclusion générale, en ce qui concerne les courants, est donc que le modèle fixe peut donner au moins un champ de courant assez correct sur la moitié du domaine. Nous verrons plus loin l'application au cas du golfe de Saint-Malo.

#### 5° CALCULS THÉORIQUES.

Divers calculs théoriques de diffraction de marée dans les cas schématiques ont été effectués au Laboratoire National d'Hydraulique. Nous citerons seulement le cas, non encore publié, du calcul de la diffraction de la marée sur une jetée semi-indéfinie en tenant compte de la force de Coriolis, mais en négligeant le frottement. La jetée semi-indéfinie peut représenter la presqu'île du Cotentin et l'onde incidente de crête parallèle à la jetée figure l'onde-marée venue de l'Atlantique et se propageant dans la Manche. Une solution du problème a été explicitée; cette solution, encore incomplète, dépend d'un paramètre arbitraire. Les calculs numériques ont été effectués en fonction de ce paramètre. Ils conduisent à une forme de l'onde-marée naturelle; il en est de même pour le champ de courant et en particulier en ce qui concerne la rotation du vecteur vitesse.

### III. — APPLICATION A LA REPRESENTATION DU GOLFE DE SAINT-MALO SUR MODELE FIXE

L'onde-marée à profil légèrement incliné pénètre dans le golfe de Saint-Malo entre Bréhat et Guernesey, et sort par le Raz Blanchart entre Aurigny et le Cap de la Hague environ 70 minutes après (fig. 6). L'onde-marée se propage d'abord dans le sens ouest-est, pivote ensuite autour d'un point situé au large de Guernesey, puis se dirige vers le nord. Dans le golfe de Saint-Malo (fig. 7), le vecteur vitesse tourne dans le même sens que la rotation terrestre; il faut aller au large de la ligne Bréhat-Aurigny pour rencontrer des roses de courant parcourues dans le sens trigonométrique.

Grossièrement, on peut assimiler le golfe de Saint-Malo à un triangle isocèle. Le modèle schématique triangulaire pourrait s'appliquer en ce qui concerne la forme, mais pas en ce qui

concerne la production des conditions aux limites. De l'examen du champ de courant, on peut en déduire que le frottement est assez faible.

Compte tenu de la non-représentation totale des conditions aux limites, surtout aux abords du Raz Blanchart, on peut énoncer les conclusions suivantes. Sur un modèle fixe où les conditions aux limites naturelles sont bien représentées, le marnage doit être correctement reproduit. Si on admet que le bassin triangulaire schématise le golfe de Saint-Malo, la rotation de la terre augmente le marnage sur la côte entre Bréhat et Saint-Malo. Mais cette augmentation, négligée sur modèle fixe, n'est que de 5 %. De même, sur la côte ouest de la presqu'île du Cotentin, de La Hague à Granville, les marnages seront les mêmes sur le modèle fixe ou le modèle tournant.

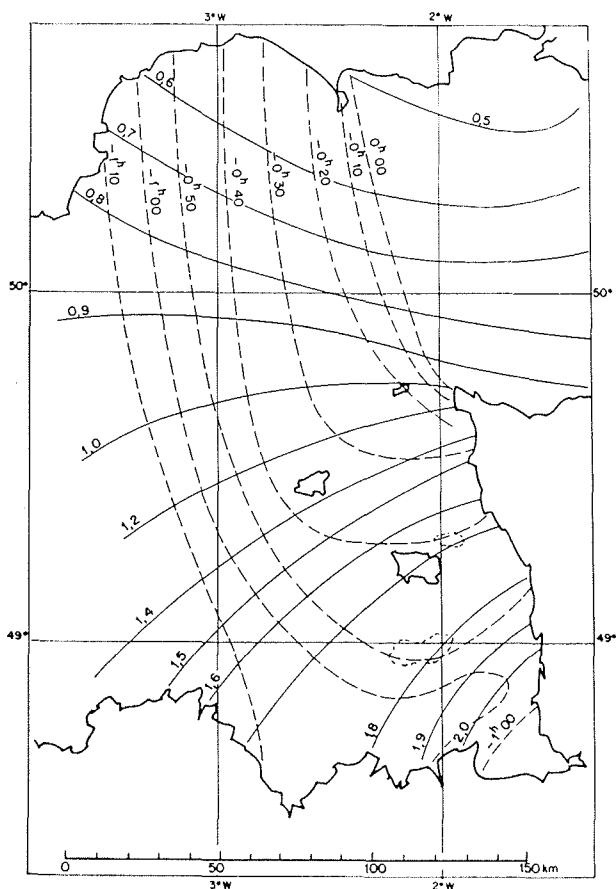


FIG. 6

Marée réelle;  
heures et amplitudes rapportées à la Hague.

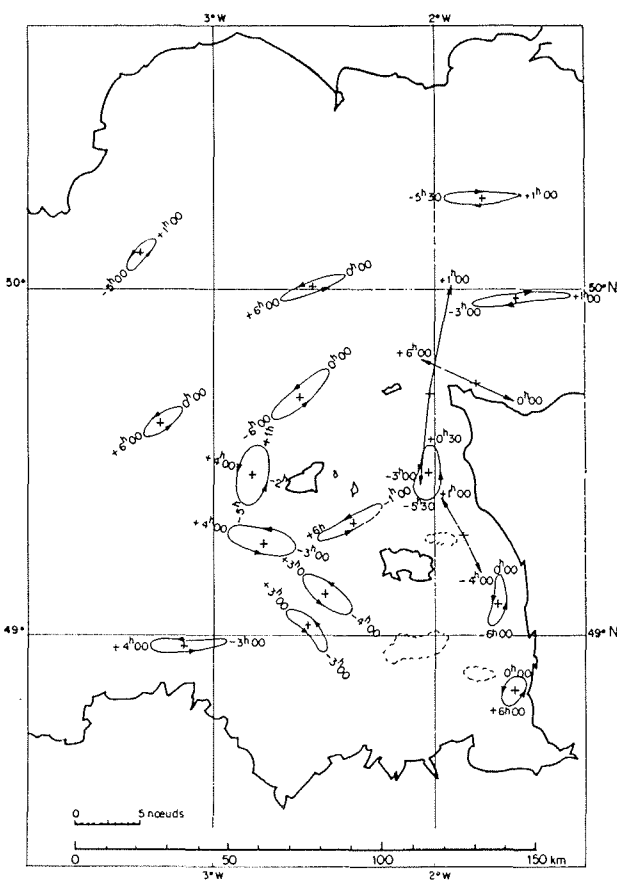


FIG. 7

Courants réels;  
heures rapportées à la pleine mer à la Hague.

L'erreur sur la propagation sur modèle fixe ne peut être qu'inférieure à l'écart de 20 mn noté sur le modèle triangulaire. Cette différence de phase serait bien moindre si la réalisation de la condition aux limites était prévue pour produire, le long de la limite du modèle, la différence de phase constatée dans la nature.

Compte tenu de ce que, dans la nature, le vecteur vitesse tourne partout dans le sens trigonométrique, le modèle fixe ne donne *a priori* un champ de courant correct que dans la partie sud du modèle, c'est-à-dire le long de la côte bretonne. Or, cette partie est la plus intéressante pour l'étude de l'usine marémotrice des îles Chausey. En effet, le modèle de la Manche au

1/50 000° a montré que la perturbation due à l'usine est surtout sensible dans le chenal de direction ouest-est limité au sud par la côte bretonne et au nord par la ligne Guernesey-Les Minquiers-Chausey. Dans la partie du modèle située au nord de la ligne Guernesey-Chausey, l'étude sur modèle triangulaire tournant conduit à penser que le champ de courant sera incorrect. C'est alors qu'interviennent de façon intéressante, d'une part les conditions aux limites dans la zone Guernesey-Cap de La Hague, et d'autre part la topographie des lieux qui, compte tenu des îles et de la côte, se traduit par une série de chenaux où le caractère giratoire des courants est réduit.

#### IV. — CONCLUSION

On peut, dans l'état actuel de la connaissance, dire que, sur un modèle fixe, le marnage sera assez bien représenté et que le champ de courant aura un sens de rotation correct dans la moitié sud-ouest du modèle, puisque les résultats des essais sur modèle fixe et les données naturelles ne coïncident que dans cette région. Dans la partie nord-ouest du golfe de Saint-Malo, il ne faut pas compter sur l'influence du frottement pour rétablir la rotation du champ de courant, mais seulement sur la force de Coriolis et éventuellement, jusqu'à preuve du contraire, sur les conditions aux limites. Ce résultat n'exclut pas la réalisation plus économique de modèle non tournant, puisque la partie d'étude intéressante de ces modèles se situe justement dans la moitié sud-ouest du golfe de Saint-Malo.

Les études précédentes ne permettent donc

pas encore de répondre complètement à la question posée, à savoir la détermination précise des conditions de reproduction des phénomènes de marée sur modèle réduit hydraulique. Elles permettent cependant déjà de présumer qu'un modèle fixe peut donner des résultats satisfaisants tout au moins dans la partie intéressante, c'est-à-dire le sud du golfe de Saint-Malo. Pour répondre de façon plus précise en ce qui concerne le reste de la zone intéressée, un modèle réduit tournant du golfe de Saint-Malo est construit à l'échelle de 1/50 000° en plan et 1/500° en hauteur. Les conditions aux limites étant bien reproduites sur ce modèle, il doit permettre, par comparaison avec le modèle fixe, d'indiquer quelles incidences on peut attendre, dans le cas particulier, de toutes modifications des conditions aux limites ou du frottement.

#### DISCUSSION

Président : M. LACOMBE

M. le Président remercie M. BONNEVILLE de son exposé, qui montre l'importance essentielle de la force de Coriolis dans les domaines très étendus.

M. le Président relève un point particulier : sur le modèle fixe au 1/50 000° initial, la reproduction de la marée était très correcte dans la totalité du bassin oriental de la Manche : ceci est, peut-être, dû à la présence d'une onde quasi-stationnaire, mais peut-être aussi au fait du voisinage d'un point mort d'une amphidromie de Kelvin, point où l'amplitude est maximum, et où le courant est nul et aussi la force de Coriolis ; par conséquent, selon la nature de l'onde en un point, la force de Coriolis aura plus ou moins d'importance.

M. BIÉSEL pose les trois questions suivantes :

1<sup>re</sup> question :

Est-il possible de préciser numériquement le fait que la perturbation due au fonctionnement de l'usine ne s'étend pas au-delà du golfe de Saint-Malo? — Quelle est la valeur résiduelle de cette perturbation, et pour quelle puissance de l'usine a-t-elle été mesurée?

2<sup>e</sup> question :

Que se passerait-il si la puissance de l'usine était de 20 millions de kW, ce qui représenterait à peu près l'énergie dissipée actuellement en frottements dans le

golfe de Saint-Malo? Comme les mouvements dans le golfe ne sauraient disparaître complètement, il semble que l'énergie devrait nécessairement venir de l'extérieur. — Les perturbations aux limites, même faibles, seraient alors essentielles au fonctionnement de l'usine.

*3<sup>e</sup> question :*

Lesdites perturbations sont probablement à peu près proportionnelles à la puissance de l'usine; est-ce que cela a été observé?

M. BONNEFILLE répond :

*1<sup>re</sup> question :*

La puissance de l'usine était de 10 000 MW pour un débit maximum de l'ordre de 200 à 300 000 m<sup>3</sup>/s et la perturbation s'étendait jusqu'à la ligne Les Héraux de Bréhat-Guernesey, où elle était de l'ordre de 15 à 20 cm sur les marnages; à proximité de l'usine, elle pouvait atteindre 2 m.

*2<sup>e</sup> question :*

Les 10 millions de kW sont pris sur le frottement du golfe de Saint-Malo : c'est ce que montre le modèle, puisque le fait de faire fonctionner l'usine a amené une réduction des courants dans cette région, d'où une diminution de l'énergie consommée par frottement. Pour 20 millions de kW, le problème est différent.

*3<sup>e</sup> question :*

Les perturbations sont proportionnelles au débit de l'usine jusqu'à 300 000 m<sup>3</sup>/s, correspondant à 10 millions de kW; après, elles paraissent croître de façon quadratique en fonction du débit de l'usine. — Pour une usine de 20 000 MW, il faudrait probablement construire un modèle plus loin que les Héraux de Bréhat et tenir compte davantage de la force de Coriolis.

M. le Président ajoute à cela que, l'énergie utilisée étant beaucoup plus grande, l'amplitude de la marée pourrait être notablement réduite.

