

HYDROGRAPHIE.

---

DES

## COURANTS DE MARÉE

SUR LE LITTORAL DE LA BELGIQUE,

PAR

M. STESELS,

LIEUTENANT DE VAISSEAU DE 1<sup>re</sup> CLASSE, HYDROGRAPHE.

---

Les protubérances liquides formées par l'attraction du soleil et de la lune sur les mers qui enveloppent le globe, sont constamment en mouvement d'après les lois dépendantes de la marche de ces astres et des circonstances locales où le phénomène se produit.

Le mouvement de ces ondes doit être considéré d'abord indépendamment du déplacement du liquide qui en est la conséquence, c'est-à-dire qu'il faut étudier séparément le déplacement de la forme de la surface liquide. Lagrange, dans sa *Mécanique analytique*, t. II, p. 335, traite le cas de la propagation d'une onde dans un canal horizontal. Comme l'eau, dans ce mouvement, n'est supposée ébranlée qu'à une petite profondeur il donne la vitesse de l'onde par la formule :

$$n^2 = 9.808.\alpha$$

$\alpha$  étant la profondeur à laquelle l'agitation cesse et  $n$  la vitesse de l'onde par seconde ; elle montre que les vitesses

sont proportionnelles aux racines carrées des profondeurs. Mais, sur la forme de l'onde elle-même l'eau se met en mouvement et la vitesse qu'elle acquiert ainsi, participant à la fois du courant dû à la dénivellation de la marée, et de la vitesse propre de l'onde, donne les courants de marée dont je vais chercher les lois, sur notre littoral, au moyen des observations que j'ai fait faire dans ce but.

Parmi les différentes circonstances du phénomène qui va nous occuper, une des choses qui frappent le plus le navigateur qui fréquente la mer du Nord, c'est la non concordance des étales des courants de flot et de jusant avec l'instant de la haute ou de la basse mer.

La différence qui existe entre l'heure de la pleine mer et celle de l'étales de flot est d'une connaissance indispensable surtout pour le cabotage à vapeur ; il n'y a pas de doute en effet que le capitaine instruit des variations qu'il doit attendre dans les courants de marée pourra raccourcir beaucoup sa route. Mais les courants littoraux ont de plus une influence très-grande sur la marche des alluvions ainsi que sur les modifications subies par les bancs ; leur étude, qui fait l'objet d'observations suivies en France et en Angleterre, intéresse donc aussi au plus haut point l'ingénieur qui s'occupe des ports et de leurs améliorations.

Pendant les sondages opérés, par ordre du ministre des affaires étrangères pour dresser une nouvelle carte des bancs de Flandres, j'ai porté toute mon attention vers le phénomène qui va nous occuper, et je me suis efforcé de recueillir le plus de données possible, pour établir toutes les circonstances du mouvement des eaux pendant les différentes heures de la marée. Les traditions établies parmi les pêcheurs et les pilotes sont les suivantes : il est étales de flot dans les bancs de Flandres environ trois heures avant marée haute à Ostende ; c'est alors que le premier flot commence et qu'il porte vers terre. L'époque de la

marée haute à terre correspond avec le plus fort du flot, le courant se dirige alors le long de terre venant de la Manche ; plus tard, en diminuant d'intensité il se dirige un peu vers le large.

Le premier jusant se dirige vers le large ; il acquiert sa plus grande vitesse à l'instant de la marée basse, sa marche suit alors la direction de la côte vers l'Ouest ; après cela il s'infléchit peu à peu vers la terre.

Tel est à peu près le phénomène que j'avais à observer et dont je me proposais de déterminer les différents éléments avec tout le soin possible.

Je fis, à cet effet, observer les courants de marée aux deux feux flottants que la Belgique entretient sur ses côtes pour la sécurité de la navigation ; les observations furent continuées de demi-heure en demi-heure, pendant une année entière au feu du West-Hinder et à celui du Paardemarkt.

Pour éviter toute fausse interprétation j'appellerai toujours par la suite *flot* le courant dans le sens de la marche de l'onde marée et *jusant* le courant qui se manifeste en sens contraire.

Euler a démontré le premier que dans le cas d'une seule onde se propageant librement dans un canal à deux issues, le maximum de vitesse du flot est atteint au moment de la haute mer.

En partant de ce principe l'étalement de flot doit retarder de trois heures sur l'heure de la marée haute. C'est d'ailleurs la supposition faite par M. Whewell et plus tard par M. Monnier, pour arriver à une explication satisfaisante des marées de la Manche, par la supposition de la propagation d'une onde unique venant de l'Ouest.

Cette supposition conduisait à une explication assez plausible des différents cas ; en effet si le canal, au lieu de rester ouvert à ses deux bouts, est fermé à une de ses extrémités, l'étalement du courant qui amène la haute mer coïnci-

dera avec celle-ci. Le retrécissement plus ou moins prononcé du canal donnait donc ainsi la raison des reversements de courant se produisant à moins de trois heures après la marée haute. Mais les choses ne se passent pas comme l'indiquait la théorie ; aussi les difficultés soulevées dans l'explication des marées de la Manche, par la marche d'une onde unique, portèrent-elles M. Keller, dans son exposé des courants de la Manche et de la mer d'Allemagne, à considérer la marche de deux ondes se dirigeant en sens contraire.

C'est d'ailleurs ce qui existe en réalité ; deux ondes sont toujours en mouvement en même temps dans la Manche et dans la partie méridionale de la mer du Nord : l'une marche de l'Ouest à l'Est en venant de l'Océan par le cap Lizard et l'autre venant du Nord de l'Angleterre rentre dans le Pas-de-Calais, marchant en sens contraire de la première et se superposant à celle-ci.

De là résultent tous les phénomènes dus à l'interférence de deux ondes : c'est-à-dire que lorsque les sommets se rencontrent il y a augmentation de niveau, les ondes s'ajoutent mais les vitesses se retranchent ; et que plus loin quand le creux de l'une des ondes correspond au sommet de l'autre, le niveau est abaissé mais les vitesses s'ajoutent. Donc dans les premiers points : grande amplitude et peu de courant et dans les seconds au contraire, peu d'amplitude et des courants intenses.

Cette loi se vérifie très-bien dans la Manche comme le fait voir l'ouvrage de M. Keller et la discussion des heures de la marée haute comparées aux étales de flot a montré à cet ingénieur que la marche de l'étales est accélérée dans les élargissements et qu'il en est de même dans la progression du maximum de vitesse qui occupe le milieu de la durée du courant.

Les deux ondes qui produisent les différents phénomènes de la marée dans la Manche existent aussi en même temps

sur les côtes de la Belgique, aussi est-il intéressant de rechercher si les résultats de l'interférence de ces ondes se manifestent encore sur notre littoral.

L'ouvrage de M. Keller donne les résultats suivants dans la Manche :

	MAXIMUM.	MINIMUM.	MAXIMUM.
<b>CÔTE D'ANGLETERRE.</b>	<b>STRAT POINT.</b>	<b>POOLE.</b>	<b>BEACHY HEAD.</b>
Établissement. . . . .	5h 27m.	8h 53m.	11h 18m.
Amplitude. . . . .	9m75.	4m56.	7m02.
<b>CÔTE DE FRANCE.</b>	<b>HÉAUX.</b>	<b>BARFLEUR.</b>	<b>CATEUX.</b>
Établissement. . . . .	5h 22m.	8h 59m.	11h 12m.
Amplitude. . . . .	9m75.	5m52.	9m00.

D'après ce tableau, un second minimum doit se présenter avec l'établissement de 2<sup>h</sup> environ.

Cela nous place sur la côte de Hollande, entre l'Escaut et le Texel, et en effet sur les bancs de cette partie de la côte de la mer du Nord la marée n'a que très-peu d'amplitude tandis que les courants qu'elle produit y sont très-remarquables.

A l'embouchure de la Meuse, en dehors de l'influence des principaux bancs, le courant de la marée porte pendant six heures dans chaque direction ; mais on ne ressent la montée des eaux que pendant les trois premières heures du flot, la mer baissant ensuite pendant neuf heures. Ainsi lors des syzygies, le flot commence à midi et à 3<sup>h</sup> il atteint son maximum de hauteur : 1<sup>m</sup>4 environ.

Les observations faites en 1832 par les hydrographes de l'amirauté anglaise dans la Manche ayant établi l'existence des courants giratoires provenant de la marée, plus

tard les travaux de M. Beechey publiés en 1851, sur la partie méridionale de la mer du Nord montrèrent que dans les parages compris entre le détroit de Douvres et le parallèle du Texel, les courants de flot et de jusant du large sont presque strictement opposés et pour ainsi dire invariables de direction, tant que leur vitesse est appréciable.

Voici comment le *Tide table* renseigne les courants qui nous occupent :

**Compartment VIII**

*Entre l'embouchure de la Tamise et la côte des Pays-Bas, au Sud de 52° de latitude.*

HEURES.	ENTRÉ 2° ET 3° EST		A L'EST DE 3° EST		REMARQUES.
	DIRECTIONS.	VITESSES (4).	DIRECTIONS.	VITESSES	
Après marée haute à Douvres.	1	ENE 1/4 E.	ENE 1/4 P. EN.	Flot 2.5 à 3.0 nœuds. Jusant 2.0 à 3.0 »	Le courant de l'Escaut du NO q O par 3° Est, tourne brusquement au NE.
	2	ENE.	NE q. E.		
	3	NE.	NE 1/2 E.		
	4	NE 1/2 E.	NE 1/2 E.		
	5	NE 1/2 E.	NE 1/2 E.		
	6	NE.	NNE 1/4 E.		
Avant marée haute à Douvres.	5	OSO 1/4 S.	OSO.	Maximum aux syzygies.	Par 2° 30' Est, le courant de l'Escaut du NO q. O, tourne brusquement au NNE 1/2 E
	4	SO 1/4 O.	SO 3/4 O.		
	3	SO.	SO 3/4 O.		
	2	SO.	SO 1/2 O.		
	1	SO.	SO 1/4 O.		

L'établissement du port à Douvres est de	11 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>
» » à Flessingue	0 <sup>h</sup> 54
différence	<hr/> 1 <sup>h</sup> 42'

(4) La vitesse de un nœud correspond à 30<sup>m</sup>35 par minute ou 0<sup>m</sup>501 par seconde.

M. Beechey attribuait la rotation des courants au large au croisement de deux ondes coexistantes dont la direction se coupe sous un certain angle. Ces mouvements giratoires ne doivent pas être confondus avec ceux qui ont leur cause dans la combinaison des courants de propagation avec le mouvement latéral de va et vient, correspondant à la montée et à la descente alternatives des eaux sur le rivage.

Il est facile de concevoir en effet, que par suite de la combinaison du mouvement des courants de marée avec le courant dû à l'écoulement des eaux sur les rivages, placés à la droite du sens de la propagation de l'onde marée, le mouvement giratoire, qui doit faire le tour du compas en douze heures, sera en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre ou de droite à gauche ; et que, près des rivages situés à la gauche de la direction de l'onde, les courants orbitaires de la marée sur ces rivages se feront dans le sens de la marche des aiguilles d'une montre ou de gauche à droite.

Ces diverses circonstances se présentent réellement sur les côtes de France et sur celles d'Angleterre, il restait à voir comment elles ont lieu sur la côte de Belgique et si les conclusions de M. Beechey pouvaient s'y appliquer.

#### WEST-HINDER.

Le feu flottant du West-Hinder est placé en dehors de la zone où les courants du rivage peuvent exercer une influence sensible sur le reversement des marées ; aussi les observations faites à bord de ce feu seront-elles très-utiles pour vérifier les résultats donnés par M. Beechey pour la partie méridionale de la mer du Nord.

Pour rendre les observations comparables nous les avons rapportées au temps de la marée haute à Flessingue ; les directions du courant, suivant l'usage des marins, sont don-

nées d'après le compas affecté de la variation et les vitesses sont représentées en mètres par minutes.

Afin de juger de l'influence des phases de la lune sur ces courants je les ai classés dans la table ci-jointe d'après la suite des jours qui suivent les syzygies.

Les observations faites à bord du bateau-feu, donnent pour l'établissement du port 0<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> c'est-à-dire qu'il y est marée haute 42 minutes plus tôt qu'à Flessingue.

Le tableau des mouvements de la marée montre que le flot commence à porter vers terre 9<sup>h</sup> 53' après marée haute à Flessingue ou 1<sup>h</sup> 49' avant marée haute à bord, sa vitesse est alors de 3<sup>m</sup>,4 par minute; il atteint sa plus grande vitesse (36 mètres par minute en moyenne dans la direction du N 65° 26' 0 par compas) à une heure après marée haute à Flessingue, ou 1<sup>h</sup> 42 minutes après marée haute à bord.

Le jusant commence à porter vers le large 4<sup>h</sup> 05<sup>m</sup> après marée haute à Flessingue ou 4<sup>h</sup> 47' après marée haute à bord, sa vitesse est alors de 6<sup>m</sup>,1 par minute; il atteint sa plus grande vitesse (40<sup>m</sup>,8 par minute en moyenne dans la direction du S 68° 10' Ouest par compas) 7<sup>h</sup> 15' après marée haute à Flessingue ou 7<sup>h</sup> 57' après marée haute à bord.

Au bateau-feu du West-Hinder, le courant de flot dure en moyenne 6<sup>h</sup> 36' et sa plus grande valeur arrive 3<sup>h</sup> 31' après son commencement, le courant de jusant dure en moyenne 5<sup>h</sup> 48' seulement et sa plus grande valeur arrive 3<sup>h</sup> 10' après son commencement.

Les vents ont une influence très-marquée sur les courants de marée, surtout pendant leur renversement ils agissent sur les directions transversales.

L'ensemble des observations montre aussi que les courants de marée suivent au West-Hinder un parcours orbitaire inverse et qu'ils sont par suite soumis encore à l'influence de la côte, bien que le feu en soit à la distance de 17 milles (21 5 kilomètres).

La direction du banc près duquel est mouillé le feu est



N 52° E environ, c'est à peu près la direction suivie par le maximum du flot et du jusant.

Ce sont les courants transversaux qui entretiennent les bancs du littoral et ce sont les courants longitudinaux qui creusent les passes qui les séparent.

Les premiers ont leur maximum deux jours après les syzygies, les seconds varient moins avec l'âge de la lune ; ils montrent cependant un maximum à la même époque que les premiers et un minimum quatre jours après la quadrature ; époque à laquelle les courants longitudinaux ont leur plus petite valeur et sont presque directement alternatifs.

La valeur moyenne de la résultante des courants au West-Hinder est N 29° O avec une vitesse de 17<sup>m</sup> ; c'est la direction suivant laquelle un flotteur s'éloignerait de la côte après avoir été chaque fois pris dans le courant de marée. Après 12<sup>h</sup> 24<sup>m</sup> le flotteur aurait donc, parcouru 1020<sup>m</sup> dans cette direction.

Les plus grandes vitesses ne dépassent pas souvent 48 mètres par minute, ou 0<sup>m</sup> 80 par seconde ; cette vitesse serait suffisante pour faire marcher les sables et même les graviers si elle se maintenait jusqu'au fond.

Seulement, les vitesses transversales n'étant en général que 0<sup>m</sup>,10 par seconde il s'en suit que les vases et les sables légers sont seuls entraînés vers le large et encore ceux qui marchent sur le fond sont-ils arrêtés contre l'accroche méridionale des bancs, où l'on rencontre toujours de la vase.

## Fou flottant du West-Hinder.

ÉPOQUES.	LORS DE LA		1 HEURE		2 HEURES		3 HEURES		4 HEURES		5 HEURES
	MARÉE HAUTE		après la		après la		après la		après la		après la
	à		à		à		à		à		à
	FLESSINGUE.		FLESSINGUE.		FLESSINGUE.		FLESSINGUE.		FLESSINGUE.		FLESSINGUE.
	N	E	N	E	N	E	N	E	N	O	S
Syzygies.	41.9	37.3	47.9	44.6	46.1	33.4	44.2	23.4	8.5	3.5	3.4
1 jour après.	16.6	42.2	17.8	42.6	17.1	33.8	13.6	23.6	9.5	5.2	2.4
2 » »	18.1	43.5	18.3	44.7	18.5	35.7	15.8	26.4	10.1	3.9	0.1
3 » »	17.6	42.0	17.7	38.0	17.3	34.0	16.4	20.4	9.1	4.0	0.9
4 » »	15.5	36.1	16.3	34.9	15.1	27.1	12.1	6.8	4.7	15.0	3.3
5 » »	14.9	32.1	14.6	31.4	12.3	24.8	7.8	12.6	5.6	6.8	1.5
6 » »	15.8	31.2	14.9	29.3	13.0	23.6	14.2	12.1	7.1	-3.9	-0.2
7 » »	11.1	24.2	13.5	22.6	15.0	22.6	14.6	22.7	9.1	-4.6	-3.0
8 » »	11.3	13.1	11.1	19.9	10.9	19.3	11.5	15.2	7.8	-6.1	-3.1
9 » »	10.4	14.7	11.8	21.2	10.8	18.8	8.5	8.5	4.0	-3.4	1.0
10 » »	15.9	19.3	11.7	22.7	13.4	21.5	8.4	15.0	0.9	0.7	4.3
11 » »	6.7	21.1	12.7	25.1	11.4	16.5	11.9	23.4	1.2	-1.2	6.5
12 » »	10.2	22.9	12.7	26.2	15.4	27.2	10.6	16.7	-1.1	2.0	3.7
13 » »	44.9	33.8	15.1	37.8	13.9	30.6	11.9	22.5	5.3	-4.3	-1.3
14 » »	13.7	32.5	16.9	40.6	14.4	32.0	15.9	26.7	6.9	4.0	2.5
15 » »	15.4	41.4	17.9	44.1	16.0	34.3	13.8	23.7	7.0	3.9	1.7
Moyennes . .	13.8	30.5	15.1	32.8	14.4	27.2	12.6	18.7	6.0	1.6	1.4
Routes et vitesses . . .	N 66°; E 34, m 0		N 66°; E 37, m 0		N 62°; E 31, m 0		N 56°; E 22, m 3		N 15°; O 6, m 2		S 85°

Dans ce tableau les courants ont été projetés sur la méridienne magnétique et sur sa perpendiculaire.  
La variation du compas est de 20° NO environ.

Années 1864 et 1865.

HEURES. Après la MARÉE HAUTE à FLESSINGUE.	6 HEURES après la MARÉE HAUTE à FLESSINGUE.		7 HEURES après la MARÉE HAUTE à FLESSINGUE.		8 HEURES après la MARÉE HAUTE à FLESSINGUE.		9 HEURES après la MARÉE HAUTE à FLESSINGUE.		10 HEURES après la MARÉE HAUTE à FLESSINGUE.		11 HEURES après la MARÉE HAUTE à FLESSINGUE.	
	O	S	O	S	O	S	O	S	O	S	E	N
21.7	19.3	41.6	19.9	52.4	18.2	41.5	14.7	29.7	2.7	3.1	6.0	29.2
22.1	9.5	30.8	17.6	44.7	19.0	42.7	10.8	21.2	2.4	10.4	8.9	32.8
13.2	14.6	33.2	20.2	47.0	21.9	43.0	13.8	30.9	4.2	10.3	9.3	27.2
41.4	10.3	34.7	16.7	46.4	16.7	43.2	15.9	32.0	1.2	6.7	10.0	32.9
22.6	11.7	33.6	15.2	39.7	15.0	44.1	13.6	32.8	-0.7	4.0	12.3	30.4
19.2	9.0	28.1	14.0	35.5	14.2	32.3	11.1	25.8	-3.2	10.2	11.1	24.1
16.4	7.9	30.0	10.5	30.0	14.5	33.9	11.3	22.0	-0.5	9.6	5.1	21.0
9.6	2.8	16.6	10.0	30.6	11.1	29.0	6.3	17.1	2.9	2.0	8.1	11.9
7.8	2.5	19.7	12.0	28.4	12.9	29.8	10.1	22.1	3.7	-6.4	9.1	10.1
11.1	6.9	19.3	10.1	24.2	13.3	27.3	9.3	21.6	1.0	-1.0	4.9	6.2
14.8	8.6	19.8	13.9	29.4	11.3	29.7	9.3	20.0	6.7	-5.1	5.4	10.8
14.4	6.4	24.1	11.5	33.6	11.1	23.5	11.0	19.9	-2.3	1.9	6.1	16.9
19.1	11.1	29.6	11.2	30.9	11.1	30.2	13.9	19.2	-0.4	5.7	8.5	18.4
14.1	7.4	27.2	14.8	39.1	13.7	38.8	14.4	22.1	3.1	7.0	7.7	22.6
18.1	14.2	33.6	18.7	48.8	17.7	40.8	18.2	31.6	1.7	5.5	9.5	28.4
18.4	19.0	40.3	18.0	41.5	20.6	41.1	12.5	21.7	4.1	8.1	8.4	31.9
15.9	10.1	28.9	14.6	37.6	15.3	35.7	12.3	24.4	1.7	4.5	8.1	22.2
16, m0	S 71° O; 31, m0		S 69°; O 40, m0		S 67°; O 39, m0		S 64°; O 27, m5		S 69°; E 4m, 8		S 70°; E 24, m0	

diculaire afin de rendre les résultats plus facilement comparables.

ÉPOQUES.	FLOT (VERS L'Est).						JUSANT (VERS L'OUEST).					
	VALEUR MAXIMA			VALEUR MINIMA			VALEUR MAXIMA			VALEUR MINIMA		
	Heures après marée hte à Flessing	Routes p. c.	Vitesse	Heures après marée hte à Flessing	Routes.	Vitesse	Heures après marée hte à Flessing	Routes.	Vitesse	Heures après marée hte à Flessing	Routes.	Vitesse
Syzygies.	H 4 00'	N 60° 40' E	M 48.0	H 9 57'	S 28° 04' E	M 3.6	H 6 58'	S 68° 35' O	M 36.2	H 4 00'	N 23° 18' O	M 9.2
1 jour.	4 05'	N 68° 38' E	46.0	9 42'	S 13° 05' E	4.4	7 20'	S 67° 43' O	49.0	4 00'	N 28° 43' O	10.7
2 »	4 10'	N 66° 45' E	48.6	9 47'	S 14° 45' E	7.4	7 48'	S 66° 29' O	51.9	4 00'	N 22° 0' O	10.8
3 »	0 0'	N 68° 30' E	46.0	9 50'	S 22° 45' E	3.7	6 55'	S 73° 46' O	49.7	4 00'	N 31° 46' O	10.8
4 »	0 25'	N 69° 57' E	35.4	9 54'	S 30° 47' E	0.9	7 55'	S 70° 35' O	46.7	3 25'	N 21° 09' O	10.0
5 »	0 0'	N 65° 10' E	36.0	9 43'	S 28° 0' E	4.1	7 45'	S 67° 34' O	39.0	3 35'	N 40° 35' O	6.7
6 »	0 05'	N 62° 25' E	35.0	9 42'	S 28° 0' E	2.8	8 04'	S 65° 55' O	37.4	4 47'	N 17° 22' O	5.8
7 »	0 35'	N 63° 54' E	28.1	10 0'	S 25° 39' E	3.2	7 20'	S 68° 40' O	33.3	4 30'	N 25° 14' O	7.0
8 »	0 43'	N 58° 38' E	23.7	10 15'	0	0	7 40'	S 64° 51' O	32.6	4 35'	N 17° 27' O	8.4
9 »	0 54'	N 58° 50' E	24.7	10 08'	S 29° 40' E	0.5	8 05'	S 63° 28' O	30.4	4 48'	N 45° 04' O	3.3
10 »	0 38'	N 57° 57' E	27.0	10 24'	S 49° 50' E	3.3	7 30'	S 64° 32' O	33.4	4 58'	N 49° 36' O	4.1
11 »	1 20'	N 63° 57' E	28.4	10 06'	N 33° 50' E	1.4	7 05'	S 70° 42' O	35.3	5 00'	N 33° 0' O	0.3
12 »	1 50'	N 60° 00' E	31.3	9 50'	S 35° 0' E	3.6	7 0'	S 79° 51' O	32.9	3 54'	0	0
13 »	1 00'	N 68° 40' E	40.6	9 50'	S 27° 18' E	5.7	7 25'	S 70° 40' O	42.4	4 18'	N 46° 0' O	4.0
14 »	1 00'	N 67° 07' E	44.0	9 54'	S 26° 0' E	3.9	7 05'	S 68° 49' O	52.6	4 00'	S 29° 49' O	8.0
15 »	1 40'	N 67° 42' E	47.4	9 48'	S 22° 0' E	6.6	7 30'	S 65° 37' O	46.6	3 58'	S 22° 57' O	7.9
Moyenne.	4 00'	N 63° 26' E	36.0	9 53'	S 26° 52' E	3.4	7 15'	S 68° 40' O	40.8	4 05'	N 24° 25' O	6.1

## PAARDE-MARKT.

Près de la côte les courants participent davantage de la forme des plages et lorsqu'ils se produisent près de l'embouchure d'une rivière ils dépendent encore de l'écoulement de l'eau du fleuve. Les observations, faites pendant une année au bateau-feu du Paarde-markt, mouillé dans la passe des Wielingen sont à cet égard très-intéressantes à étudier.

Les observations sont classées dans le tableau suivant de la même manière qu'elles l'ont été pour le feu flottant du West-Hinder.

L'établissement du port au Paarde-markt est de 0<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>, c'est-à-dire qu'il y est marée haute environ 14 minutes plus tôt qu'à Flessingue, lors des syzygies.

Le flot commence à porter vers terre 4<sup>h</sup> 18', avant marée haute à Flessingue ou 4<sup>h</sup> 04' avant marée haute à bord; sa vitesse est alors de 0<sup>m</sup>,9 par minute.

Il atteint sa plus grande vitesse (65<sup>m</sup> en moyenne par minute) une heure 24' avant marée haute à Flessingue, ou environ 1<sup>h</sup> 10' avant marée haute à bord, sa direction est alors le S 77° 40' E du compas.

Le jusant commence à porter vers le large 2<sup>h</sup> 02' après marée haute à Flessingue ou 2<sup>h</sup> 16' après marée haute à bord; il atteint son maximum de vitesse (57<sup>m</sup> par minute en moyenne) 4<sup>h</sup> 54' après marée haute à Flessingue ou 5<sup>h</sup> 08' après marée haute à bord; sa direction est alors le N 78° 40' O par compas.

Au feu flottant du Paarde-markt le courant de flot dure en moyenne 6<sup>h</sup> 20' et le jusant 6<sup>h</sup> 44'; la plus grande valeur du flot arrive 3<sup>h</sup> 18' après son commencement.

Ici comme pour la position du West-Hinder il faut remarquer que les vents ont une très-grande influence sur les

courants de marée surtout pendant leur direction transversale.

Les courants suivent au Paarde-markt un parcours orbitaire inverse; mais la position du bateau-feu, dans une passe limitée au Sud par la côte et au Nord par des bancs très-secs, ne donne, malgré la proximité du rivage, que peu d'importance aux courants transversaux; aussi ceux-ci conservent-ils toujours à peu près la même intensité.

La valeur moyenne de la résultante des courants de marée au Paarde-markt a lieu dans la direction de l'Est 31° Sud: après un flot et un jusant un corps flottant se sera donc avancé dans cette direction, c'est-à-dire vers terre, de 480<sup>m</sup> en moyenne.

Les plus grandes vitesses ont lieu par le flot qui dépasse quelquefois 80<sup>m</sup> par minute; tandis que le jusant n'acquiert dans ces circonstances que 68<sup>m</sup> par minute. Ces vitesses entretiennent la profondeur de la passe et elles montrent que la marche générale des alluvions est dirigée vers terre et vers l'embouchure de l'Escaut (1).

(1) D'après des observations récentes on a trouvé :

à Dunkerque, établissement du port	h 11 55'
à Ostende " "	0 25'
à Flessingue " "	0 54'

Il en résulte que la vitesse de propagation de la vague marée est :

de Dunkerque à Ostende	de 1443 <sup>m</sup> par minute
d'Ostende au Paarde-markt	de 2333 " "
du Paarde-markt à Flessingue	de 1223 " "
et du West-Hinder au Paarde-markt	de 2239 " "

# FEU FLOTTANT DU PAARDE-MARKT

ANNÉES 1864 ET 1865.

## Fou flottant du Paarde-markt.

ÉPOQUES.	LORS DE LA MARÉE HAUTE		1 HEURE après la MARÉE HAUTE		2 HEURES après la MARÉE HAUTE		3 HEURES après la MARÉE HAUTE		4 HEURES après la MARÉE HAUTE		5 HEURES
	à		à		à		à		à		MARÉE
	FLESSINGUE.		FLESSINGUE.		FLESSINGUE.		FLESSINGUE.		FLESSINGUE.		FLESSINGUE.
	S	E	N	E	N	E	N	O	N	O	N
Syzygies.	M 2.6	M 44.1	M 0.3	M 22.2	M -0.3	M 2.4	M 6.1	M 14.3	M 10.7	M 49.3	M 10.3
1 jour après.	3.8	42.2	0.3	22.2	0.4	0.9	6.6	17.5	14.9	50.5	12.1
2 " "	4.1	49.2	0.2	23.2	1.1	3.4	7.6	17.5	14.7	56.2	12.0
3 " "	5.5	46.8	0.8	21.1	2.3	0.0	10.4	23.2	13.7	50.7	11.9
4 " "	6.6	50.5	0.8	22.1	2.0	0.8	5.7	15.8	15.7	46.9	14.9
5 " "	5.6	46.1	0.4	21.2	1.2	0.8	8.3	18.1	16.7	54.3	12.1
6 " "	3.8	39.4	1.5	14.6	1.0	-0.4	11.4	18.5	16.4	42.1	8.9
7 " "	2.0	37.3	0.1	13.6	0.6	-0.3	9.3	17.6	12.2	42.3	8.7
8 " "	6.8	39.7	0.4	15.1	0.6	0.2	7.1	15.4	8.9	39.3	8.1
9 " "	3.6	37.1	0.2	16.9	0.2	2.3	5.1	10.2	11.0	30.6	8.1
10 " "	3.8	36.3	0.5	18.0	1.0	1.5	5.5	10.6	10.2	33.8	5.3
11 " "	2.1	37.2	0.4	14.6	0.6	0.7	5.6	10.9	8.9	34.6	8.3
12 " "	1.2	44.6	0.5	24.2	0.2	1.5	4.2	7.9	9.7	41.5	9.1
13 " "	2.9	50.0	1.1	24.4	0.9	0.5	3.6	12.0	14.1	41.0	11.8
14 " "	3.7	48.2	0.9	19.5	1.0	1.4	6.7	15.7	13.6	49.6	10.5
15 " "	3.9	46.1	0.1	23.3	0.0	3.4	4.2	8.1	11.5	39.4	13.4
Moyennes . .	3.9	43.4	0.5	21.3	0.8	1.2	6.7	14.3	12.7	43.9	10.4
Routes et vitesses . . .	S 85° E		N 89° E		N 57° E		N 65° O		N 74° O		N 75°
Par minute . .	44m0		21m5		1m6		16m0		46m0		5m



Années 1864 et 1865.

JOURS à la HAUTE LUNÉE	6 HEURES après la MARÉE HAUTE		7 HEURES après la MARÉE HAUTE		8 HEURES après la MARÉE HAUTE		9 HEURES après la MARÉE HAUTE		10 HEURES après la MARÉE HAUTE		11 HEURES après la MARÉE HAUTE	
	à FLESSINGUE.		à FLESSINGUE.		à FLESSINGUE.		à FLESSINGUE.		à FLESSINGUE.		à FLESSINGUE.	
	N	O	S	O	S	O	S	E	S	E	S	E
M 61.7	M 4.1	M 43.3	M 0.7	M 24.8	M 0.3	M 2.3	M 5.3	M 7.9	M 13.4	M 36.8	M 16.7	M 69.2
60.2	4.3	50.8	1.0	24.9	0.4	3.0	5.7	9.3	13.6	40.8	15.2	70.1
65.2	5.5	48.8	0.2	22.7	1.2	0.5	6.4	10.8	12.8	37.0	19.6	74.0
63.3	5.7	48.5	1.9	20.5	1.2	2.2	7.5	14.7	15.3	52.8	16.2	71.9
60.8	9.5	50.6	2.4	28.9	0.8	7.1	4.9	7.8	12.9	43.5	18.7	77.5
65.9	4.7	44.4	0.4	24.7	0.9	2.4	9.2	22.0	15.3	54.0	16.1	69.6
58.3	2.6	39.7	1.7	19.8	1.0	1.2	9.2	19.3	15.1	48.8	13.0	67.4
47.8	3.2	38.3	0.8	14.7	0.9	0.6	9.5	20.1	15.0	47.0	11.0	61.8
49.2	2.1	45.0	0.7	16.5	0.6	0.9	4.9	9.5	12.0	35.0	14.6	52.7
42.9	2.0	34.2	1.2	15.9	0.9	0.3	5.7	10.4	10.8	34.8	12.5	46.5
43.8	2.6	31.8	0.0	14.1	0.7	1.0	6.1	8.5	10.4	27.7	12.1	43.2
44.6	3.1	33.8	1.0	12.6	0.6	0.9	7.7	9.9	11.4	32.2	11.4	51.5
51.4	2.8	41.6	0.8	17.1	0.2	2.5	4.2	7.4	10.9	33.2	9.7	60.9
58.6	4.7	46.2	0.0	26.1	0.2	2.0	4.6	7.4	11.1	30.4	14.9	66.4
58.2	2.1	41.5	0.4	19.3	0.5	1.3	5.2	9.4	12.5	31.5	14.7	64.7
62.7	3.9	50.7	0.6	29.1	0.0	2.9	5.7	9.2	12.7	37.1	13.4	65.2
55.3	3.9	43.1	0.9	20.7	0.7	1.9	6.4	10.9	12.8	40.2	14.4	65.2
	N 85° 0		S 89° 0		S 70° 0		S 60° E		S 72° E		S 77° E	
	44m0		21m0		2m0		13m0		42m0		65m0	

AGE de la LUNE.	FLOT						JUSANT					
	VALEUR MAXIMA			VALEUR MINIMA			VALEUR MAXIMA			VALEUR MINIMA		
	Heures après marée h <sup>te</sup> à Flessing	Routes p. c.	Vitesse	Heures	Routes	Vitesse	Heures après marée h <sup>te</sup> à Flessing	Routes	Vitesse	Heures	Routes	Vitesse
Syzigies.	H 11 00'	S 76° 20' E	71.0	H 8 11'	S 18° 0	1.1	H 4 57'	N 80° 39' O	62.3	H 2 10'	O	0
1 jour.	11 01'	S 78° 12' E	71.4	8 12'	S 13° 0	1.8	4 54'	N 77° 50' O	61.7	2 02'	N 13° E	0.6
2 »	11 02'	S 75° 41' E	77.0	8 02'	S 13° 0	1.4	4 49'	N 78° 21' O	67.2	2 08'	N 16° E	1.6
3 »	11 03'	S 77° 26' E	71.1	8 06'	S 10° 0	1.6	4 54'	N 79° 15' O	62.7	2 02'	N 20° E	2.5
4 »	11 00'	S 76° 38' E	79.7	8 25'	S 16° 0	2.1	4 56'	N 75° 53' O	62.8	2 03'	N 0° E	1.9
5 »	10 57'	S 77° 0' E	74.7	8 06'	S 17° 0	1.5	4 52'	N 78° 41' O	68.4	2 01'	N 17° E	1.5
6 »	10 56'	S 78° 40' E	69.8	8 02'	S 15° 0	1.1	4 48'	N 78° 20' O	62.3	1 57'	N 15° E	0.8
7 »	10 56'	S 79° 10' E	62.9	8 01'	S 15° 0	1.1	4 48'	N 78° 30' O	49.2	1 58'	N 15° E	0.5
8 »	11 00'	S 75° 10' E	54.7	8 03'	S 15° 0	0.7	5 01'	N 80° 25' O	49.9	2 01'	N 15° E	0.7
9 »	11 03'	S 76° 10' E	48.8	8 00'	S 15° 0	0.9	4 54'	N 78° 05' O	44.7	2 10'	N 15° E	0.8
10 »	11 08'	S 76° 05' E	45.7	8 03'	S 18° 0	0.8	4 55'	N 78° 18' O	45.0	2 05'	N 18° E	1.3
11 »	11 03'	S 79° 00' E	53.4	8 02'	S 22° 0	0.8	4 56'	N 79° 00' O	45.7	2 01'	N 22° E	0.8
12 »	11 01'	S 81° 45' E	61.8	8 14'	S 16° 0	0.8	4 56'	N 80° 57' O	52.2	2 08'	N 16° E	0.8
13 »	11 02'	S 78° 12' E	64.3	8 07'	S 16° 0	0.4	4 53'	N 77° 18' O	61.3	2 02'	N 16° E	0.8
14 »	11 04'	S 78° 33' E	66.7	8 05'	S 19° 0	0.8	4 52'	N 79° 00' O	60.1	2 04'	N 31° E	1.7
15 »	11 02'	S 79° 20' E	66.9	8 12'	S 20° 0	0.7	5 00'	N 78° 10' O	63.5	2 15'	N 20° E	0.6
Moyenne.	11 00'	S 77° 40' E	65.0	8 06'	S 22° 0	0.9	4 54'	N 78° 40' O	57.0	2 02'	N 25° E	1.2