

Eigendom van
Westvlaar
Brugge. Studieboek
Boek

364
11421
71

EXTRAIT DU
BULLETIN ASTRONOMIQUE
DE L'OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE
Vol. II.

Instituut voor Technische Wetenschappen, onderzoek
Instituut voor Technische Wetenschappen, onderzoek
Kampus Blijssdijklaan 69
8401 Bredene - Belgium - Tel. 059 / 80 37 15

Étude sur le régime de la marée au port d'Ostende

PAR

CH. CHARLIER

Astronome-adjoint

à l'Observatoire royal de Belgique

GEMBLoux
IMPRIMERIE J. DUCULOT, ÉDITEUR

EXTRAIT DU
BULLETIN ASTRONOMIQUE
DE L'OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE

VOL. II.

Étude sur le régime de la marée au port d'Ostende

PAR

CH. CHARLIER

*Astronome-adjoint
à l'Observatoire royal de Belgique*

GEMBLOUX
IMPRIMERIE J. DUCULOT, ÉDITEUR

Étude sur le régime de la marée au port d'Ostende

par CH. CHARLIER, astronome-adjoint

INTRODUCTION

La dernière détermination des constantes se rapportant aux heures des marées du port d'Ostende a été faite par M. Bovie qui utilisa à cette fin les observations des marées du 1 janvier 1878 au 31 décembre 1885 (1).

Nous avons entrepris une nouvelle détermination de ces constantes en utilisant les observations marégraphiques depuis le 1 mai 1925, date à partir de laquelle le marégraphe d'Ostende fonctionne régulièrement (2). Le dépouillement des marégrammes a été effectué par les soins de M. J. LAUWERS, chef du service maritime de la Côte, que nous remercions ici de l'aide qu'il nous a ainsi apportée.

On sait que pour obtenir des valeurs non affectées d'erreurs systématiques, provenant notamment du déplacement du périhélie lunaire et du nœud de l'orbite, il faut utiliser une série ininterrompue d'observations s'étendant sur 19 années.

Les classements préparatoires et l'établissement des moyennes partielles constitue un travail long et fastidieux. Nous avons recherché, par une étude analytique des résultats obtenus à partir des observations recueillies du 1^{er} mai 1925 au 30 avril 1929, les relations existant entre les différents éléments intervenant dans la prédiction des marées ; nous avons pu en déduire une méthode simple permettant de réaliser un gain de temps considérable dans le travail préparatoire et la détermination des constantes.

Quoique ne portant que sur un nombre restreint d'observations (1271 MH + 1286 MB), les résultats obtenus permettent déjà d'améliorer sensiblement les prédictions des marées au port d'Ostende.

La méthode de classement que nous avons adoptée provisoirement est, à quelques modifications près, celle que Lubbock a utilisée pour l'établissement des moyennes générales. L'exposé complet de la méthode d'analyse des résultats obtenus et de leur utilisation à la prédiction des marées fera l'objet d'un des chapitres suivants. Le lecteur trouvera cependant au § 2 de la présente note et dans la notice de l'Annuaire de l'O. R. B. pour 1939 (4) des explications qui lui permettront de comprendre ce qui suit.

Il est d'usage, dans le calcul des constantes relatives aux heures des marées par les méthodes empiriques de considérer les valeurs des constantes astronomiques qui correspondent au passage supérieur de la Lune le plus voisin de la première marée haute. Cette façon de procéder ne tient pas compte

de l'âge de la marée. Il conviendrait d'utiliser les valeurs des constantes astronomiques qui correspondent au passage précédant de deux jours environ celui défini ci-dessus. Pour des raisons d'ordre pratique nous nous conformerons provisoirement à l'usage.

Afin d'utiliser le plus grand nombre possible d'observations, et après nous être assuré que les résultats n'en sont pas sensiblement modifiés, nous avons réservé l'élimination de toutes les observations d'une demi lunaison lorsqu'une interruption de l'enregistrement de quelques marées s'était produite.

CHAPITRE I

DÉTERMINATION DES CONSTANTES PROVISOIRES

§ I. — CONSTANTES RELATIVES AUX HEURES DES MARÉES.

Les *premières marées hautes* sont celles dont les heures sont les plus voisines des instants de passage de la Lune au méridien supérieur du lieu considéré.

Les *premières marées basses* sont celles qui suivent immédiatement les premières marées hautes.

L'*intervalle* de première (seconde) marée haute est la différence entre l'heure de la première (seconde) marée haute et l'heure du passage correspondant de la Lune au méridien supérieur du lieu considéré. Cette différence est connue sous le nom de « lunitidal interval » dans les publications anglaises.

L'*établissement moyen* (mean or corrected establishment) de première (seconde) marée haute est la valeur moyenne des intervalles de première (seconde) marée haute.

Appelons *retard* de la marée haute la différence entre l'heure de la marée haute à Ostende et l'heure du passage correspondant de la Lune au méridien supérieur d'Uccle.

L'*âge de la marée* est l'intervalle de temps, exprimé en jours et fractions de jours moyens, qui sépare le maximum de la marée totale de l'instant de la syzygie. Nous trouverons au paragraphe 3 que l'âge de la marée à Ostende est de 2,0 jours soit 48 heures environ.

Théoriquement, l'*établissement d'un port* est l'heure temps vrai de la pleine mer qui suit le passage supérieur de la Lune au méridien de ce port, un jour de syzygie, le Soleil et la Lune étant à la fois dans l'équateur et à leurs distances moyennes de la Terre et passant ensemble au méridien.

Cette définition, qui comporte des hypothèses non réalisables, a été abandonnée dans la pratique. Parmi les nombreuses définitions qui ont été données pour cette constante, nous adopterons, comme nous semblant la plus commode, la définition suivante, qui a été appliquée en fait par M. Bovie : *L'établissement d'un port* est la moyenne, pour un cycle complet, des différences entre les heures des pleines mers qui se produisent les jours de syzygie et l'instant de minuit ou de midi suivant que la marée se produit le matin ou le soir.

L'établissement du port ainsi défini n'est autre que « l'intervalle » correspondant à un passage au méridien du port à midi temps local.

Contrairement à la proposition énoncée par M. Bovie p. 205 (1) rien ne s'oppose théoriquement à ce qu'il se présente, dans certaines conditions, deux marées hautes à Ostende un jour de syzygie. Dans ce cas, peu fréquent, nous ferons intervenir les deux marées dans le calcul des moyennes.

Le jour d'une syzygie la Lune passe au méridien en moyenne à $12^h 0^m$ (ou $0^h 0^m$) temps local. La Lune passera alors au méridien d'Uccle à $12^h 0^m - 17^m = 11^h 43^m$ T. U. et à celui d'Ostende à $12^h 0^m - 11^m = 11^h 49^m$ T. U. Le tableau BI donne pour $11^h 43^m$ un retard de $+ 17^m$; l'heure de la marée haute à Ostende le jour d'une syzygie est donc en moyenne $11^h 43^m + 17^m = 12^h 0^m$ T. U. (N. L.) ou $0^h 0^m$ T. U. (P.L.).

L'établissement du port à Ostende est donc de

$$12^h 0^m - 11^h 49^m = 11^m \quad (\text{Bovie : } 12^m).$$

L'heure fondamentale du port, ou heure de la marée solaire du lieu, peut s'obtenir en corrigeant l'heure d'une marée quelconque de la perturbation causée par l'action lunaire. L'heure fondamentale du port d'Ostende est $2^h 6^m$ (2).

Groupons d'abord tous les retards des marées hautes en fonction de l'heure du passage correspondant de la Lune au méridien supérieur d'Uccle, de 20 en 20 minutes d'intervalle. La marée diurne à Ostende étant faible (amplitude théorique maximum = 42 cm), posons $0^h 0^m =$ midi ou minuit. Calculons ensuite les moyennes des retards de chaque groupe. Afin de simplifier l'écriture tous les retards des secondes marées hautes ont été diminués de 12 heures. Les tableaux A1 et A2 donnent les résultats de ce classement pour les deux marées hautes. En appelant *retard moyen* la moyenne générale des retards on a

$$\text{Retard moyen de } 1^e \text{ MH} = - 2735^m : 1271 = - 2^m,15 = - 2^m 9^s.$$

$$\text{Retard moyen de } 2^e \text{ MH} = + 27102^m : 1286 = 12^h 21^m,07 = 12^h 21^m 4^s.$$

La différence de longitude entre Ostende et Uccle est de $5^m 45^s$. La durée du jour lunaire moyen est de $24^h 50^m$. Pour passer du méridien d'Uccle à celui d'Ostende la Lune mettra donc en moyenne $5^m 45^s \times 24^h 50^m : 24^h$ soit $5^m 57^s$. Par

conséquent la valeur moyenne de l'intervalle, c'est-à-dire l'établissement moyen de marée haute s'obtiendra en retranchant $5^m 57^s$ du retard moyen correspondant. D'où, pour Ostende :

$$\text{Établissement moyen de } 1^e \text{ MH} = - 2^m 9^s - 5^m 57^s = - 8^m 6^s.$$

$$\text{Établissement moyen de } 2^e \text{ MH} = 12^h 21^m 4^s - 5^m 57^s = 12^h 15^m 7^s.$$

Ces valeurs donnent pour durée moyenne de la marée totale

$$12^h 15^m 7^s + 8^m 6^s = 12^h 23^m 13^s$$

La durée théorique est de $12^h 25^m$.

M. Bovie donne pour les établissements moyens des deux marées hautes : $- 5^m 10^s$ et $12^h 19^m$, mais ces valeurs sont celles du retard moyen et non de l'établissement moyen. En effet, l'auteur fait remarquer p. 198 (1) que « les heures du passage sont toujours celles renseignées dans l'Annuaire de l'Observatoire de Bruxelles », donc celles du passage au méridien de Bruxelles. En appliquant la correction de passage au méridien local M. Bovie aurait obtenu

$$\text{Établissement moyen de } 1^e \text{ MH} = - 5^m 10^s - 5^m 59^s = - 11^m 9^s.$$

$$\text{Établissement moyen de } 2^e \text{ MH} = 12^h 19^m - 5^m 59^s = 12^h 13^m.$$

Après avoir construit les courbes correspondant aux tableaux A, nous avons adopté les valeurs figurant aux tableaux B.

Les tableaux B fournissent les principales corrections à apporter aux heures du passage de la Lune au méridien d'Uccle, telles qu'elles figurent dans l'Annuaire de l'Observatoire Royal de Belgique, pour obtenir les heures des marées hautes.

En retranchant de ces nombres leur valeur moyenne on obtient les tableaux C. Les nombres de ces tableaux représentent aussi bien les inégalités (variations) des retards moyens que les *inégalités semi-mensuelles de l'établissement moyen* de la marée haute considérée, l'excès d'un retard quelconque sur le retard moyen étant évidemment égal à l'excès de l'intervalle correspondant sur l'établissement moyen.

Les tableaux C montrent que l'amplitude des inégalités semi-mensuelles de l'établissement moyen est

$$\left. \begin{array}{l} \text{pour la } 1^e \text{ MH : } 50^m + 42^m = 92^m \\ \text{pour la } 2^e \text{ MH : } 52^m + 44^m = 96^m \end{array} \right\} \text{moyenne : } 94 \text{ minutes} \\ (\text{Stessels : } 74^m, \text{ Bovie : } 85^m)$$

Nous ne publierons aujourd'hui que les valeurs moyennes des retards pour l'ensemble des heures de passage en fonction de l'âge, de la parallaxe, de la déclinaison de la Lune et du mois. Nous attendons de pouvoir disposer d'un très grand nombre d'observations avant d'effectuer les classements pour chaque heure de passage.

Les tableaux suivants donnent les retards moyens observés pour les deux marées hautes.

1° en fonction du mois — tableaux D

2° en fonction de l'âge de la Lune, compté de jour en jour. — tableaux E.

Pour la facilité du lecteur nous avons adopté la définition de l'âge de la Lune donnée dans l'Annuaire de l'observatoire royal : pendant les 24 heures qui suivent l'instant précis de la nouvelle Lune, elle a un jour ; pendant les 24 heures suivantes elle a deux jours, etc...

3° en fonction de la parallaxe horizontale π de la Lune, de r' en r' — Tableaux F

4° En fonction de la déclinaison δ de la Lune, de 3° en 3° — Tableaux G.

Le tableau H donne les durées moyennes pour les deux marées basses, du gagnant, du perdant et de la marée totale en fonction de l'âge de la Lune. Ces valeurs ont été déduites, par interpolation graphique, des valeurs moyennes observées, publiées par M. J. Lauwers (2). Ce tableau permettra au lecteur d'obtenir les heures des marées basses dès qu'il aura calculé les heures des marées hautes.

Le tableau H donne, pour la marée moyenne ordinaire :

Durée moyenne du gagnant	5 ^h 39 ^m
Durée moyenne du perdant	6 ^h 45 ^m
Durée moyenne de la marée totale	12 ^h 24 ^m
(Bovie : 5 ^h 45 ^m + 6 ^h 40 ^m = 12 ^h 25 ^m)	

En ajoutant la durée moyenne du perdant au retard moyen et à l'établissement moyen des marées hautes on obtient les constantes correspondantes des marées basses :

Retard moyen de 1 ^e Marée Haute	— 2 ^m
» » » 1 ^e Marée Basse	6 ^h 43 ^m
» » » 2 ^e Marée Haute	12 ^h 21 ^m
» » » 2 ^e Marée Basse	19 ^h 6 ^m
Établissement moyen de 1 ^e Marée Haute	— 8 ^m
» » » 1 ^e Marée Basse	6 ^h 37 ^m
» » » 2 ^e Marée Haute	12 ^h 15 ^m
» » » 2 ^e Marée Basse	19 ^h 0 ^m

§ 2. — MÉTHODE DE SIMPLIFICATION ET DE RÉDUCTION DU TRAVAIL DE CLASSEMENT.

La considération des retards en fonction de l'heure du passage n'est qu'une manière commode de prendre pour variable l'élongation de la Lune. Les tableaux B et E ne sont donc pas indépendants. Pour trouver la relation qui lie les deux fonctions nous procédons comme suit : sur l'axe des abscisses nous portons deux échelles distinctes : 1° une échelle des heures de passage en portant 12 intervalles consécutifs de 1,5 cm. chacun que nous noterons une première fois de 0^h à 12^h et une seconde fois de 12^h à 24^h, confondant ainsi midi et minuit ; 2° une échelle des âges de la Lune. — La durée

de la lunaison ou révolution synodique étant de 29,530 jours solaires moyens, divisons la longueur totale $2 \times 18 = 36$ cm. de l'échelle par 29,53, ce qui donne 1,219 cm. pour un jour solaire moyen. D'après la définition de l'âge de la Lune donnée dans l'Annuaire de l'O. R. B. et rappelée ci-dessus, lorsque la Lune a un jour son élongation est comprise entre 0° et 12°19', elle a donc 6°,0955 en moyenne. Pour parcourir cet angle la Lune met en moyenne 25^m14^s. A l'âge 1 la lune passera donc au méridien d'Uccle en moyenne à 12^h25^m temps local, soit à 12^h25^m — 17^m = 12^h8^m T. U. Nous ferons donc correspondre l'âge 1 de la seconde échelle avec 12^h8^m (= 0^h8^m) de l'échelle des heures de passage. Nous porterons ensuite bout à bout 29,53 intervalles de 1,219 cm de longueur ; la coupure de l'échelle correspond à 15,601 jours et la fin à 30,366 jours d'âge de la Lune. Les passages se succèdent à intervalles de 24^h50^m,5 en moyenne (24^h38^m à 25^h6^m).

Par suite de la disposition adoptée pour les axes nous trouvons en regard de l'âge de la Lune l'heure moyenne correspondante du passage au méridien d'Uccle en T. U.

Construisons, à l'aide de l'échelle des âges et du tableau E les deux branches de la courbe des retards des première (deuxième) marée haute en fonction de l'âge de la Lune, chacune d'elles correspondant à une demi-lunaison. Construisons ensuite la courbe moyenne intermédiaire ayant pour ordonnées les moyennes des ordonnées des deux branches de la courbe précédente. Construisons enfin, à l'aide de l'échelle des heures de passage et des nombres du tableau B la courbe des retards de première (deuxième) marée haute en fonction des heures de passage. Nous constaterons que les deux courbes sont pratiquement confondues.

D'où la conclusion importante : le classement des retards et aussi par conséquent celui des hauteurs des marées en fonction des heures de passage de la Lune au méridien est une opération inutile, les résultats du classement des observations en fonction de l'âge de la Lune fournissant aisément tous les éléments en fonction de l'heure de passage. Cette conclusion permet de réaliser un premier gain de temps important. Nous remarquerons d'ailleurs que les opérations de classement en fonction de l'âge sont plus rapides que celles en fonction de l'heure de passage.

Cette façon de procéder constitue un cas particulier de double répétition d'une méthode que nous généraliserons ultérieurement dans d'autres domaines, sous le nom de méthode des échelles correspondantes.

Nous sommes donc parvenus à supprimer un classement. Les tableaux B, que nous obtiendrons dorénavant d'une manière indirecte, n'en conserveront pas moins leur importance capitale.

Sur une remarque de Whewell, Lubbock admit qu'il faisait deux fois la même correction, celle du mois se confondant à peu près avec celle de la déclinaison lunaire.

Cette proposition est la conclusion du raisonnement sui-

vant : « On emploie d'abord toutes les observations relatives à une même valeur de P ; d'où les moyennes générales. On groupe successivement ces observations suivant les valeurs de certaines variables (mois de l'année, distance lunaire, déclinaison lunaire)...

Les observations utilisées s'étendent sur 19 ans ; tout se passe donc en moyenne comme si la Lune se déplaçait dans l'écliptique, puisque l'intervalle choisi contient à peu près exactement une révolution du nœud.

Posons donc que la Lune se meut dans l'écliptique ; si nous donnons la date (par conséquent la déclinaison solaire) et l'ascension droite relative, la déclinaison de la Lune est imposée. Par suite en corrigeant deux fois, l'une en raison du mois, l'autre en raison de la déclinaison lunaire, on double la même correction ».

Ce raisonnement est erroné. En effet : 1^o si nous donnons au mot « date » son sens habituel — jour, mois, année — non seulement la déclinaison de la Lune mais aussi son heure de passage, son âge, sa parallaxe sont imposés au même titre que l'élongation ou ascension droite relative de la Lune par rapport au Soleil ; tous les paramètres sont déterminés et le raisonnement est en défaut.

2^o donnons au mot « date » le sens voulu par le contexte, c'est-à-dire « mois de l'année ». La déclinaison de la Lune varie durant le mois entre des limites éloignées, pouvant atteindre $\pm 28^{\circ}45'$, et l'adjonction de l'élongation aux données, sans spécification de l'année, laisse encore subsister de notables variations possibles de la déclinaison. Par exemple, pour une élongation voisine de $8^{\text{h}}40^{\text{m}}$ dans le courant d'un mois d'octobre on trouvera, entre autres solutions :

12 octobre 1930 :

$$\alpha_{\odot} - \alpha_{\zeta} = 8^{\text{h}}40^{\text{m}}, \quad \delta = + 25^{\circ}33', \quad \pi = 57'12''$$

3 octobre 1939 :

$$\alpha_{\odot} - \alpha_{\zeta} = 8^{\text{h}}36^{\text{m}}, \quad \delta = + 17^{\circ}38', \quad \pi = 56'30''$$

les déclinaisons diffèrent de 8° .

Une précision de l'ordre de la minute dans l'élongation entraîne des conditions qui ne seront réalisées qu'à de grands intervalles de temps et qui se ramèneront en fait au premier cas envisagé. Le raisonnement repris ci-dessus perd toute valeur pratique du fait que, dans la considération du cycle complet, on a remplacé $n-1$ des n variables par leurs valeurs moyennes, constantes pour le cycle considéré.

Le raisonnement suivant, quoique moins précis, nous conduit plus rapidement au résultat : nous avons dit au début de ce paragraphe que considérer l'élongation ou l'heure du passage comme variable était à peu près équivalent. Le mois, sans spécification de l'année, et l'heure de passage sont des données insuffisantes pour déterminer la déclinaison. En d'autres termes : si au cours du même mois de deux années différentes la Lune passe au méridien à la même heure, il ne s'en suit pas que la déclinaison aura la même valeur dans les deux cas.

Exemple : Soit à considérer les passages à $2^{\text{h}}55^{\text{m}}$ dans le courant d'un mois d'octobre. Parmi les passages répondant à la question nous trouvons :

12 octobre 1930 :

$$P = 2^{\text{h}}55^{\text{m}}, \quad \text{âge } 21, \quad \delta = + 25^{\circ}33', \quad \pi = 57'12''.$$

3 octobre 1939 :

$$P = 2^{\text{h}}55^{\text{m}}, \quad \text{âge } 21, \quad \delta = + 17^{\circ}38', \quad \pi = 56'30''.$$

les déclinaisons diffèrent de 8° .

Les corrections du mois et de déclinaison lunaire ne peuvent donc être confondues.

L'étude des propriétés des courbes que nous avons obtenues et des relations qui les lient fera l'objet de l'un des chapitres suivants.

TABLEAU A₁.

OSTENDE. — Retards moyens de 1^e Marée Haute (valeurs observées).

P	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
0 ^h 0 ^m	+ 44 : 5	+ 55 : 5	+ 107 : 8	+ 92 : 8	+ 58 : 2	+ 356 : 28 = + 13 m.
20	+ 49 : 6	+ 65 : 7	+ 63 : 9	+ 42 : 7	+ 42 : 3	+ 261 : 32 = + 8 m.
40	— 15 : 7	— 44 : 11	— 21 : 8	+ 40 : 8	+ 18 : 3	— 22 : 37 = — 1 m.
1 0	— 62 : 6	— 43 : 7	— 44 : 8	— 17 : 10	+ 20 : 3	— 146 : 34 = — 4 m.
20	+ 3 : 6	— 49 : 7	— 75 : 7	— 84 : 8	— 20 : 3	— 225 : 31 = — 7 m.
40	— 108 : 6	— 144 : 8	— 159 : 10	— 103 : 8	— 35 : 2	— 549 : 34 = — 16 m.
2 0	— 102 : 6	— 233 : 11	— 134 : 8	— 133 : 8	— 58 : 4	— 660 : 37 = — 18 m.
20	— 96 : 4	— 121 : 5	— 273 : 10	— 268 : 11	— 75 : 3	— 833 : 33 = — 25 m.
40	— 235 : 9	— 304 : 10	— 176 : 6	— 200 : 7	— 59 : 3	— 974 : 35 = — 28 m.
3 0	— 167 : 5	— 275 : 8	— 290 : 9	— 318 : 10	— 90 : 3	— 1140 : 35 = — 33 m.
20	— 174 : 5	— 342 : 9	— 279 : 8	— 330 : 9	— 151 : 5	— 1276 : 36 = — 35 m.
40	— 221 : 5	— 254 : 7	— 373 : 9	— 372 : 9	— 80 : 2	— 1300 : 32 = — 41 m.
4 0	— 311 : 8	— 377 : 9	— 279 : 6	— 457 : 11	— 114 : 3	— 1538 : 37 = — 42 m.
20	— 259 : 6	— 423 : 10	— 515 : 12	— 471 : 11	— 121 : 3	— 1789 : 42 = — 43 m.
40	— 295 : 7	— 389 : 9	— 220 : 5	— 490 : 10	— 206 : 5	— 1600 : 36 = — 44 m.
5 0	— 279 : 6	— 410 : 9	— 364 : 9	— 356 : 8	— 94 : 2	— 1503 : 34 = — 44 m.
20	— 132 : 5	— 308 : 7	— 370 : 8	— 318 : 7	— 250 : 5	— 1378 : 32 = — 43 m.
40	— 320 : 8	— 399 : 9	— 318 : 9	— 509 : 11	— 62 : 2	— 1608 : 39 = — 41 m.
6 0	— 191 : 7	— 362 : 11	— 339 : 9	— 366 : 9	— 104 : 3	— 1362 : 39 = — 35 m.
20	— 146 : 7	— 262 : 9	— 197 : 8	— 248 : 10	— 163 : 3	— 1016 : 37 = — 27 m.
40	— 61 : 5	— 204 : 10	— 240 : 9	— 294 : 12	— 51 : 3	— 850 : 39 = — 22 m.
7 0	— 17 : 7	— 68 : 6	— 56 : 8	— 21 : 7	— 55 : 2	— 217 : 30 = — 7 m.
20	+ 31 : 5	+ 95 : 12	+ 52 : 10	+ 54 : 9	— 10 : 3	+ 222 : 39 = + 6 m.
40	+ 172 : 9	+ 83 : 7	+ 147 : 10	+ 249 : 10	+ 48 : 3	+ 699 : 39 = + 18 m.
8 0	+ 160 : 6	+ 387 : 10	+ 271 : 9	+ 332 : 10	+ 66 : 2	+ 1216 : 37 = + 33 m.
20	+ 328 : 8	+ 346 : 9	+ 411 : 9	+ 337 : 9	+ 208 : 5	+ 1630 : 40 = + 41 m.
40	+ 254 : 6	+ 408 : 8	+ 386 : 8	+ 358 : 8	—	+ 1406 : 30 = + 47 m.
9 0	+ 294 : 6	+ 288 : 6	+ 423 : 10	+ 457 : 9	+ 169 : 3	+ 1631 : 34 = + 48 m.
20	+ 338 : 8	+ 433 : 10	+ 380 : 9	+ 407 : 9	+ 178 : 3	+ 1736 : 39 = + 45 m.
40	+ 237 : 5	+ 262 : 6	+ 326 : 7	+ 460 : 10	+ 197 : 4	+ 1482 : 32 = + 46 m.
10 0	+ 309 : 8	+ 373 : 9	+ 448 : 10	+ 396 : 8	+ 107 : 2	+ 1633 : 37 = + 44 m.
20	+ 249 : 8	+ 271 : 8	+ 327 : 9	+ 368 : 9	+ 95 : 2	+ 1310 : 36 = + 36 m.
40	+ 209 : 6	+ 257 : 7	+ 324 : 10	+ 288 : 9	+ 169 : 4	+ 1247 : 36 = + 35 m.
11 0	+ 157 : 5	+ 247 : 8	+ 263 : 8	+ 218 : 8	+ 122 : 3	+ 1007 : 32 = + 31 m.
20	+ 142 : 8	+ 174 : 9	+ 161 : 8	+ 196 : 8	+ 85 : 2	+ 758 : 35 = + 22 m.
40	+ 61 : 6	+ 152 : 9	+ 124 : 7	+ 233 : 10	+ 87 : 4	+ 657 : 36 = + 18 m.

Retard moyen — 2735^m : 1271 = — 2^m15.

TABLEAU A.

OSTENDE — Retards moyens de 2^e Marée Haute (valeurs observées)

P	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
						12 ^h
0 ^h 0 ^m	+ 176 : 5	+ 122 : 5	+ 283 : 8	+ 236 : 8	+ 67 : 2	+ 884 : 28 = + 32 m.
20	+ 157 : 6	+ 173 : 8	+ 196 : 9	+ 142 : 6	+ 96 : 3	+ 764 : 32 = + 24 m.
40	+ 105 : 7	+ 174 : 11	+ 112 : 8	+ 134 : 8	+ 55 : 3	+ 580 : 37 = + 16 m.
1 0	+ 84 : 6	+ 84 : 7	+ 109 : 9	+ 132 : 11	+ 70 : 3	+ 479 : 36 = + 13 m.
20	+ 33 : 6	+ 127 : 7	+ 53 : 7	- 6 : 9	+ 28 : 3	+ 235 : 32 = + 7 m.
40	+ 39 : 6	- 11 : 8	+ 20 : 10	+ 27 : 6	+ 3 : 2	+ 78 : 32 = + 2 m.
2 0	- 6 : 6	- 37 : 12	+ 3 : 7	+ 19 : 8	+ 7 : 4	- 14 : 37 = 0 m.
20	- 43 : 5	- 27 : 4	- 105 : 10	- 111 : 12	- 17 : 3	- 303 : 34 = - 9 m.
40	- 106 : 9	- 164 : 10	- 41 : 6	- 67 : 8	+ 14 : 3	- 364 : 36 = - 10 m.
3 0	- 94 : 6	- 130 : 10	- 159 : 11	- 103 : 10	- 53 : 3	- 539 : 40 = - 13 m.
20	- 90 : 5	- 149 : 9	- 157 : 8	- 118 : 9	- 56 : 5	- 570 : 36 = - 16 m.
40	- 125 : 5	- 151 : 8	- 121 : 8	- 137 : 8	- 55 : 2	- 589 : 31 = - 19 m.
4 0	- 209 : 8	- 236 : 9	- 176 : 6	- 264 : 11	- 32 : 3	- 917 : 37 = - 25 m.
20	- 137 : 6	- 187 : 10	- 236 : 13	- 237 : 11	- 63 : 3	- 860 : 43 = - 20 m.
40	- 137 : 7	- 193 : 9	- 149 : 7	- 280 : 11	- 80 : 5	- 839 : 39 = - 21 m.
5 0	- 55 : 5	- 183 : 10	- 165 : 9	- 140 : 8	- 52 : 2	- 595 : 34 = - 18 m.
20	- 63 : 5	- 135 : 7	- 269 : 10	- 192 : 8	- 61 : 4	- 720 : 34 = - 21 m.
40	- 102 : 8	- 128 : 9	- 90 : 9	- 122 : 11	- 40 : 2	- 482 : 39 = - 12 m.
6 0	- 20 : 6	- 84 : 11	- 50 : 10	- 84 : 9	- 2 : 3	- 240 : 39 = - 6 m.
20	+ 88 : 7	- 15 : 9	+ 28 : 9	+ 87 : 9	- 33 : 3	+ 155 : 37 = + 4 m.
40	+ 95 : 4	+ 164 : 10	+ 107 : 9	+ 188 : 12	+ 56 : 3	+ 610 : 38 = + 16 m.
7 0	+ 290 : 7	+ 164 : 6	+ 274 : 8	+ 153 : 6	+ 70 : 2	+ 951 : 29 = + 33 m.
20	+ 292 : 5	+ 590 : 12	+ 444 : 10	+ 430 : 9	+ 139 : 3	+ 1895 : 39 = + 49 m.
40	+ 506 : 9	+ 403 : 7	+ 514 : 10	+ 504 : 10	+ 202 : 3	+ 2129 : 39 = + 55 m.
8 0	+ 393 : 6	+ 714 : 10	+ 578 : 9	+ 554 : 9	+ 156 : 2	+ 2395 : 36 = + 66 m.
20	+ 544 : 8	+ 553 : 9	+ 616 : 9	+ 540 : 8	+ 370 : 5	+ 2623 : 39 = + 67 m.
40	+ 428 : 6	+ 552 : 8	+ 581 : 8	+ 624 : 8	-	+ 2185 : 30 = + 73 m.
9 0	+ 387 : 5	+ 489 : 7	+ 629 : 10	+ 606 : 8	+ 262 : 3	+ 2373 : 33 = + 72 m.
20	+ 481 : 8	+ 722 : 10	+ 651 : 10	+ 691 : 10	+ 253 : 3	+ 2798 : 41 = + 68 m.
40	+ 332 : 5	+ 422 : 7	+ 514 : 7	+ 695 : 10	+ 308 : 4	+ 2271 : 33 = + 69 m.
10 0	+ 474 : 8	+ 532 : 9	+ 602 : 10	+ 581 : 9	+ 141 : 2	+ 2330 : 38 = + 61 m.
20	+ 400 : 7	+ 470 : 8	+ 528 : 9	+ 528 : 9	+ 144 : 2	+ 2070 : 35 = + 59 m.
40	+ 335 : 6	+ 394 : 7	+ 460 : 10	+ 488 : 8	+ 236 : 4	+ 1913 : 35 = + 55 m.
11 0	+ 221 : 5	+ 364 : 9	+ 360 : 7	+ 434 : 9	+ 181 : 3	+ 1560 : 33 = + 47 m.
20	+ 313 : 8	+ 338 : 9	+ 292 : 8	+ 378 : 8	+ 103 : 2	+ 1424 : 35 = + 41 m.
40	+ 212 : 7	+ 365 : 10	+ 258 : 8	+ 421 : 11	+ 176 : 4	+ 1432 : 40 = + 36 m.

Retard moyen : 12^h + 27102^m : 1286 = 12 21^m,07

TABLEAU B₁.

OSTENDE. — Retards moyens de 1^e Marée Haute (valeurs adoptées).

P	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
0 ^m	+ 13 ^m	— 4 ^m	— 19 ^m	— 33 ^m	— 42 ^m	— 44 ^m	— 35 ^m	— 7 ^m	+ 32 ^m	+ 48 ^m	+ 42 ^m	+ 28 ^m
10	+ 10	— 6	— 22	— 35	— 42	— 44	— 32	— 1	+ 37	+ 48	+ 40	+ 26
20	+ 7	— 9	— 24	— 36	— 43	— 43	— 28	+ 6	+ 42	+ 47	+ 38	+ 23
30	+ 4	— 12	— 26	— 38	— 43	— 42	— 24	+ 12	+ 45	+ 47	+ 36	+ 20
40	+ 2	— 14	— 29	— 39	— 44	— 41	— 20	+ 19	+ 47	+ 45	+ 34	+ 18
50	— 1	— 17	— 31	— 41	— 44	— 38	— 14	+ 25	+ 48	+ 44	+ 31	+ 15

TABLEAU C₁.

OSTENDE. — Inégalités semi-mensuelles de l'Établissement moyen de 1^e Marée Haute.

	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
0 ^m	+ 15 ^m	— 2 ^m	— 17 ^m	— 31 ^m	— 40 ^m	— 42 ^m	— 33 ^m	— 5 ^m	+ 34 ^m	+ 50 ^m	+ 44 ^m	+ 30 ^m
10	+ 12	— 4	— 20	— 33	— 40	— 42	— 30	+ 1	+ 39	+ 50	+ 42	+ 28
20	+ 9	— 7	— 22	— 34	— 41	— 41	— 26	+ 8	+ 44	+ 49	+ 40	+ 25
30	+ 6	— 10	— 24	— 36	— 41	— 40	— 22	+ 14	+ 47	+ 49	+ 38	+ 22
40	+ 4	— 12	— 27	— 37	— 42	— 39	— 18	+ 21	+ 49	+ 47	+ 36	+ 20
50	+ 1	— 15	— 29	— 39	— 42	— 36	— 12	+ 27	+ 50	+ 46	+ 33	+ 17

TABLEAU D₁.

OSTENDE. — Retards moyens de 1^e Marée Haute en fonction du mois.

Mois	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
Janvier		— 214 : 15	— 107 : 28	+ 50 : 23	— 61 : 30	— 332 : 96 = — 4 m.
Février		— 171 : 24	— 124 : 27	— 109 : 26	+ 31 : 18	— 373 : 95 = — 4 m.
Mars		— 90 : 30	+ 28 : 17	— 190 : 25	+ 7 : 30	— 245 : 102 = — 2 m.
Avril		— 120 : 28	— 16 : 29	— 86 : 29	— 106 : 29	— 328 : 115 = — 3 m.
Mai	— 47 : 29	— 93 : 29	+ 22 : 30	— 6 : 28		— 124 : 116 = — 1 m.
Juin	— 28 : 28	— 132 : 18	— 35 : 29	+ 23 : 29		— 172 : 104 = — 2 m.
Juillet	+ 42 : 30	— 46 : 12	+ 111 : 24	+ 139 : 30		+ 246 : 96 = + 3 m.
Août	— 3 : 29	— 162 : 30	— 186 : 21	— 96 : 25		— 447 : 105 = — 4 m.
Septembre	+ 19 : 29	— 80 : 29	— 31 : 26	+ 29 : 28		— 63 : 112 = — 1 m.
Octobre	— 34 : 29	+ 9 : 29	+ 7 : 24	— 182 : 26		— 200 : 108 = — 2 m.
Novembre	— 29 : 27	— 114 : 29	+ 47 : 24	— 177 : 26		— 273 : 106 = — 3 m.
Décembre	— 74 : 29	+ 98 : 29	— 225 : 28	— 223 : 30		— 424 : 116 = — 4 m.

TABLEAU B₂.

OSTENDE. — Retards moyens de 2^e Marée Haute (valeurs adoptées).

P	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
0 ^m	+ 30 ^m	+ 13 ^m	— 2 ^m	— 13 ^m	— 22 ^m	— 21 ^m	— 6 ^m	+ 33 ^m	+ 64 ^m	+ 72 ^m	+ 63 ^m	+ 47 ^m
10	+ 27	+ 10	— 4	— 15	— 22	— 20	— 2	+ 40	+ 67	+ 71	+ 61	+ 44
20	+ 24	+ 7	— 6	— 17	— 23	— 18	+ 4	+ 46	+ 69	+ 70	+ 58	+ 41
30	+ 21	+ 5	— 8	— 18	— 23	— 16	+ 9	+ 51	+ 71	+ 69	+ 56	+ 39
40	+ 18	+ 2	— 10	— 19	— 22	— 13	+ 16	+ 56	+ 73	+ 67	+ 53	+ 36
50	+ 15	0	— 12	— 21	— 22	— 10	+ 25	+ 60	+ 72	+ 65	+ 51	+ 33

TABLEAU C₂.

OSTENDE. — Inégalités semi-mensuelles de l'Établissement moyen de 2^e Marée Haute.

	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
0 ^m	+ 9 ^m	— 8 ^m	— 23 ^m	— 34 ^m	— 43 ^m	— 42 ^m	— 27 ^m	+ 12 ^m	+ 43 ^m	+ 51 ^m	+ 42 ^m	+ 26 ^m
10	+ 6	— 11	— 25	— 36	— 43	— 41	— 23	+ 19	+ 46	+ 50	+ 40	+ 23
20	+ 3	— 14	— 27	— 38	— 44	— 39	— 17	+ 25	+ 48	+ 49	+ 37	+ 20
30	0	— 16	— 29	— 39	— 44	— 37	— 12	+ 30	+ 50	+ 48	+ 35	+ 18
40	— 3	— 19	— 31	— 40	— 44	— 34	— 5	+ 35	+ 52	+ 46	+ 32	+ 15
50	— 6	— 21	— 33	— 42	— 44	— 31	+ 4	+ 39	+ 51	+ 44	+ 30	+ 12

Les nombres des tableaux B₂ et C₂ doivent être augmentés de 12 heures.

TABLEAU D₂.

OSTENDE. — Retards moyens de 2^e Marée Haute en fonction du mois.

Mois	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
						12 ^h
Janvier	—	127 : 16	575 : 28	385 : 24	728 : 30	1815 : 98 = 19 m.
Février	—	394 : 24	488 : 27	424 : 26	479 : 17	1785 : 94 = 19 m.
Mars	—	642 : 30	340 : 18	450 : 26	743 : 30	2175 : 104 = 21 m.
Avril	—	594 : 29	574 : 29	677 : 29	643 : 29	2488 : 116 = 21 m.
Mai	545 : 28	639 : 29	701 : 30	779 : 29	—	2664 : 116 = 23 m.
Juin	788 : 29	392 : 24	665 : 28	686 : 28	—	2531 : 109 = 23 m.
Juillet	673 : 29	166 : 12	720 : 25	775 : 30	—	2334 : 96 = 24 m.
Août	689 : 29	548 : 30	269 : 21	488 : 25	—	1994 : 105 = 19 m.
Septembre	699 : 29	571 : 29	622 : 27	641 : 28	—	2533 : 113 = 22 m.
Octobre	571 : 28	711 : 30	493 : 30	334 : 24	—	2109 : 112 = 19 m.
Novembre	686 : 28	602 : 29	607 : 25	415 : 26	—	2310 : 108 = 21 m.
Décembre	547 : 28	700 : 29	440 : 28	677 : 30	—	2364 : 115 = 21 m.

TABLEAU E₁.

OSTENDE. — Retards moyens de 1^e Marée Haute en fonction de l'âge de la Lune.

Age	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
1	+ 106 : 8	+ 69 : 10	+ 44 : 11	+ 88 : 12	+ 72 : 4	+ 379 : 45 = + 8 m.
2	+ 17 : 8	— 70 : 11	— 88 : 11	— 35 : 12	— 2 : 4	— 178 : 46 = — 4 m.
3	— 109 : 8	— 186 : 11	— 231 : 12	— 234 : 11	— 44 : 4	— 804 : 46 = — 17 m.
4	— 222 : 8	— 309 : 11	— 342 : 12	— 333 : 11	— 105 : 4	— 1311 : 46 = — 28 m.
5	— 337 : 8	— 416 : 11	— 459 : 12	— 426 : 12	— 150 : 4	— 1788 : 47 = — 38 m.
6	— 337 : 8	— 478 : 11	— 535 : 12	— 519 : 12	— 192 : 4	— 2061 : 47 = — 44 m.
7	— 340 : 8	— 444 : 11	— 466 : 12	— 496 : 12	— 198 : 4	— 1944 : 47 = — 41 m.
8	— 255 : 7	— 384 : 11	— 331 : 11	— 411 : 12	— 106 : 3	— 1487 : 44 = — 34 m.
9	— 131 : 9	— 80 : 11	— 83 : 11	— 122 : 13	— 37 : 3	— 453 : 47 = — 10 m.
10	+ 65 : 9	+ 224 : 10	+ 305 : 12	+ 323 : 12	+ 57 : 3	+ 974 : 46 = + 21 m.
11	+ 253 : 9	+ 415 : 10	+ 426 : 11	+ 419 : 11	+ 116 : 3	+ 1629 : 44 = + 37 m.
12	+ 315 : 9	+ 385 : 9	+ 575 : 12	+ 640 : 12	+ 107 : 3	+ 2022 : 45 = + 45 m.
13	+ 257 : 9	+ 352 : 10	+ 505 : 12	+ 490 : 12	+ 77 : 3	+ 1681 : 46 = + 36 m.
14	+ 109 : 8	+ 187 : 8	+ 341 : 11	+ 393 : 7	— 1 : 1	+ 939 : 35 = + 27 m.
15	— 2 : 3	+ 76 : 4	+ 108 : 6	+ 138 : 7	+ 46 : 2	+ 366 : 22 = + 17 m.
16	+ 3 : 5	+ 92 : 8	+ 80 : 5	+ 126 : 6	+ 10 : 3	+ 311 : 27 = + 11 m.
17	— 82 : 8	— 84 : 10	— 12 : 10	+ 13 : 10	— 30 : 3	— 195 : 41 = — 5 m.
18	— 161 : 7	— 205 : 10	— 171 : 10	— 80 : 10	— 86 : 4	— 703 : 41 = — 17 m.
19	— 219 : 8	— 244 : 9	— 204 : 9	— 334 : 13	— 113 : 4	— 1114 : 43 = — 26 m.
20	— 273 : 7	— 401 : 11	— 276 : 8	— 466 : 13	— 132 : 4	— 1548 : 43 = — 36 m.
21	— 314 : 8	— 456 : 11	— 375 : 9	— 523 : 11	— 204 : 5	— 1872 : 44 = — 42 m.
22	— 261 : 8	— 487 : 11	— 322 : 7	— 479 : 10	— 186 : 4	— 1735 : 40 = — 43 m.
23	— 197 : 8	— 417 : 12	— 357 : 10	— 463 : 11	— 148 : 4	— 1582 : 45 = — 35 m.
24	+ 18 : 7	— 175 : 12	— 226 : 11	— 311 : 12	— 55 : 4	— 749 : 46 = — 16 m.
25	+ 272 : 8	+ 205 : 12	+ 39 : 11	+ 154 : 12	+ 114 : 4	+ 784 : 47 = + 17 m.
26	+ 449 : 8	+ 468 : 12	+ 274 : 10	+ 345 : 10	+ 244 : 4	+ 1780 : 44 = + 40 m.
27	+ 447 : 8	+ 476 : 11	+ 424 : 10	+ 504 : 11	+ 263 : 4	+ 2114 : 44 = + 48 m.
28	+ 363 : 8	+ 389 : 10	+ 408 : 11	+ 448 : 11	+ 232 : 4	+ 1840 : 44 = + 42 m.
29	+ 314 : 8	+ 314 : 10	+ 266 : 10	+ 292 : 11	+ 201 : 4	+ 1387 : 43 = + 32 m.
30	+ 98 : 5	+ 69 : 4	+ 174 : 8	+ 121 : 6	+ 121 : 3	+ 583 : 26 = + 22 m.

TABLEAU F₁.

OSTENDE. — Retards moyens de 1^e marée haute en fonction de la parallaxe horizontale de la Lune.

π	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
54'	+ 348 : 41	+ 1096 : 53	+ 927 : 56	+ 353 : 60	+ 5 : 21	+ 2729 : 231 = + 12 m.
55	+ 100 : 38	— 2 : 46	+ 122 : 48	— 218 : 49	+ 95 : 19	+ 97 : 200 = + 0 m.
56	+ 338 : 26	— 634 : 45	— 311 : 35	+ 18 : 33	+ 216 : 16	— 373 : 155 = — 2 m.
57	+ 193 : 25	— 442 : 29	— 353 : 31	— 146 : 35	+ 96 : 14	— 652 : 134 = — 5 m.
58	— 56 : 24	— 520 : 31	— 676 : 33	— 153 : 34	— 33 : 10	— 1438 : 132 = — 11 m.
59	— 681 : 34	— 735 : 47	— 351 : 39	— 694 : 51	— 431 : 17	— 2892 : 188 = — 15 m.
60	— 327 : 27	+ 176 : 24	— 102 : 35	— 143 : 38	— 119 : 8	— 515 : 132 = — 4 m.
61	— 69 : 15	— 54 : 27	+ 235 : 30	+ 155 : 25	+ 42 : 2	+ 309 : 99 = + 3 m.

TABLEAU E₂.

OSTENDE. — Retards moyens de 2^e Marée Haute en fonction de l'âge de la Lune.

Age	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
						12 ^h
1	+ 296 : 8	+ 224 : 11	+ 265 : 12	+ 280 : 12	+ 102 : 4	+ 1167 : 47 = + 25 m.
2	+ 120 : 8	+ 136 : 11	+ 83 : 12	+ 97 : 11	+ 54 : 4	+ 490 : 46 = + 11 m.
3	+ 40 : 8	+ 17 : 11	— 10 : 12	— 23 : 11	— 16 : 4	+ 8 : 46 = 0 m.
4	— 81 : 8	— 145 : 11	— 136 : 11	— 122 : 11	— 51 : 4	— 535 : 45 = — 12 m.
5	— 124 : 8	— 222 : 11	— 191 : 12	— 167 : 12	— 88 : 4	— 792 : 47 = — 17 m.
6	— 184 : 8	— 232 : 11	— 239 : 12	— 199 : 12	— 89 : 4	— 943 : 47 = — 20 m.
7	— 98 : 7	— 221 : 11	— 172 : 13	— 149 : 12	— 71 : 3	— 711 : 46 = — 15 m.
8	— 35 : 6	— 72 : 11	+ 36 : 12	+ 6 : 11	— 9 : 3	— 74 : 43 = — 2 m.
9	+ 270 : 9	+ 274 : 11	+ 350 : 11	+ 284 : 12	+ 81 : 3	+ 1259 : 46 = + 27 m.
10	+ 429 : 8	+ 536 : 10	+ 664 : 12	+ 586 : 11	+ 154 : 3	+ 2369 : 44 = + 54 m.
11	+ 555 : 9	+ 731 : 11	+ 749 : 11	+ 753 : 11	+ 186 : 3	+ 2974 : 45 = + 66 m.
12	+ 487 : 9	+ 578 : 9	+ 824 : 12	+ 856 : 12	+ 188 : 3	+ 2933 : 45 = + 65 m.
13	+ 390 : 9	+ 609 : 11	+ 663 : 11	+ 704 : 11	+ 152 : 3	+ 2518 : 45 = + 56 m.
14	+ 261 : 8	+ 437 : 11	+ 487 : 10	+ 521 : 9	+ 133 : 3	+ 1839 : 41 = + 45 m.
15	+ 68 : 3	+ 204 : 5	+ 334 : 9	+ 324 : 9	—	+ 930 : 26 = + 36 m.
16	+ 74 : 5	+ 101 : 5	+ 59 : 2	+ 112 : 3	+ 74 : 3	+ 420 : 18 = + 23 m.
17	+ 26 : 8	+ 143 : 10	+ 177 : 10	+ 165 : 9	+ 45 : 3	+ 556 : 40 = + 14 m.
18	— 24 : 8	— 5 : 10	+ 24 : 10	+ 46 : 13	+ 24 : 4	+ 65 : 45 = + 1 m.
19	— 142 : 8	— 103 : 10	— 50 : 9	— 76 : 13	— 7 : 4	— 378 : 44 = — 9 m.
20	— 201 : 8	— 202 : 12	— 164 : 10	— 234 : 13	— 52 : 4	— 853 : 47 = — 18 m.
21	— 176 : 8	— 243 : 12	— 157 : 8	— 249 : 10	— 81 : 5	— 906 : 43 = — 21 m.
22	— 81 : 7	— 172 : 12	— 242 : 11	— 312 : 12	— 49 : 4	— 856 : 46 = — 19 m.
23	+ 66 : 8	— 39 : 12	— 131 : 11	— 141 : 12	— 6 : 4	— 251 : 47 = — 5 m.
24	+ 264 : 8	+ 298 : 12	+ 109 : 11	+ 171 : 11	+ 147 : 4	+ 989 : 46 = + 21 m.
25	+ 546 : 8	+ 654 : 12	+ 431 : 11	+ 445 : 11	+ 348 : 4	+ 2424 : 46 = + 53 m.
26	+ 642 : 8	+ 763 : 11	+ 619 : 10	+ 763 : 11	+ 364 : 4	+ 3151 : 44 = + 72 m.
27	+ 537 : 7	+ 746 : 11	+ 669 : 11	+ 816 : 11	+ 365 : 4	+ 3133 : 44 = + 71 m.
28	+ 561 : 8	+ 623 : 10	+ 656 : 11	+ 737 : 12	+ 309 : 4	+ 2886 : 45 = + 64 m.
29	+ 474 : 8	+ 470 : 11	+ 477 : 11	+ 512 : 11	+ 243 : 4	+ 2176 : 45 = + 48 m.
30	+ 238 : 5	+ 198 : 5	+ 310 : 8	+ 225 : 6	+ 143 : 3	+ 1114 : 27 = + 41 m.

TABLEAU F₂.

OSTENDE. — Retards moyens de 2^e Marée Haute en fonction de la parallaxe horizontale de la Lune.

π	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
						12 ^h
54'	1393 : 41	2718 : 53	2579 : 58	1700 : 60	658 : 21	9048 : 233 = 39 m.
55	1009 : 38	1466 : 47	1583 : 50	1465 : 52	621 : 18	6144 : 205 = 30 m.
56	839 : 26	537 : 46	747 : 36	966 : 32	603 : 17	3692 : 157 = 23 m.
57	827 : 27	354 : 31	434 : 32	1014 : 38	409 : 14	3038 : 142 = 21 m.
58	515 : 22	115 : 32	222 : 33	659 : 32	170 : 10	1681 : 129 = 13 m.
59	157 : 31	94 : 46	154 : 41	157 : 49	22 : 16	584 : 183 = 3 m.
60	205 : 29	470 : 27	383 : 36	345 : 36	23 : 8	1426 : 136 = 10 m.
61	253 : 14	332 : 29	392 : 30	425 : 26	87 : 2	1489 : 101 = 15 m.

TABLEAU G₁.

OSTENDE. — Retards moyens de 1^{re} Marée Haute en fonction de la déclinaison de la Lune.

δ	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
— 26 ⁰			— 64 : 4	— 319 : 33	+ 66 : 17	— 317 : 54 = — 6 m.
— 23	— 43 : 1	— 691 : 26	— 210 : 41	+ 37 : 28	+ 202 : 10	— 705 : 106 = — 7 m.
— 20	— 679 : 30	— 371 : 26	— 226 : 23	+ 178 : 22	+ 90 : 7	— 1008 : 108 = — 9 m.
— 17	— 275 : 17	— 246 : 20	— 167 : 14	+ 138 : 16	+ 18 : 6	— 532 : 73 = — 7 m.
— 14	— 228 : 13	— 102 : 18	+ 84 : 19	— 13 : 15	+ 58 : 6	— 201 : 71 = — 3 m.
— 11	— 73 : 14	— 33 : 17	+ 4 : 14	+ 113 : 14	+ 58 : 4	+ 69 : 63 = + 1 m.
— 8	+ 31 : 9	+ 64 : 12	+ 90 : 13	+ 110 : 14	— 25 : 5	+ 270 : 53 = + 5 m.
— 5	+ 25 : 10	— 7 : 16	+ 88 : 14	+ 158 : 13	+ 27 : 5	+ 291 : 58 = + 5 m.
— 2	+ 40 : 12	+ 41 : 13	+ 134 : 10	+ 113 : 13	— 55 : 4	+ 273 : 52 = + 5 m.
0	+ 19 : 4	+ 52 : 5	— 13 : 5	+ 60 : 7	+ 35 : 1	+ 153 : 22 = + 7 m.
+ 2	+ 57 : 10	+ 119 : 14	+ 54 : 13	+ 88 : 9	— 49 : 4	+ 269 : 50 = + 5 m.
+ 5	+ 191 : 12	+ 111 : 13	+ 61 : 16	+ 21 : 11	+ 25 : 4	+ 409 : 56 = + 7 m.
+ 8	+ 213 : 12	+ 129 : 14	+ 93 : 12	+ 120 : 13	— 102 : 4	+ 453 : 55 = + 8 m.
+ 11	+ 98 : 11	+ 272 : 17	+ 101 : 13	— 110 : 12	+ 5 : 4	+ 366 : 57 = + 6 m.
+ 14	+ 109 : 16	+ 5 : 15	— 12 : 15	— 24 : 16	— 30 : 4	+ 48 : 66 = + 1 m.
+ 17	+ 174 : 20	+ 58 : 19	— 60 : 16	— 133 : 16	— 49 : 3	— 10 : 74 = 0 m.
+ 20	+ 203 : 37	— 102 : 29	+ 13 : 21	— 187 : 20	— 41 : 5	— 114 : 112 = — 1 m.
+ 23	— 16 : 2	— 414 : 28	— 379 : 41	— 458 : 26	— 80 : 6	— 1347 : 103 = — 13 m.
+ 26			— 100 : 3	— 720 : 27	— 282 : 8	— 1102 : 38 = — 29 m.

TABLEAU G₂.

OSTENDE. — Retards moyens de 2^e Marée Haute en fonction de la déclinaison de la Lune.

δ	1925	1926	1927	1928	1929	Moyennes
— 26 ⁰			— 41 : 4	+ 524 : 33	+ 507 : 17	+ 990 : 54 = + 18 m.
— 23	— 26 : 1	+ 7 : 28	+ 727 : 42	+ 660 : 29	+ 514 : 10	+ 1882 : 110 = + 17 m.
— 20	+ 64 : 31	+ 172 : 24	+ 356 : 23	+ 571 : 22	+ 273 : 7	+ 1436 : 107 = + 13 m.
— 17	+ 225 : 14	+ 368 : 22	+ 211 : 15	+ 469 : 17	+ 121 : 6	+ 1394 : 74 = + 19 m.
— 14	+ 114 : 13	+ 358 : 20	+ 503 : 21	+ 160 : 13	+ 216 : 6	+ 1351 : 73 = + 19 m.
— 11	+ 192 : 14	+ 318 : 17	+ 255 : 14	+ 497 : 15	+ 83 : 3	+ 1345 : 63 = + 21 m.
— 8	+ 201 : 9	+ 309 : 13	+ 373 : 13	+ 317 : 13	+ 141 : 6	+ 1341 : 54 = + 25 m.
— 5	+ 302 : 9	+ 345 : 16	+ 255 : 13	+ 337 : 11	+ 139 : 5	+ 1378 : 54 = + 26 m.
— 2	+ 417 : 11	+ 322 : 13	+ 402 : 13	+ 284 : 13	+ 48 : 4	+ 1473 : 54 = + 27 m.
0	+ 88 : 5	+ 105 : 4	+ 64 : 5	+ 235 : 7	+ 65 : 1	+ 557 : 22 = + 25 m.
+ 2	+ 268 : 10	+ 392 : 16	+ 340 : 13	+ 308 : 10	+ 7 : 4	+ 1315 : 53 = + 25 m.
+ 5	+ 451 : 12	+ 391 : 14	+ 444 : 16	+ 404 : 14	+ 124 : 4	+ 1814 : 60 = + 30 m.
+ 8	+ 448 : 13	+ 351 : 13	+ 310 : 12	+ 233 : 12	— 41 : 4	+ 1301 : 54 = + 24 m.
+ 11	+ 169 : 10	+ 606 : 17	+ 288 : 13	+ 226 : 11	+ 125 : 4	+ 1414 : 55 = + 26 m.
+ 14	+ 526 : 16	+ 371 : 17	+ 312 : 15	+ 302 : 16	+ 44 : 4	+ 1555 : 68 = + 23 m.
+ 17	+ 680 : 20	+ 549 : 19	+ 308 : 16	+ 333 : 16	+ 51 : 3	+ 1921 : 74 = + 26 m.
+ 20	+ 1037 : 38	+ 714 : 29	+ 660 : 22	+ 352 : 20	+ 77 : 4	+ 2840 : 113 = + 25 m.
+ 23	+ 42 : 2	+ 408 : 29	+ 783 : 42	+ 448 : 25	+ 105 : 6	+ 1786 : 104 = + 17 m.
+ 26			— 56 : 4	+ 71 : 28	— 6 : 8	+ 9 : 40 = + 0 m.

TABLEAU H.

OSTENDE. — Durée du gagnant et du perdant (valeurs adoptées).

Age de la Lune	gagnant	perdant	marée totale	Age de la Lune	gagnant	perdant	marée totale
1	5 ^h 33 ^m	6 ^h 44 ^m	12 ^h 17 ^m	16	5 ^h 33 ^m	6 ^h 48 ^m	12 ^h 21 ^m
2	32	46	18	17	31	49	20
3	31	48	19	18	30	50	20
4	32	50	22	19	31	49	20
5	33	49	22	20	33	48	21
6	34	47	21	21	36	47	23
7	37	45	22	22	40	46	26
8	40	43	23	23	45	45	30
9	44	42	26	24	50	44	34
10	49	41	30	25	53	43	36
11	52	41	33	26	51	43	34
12	50	42	32	27	47	43	30
13	44	43	27	28	41	42	23
14	39	45	24	29	37	42	19
15	35	47	22	30	34	43	17

§ 3. — CONSTANTES RELATIVES AUX HAUTEURS DES MARÉES.

Le niveau moyen de la mer en un endroit déterminé est le plan moyen de part et d'autre duquel s'effectuent les oscillations de la marée. Sa cote correspond à celle de la droite horizontale qui délimite des aires équivalentes dans l'ensemble des diagrammes de marée.

Le niveau moyen de la mer subit des fluctuations provenant notamment de l'existence de l'onde diurne et d'oscillations à longues périodes. On fera donc porter les calculs sur un nombre entier d'années d'observations, à moins que l'on affecte les données d'un poids proportionnel au nombre d'observations.

L'unité de hauteur d'un port est, théoriquement la hauteur, au-dessus du niveau moyen, de la pleine mer de syzygie, le Soleil et la Lune se trouvant dans l'équateur et à leurs moyennes distances de la Terre (conditions non réalisables). Dans la pratique on la considère comme étant la différence des cotes du niveau moyen des hautes mers de syzygie et du niveau moyen de la mer. On la représente par U.

A une date quelconque, la hauteur H de la pleine mer ou de la basse mer au-dessus du niveau moyen est donnée par la formule $H = nU$, dans laquelle le coefficient n ou centièmes de la marée dépend de la date.

Les marées de syzygies ou marées de vives eaux ordinaires i correspondent moyennement au maximum de hauteur de toutes les marées de la demi-lunaison. Les marées

de mortes eaux sont les marées qui correspondent moyennement au minimum de hauteur à chaque demi-lunaison.

Les marées hautes et basses de vives eaux d'une part et de mortes eaux d'autre part, appartiennent à une même onde marée, mais, suivant le signe de la déclinaison de la Lune la marée basse précédera ou suivra la marée haute correspondante.

Les sondes inscrites sur les cartes hydrographiques belges sont, pour la Mer du Nord, rapportées au niveau moyen des basses mers de vives eaux ordinaires à Ostende ($n = 0,94$). Ce plan de référence, désigné par (Z), est connu sous le nom de Zéro de l'Administration des Ponts et Chaussées. Il résulte de la remarquable étude publiée par M. J. Lauwers (2) que ce plan est situé à 1,480 m. en contre-haut du côté Ouest du busc de l'écluse des bassins du Commerce à Ostende.

Le Zéro de l'Etat Major (O. D. G.) est situé à 0,1665 m. au-dessus du (Z) ci-dessus défini.

Le Zéro des cotes inscrites sur les cartes hydrographiques belges de l'Escaut maritime et de ses affluents correspond au plan de comparaison passant à 2,968 m. au-dessus du busc de l'Écluse maritime du Kattendyk à Anvers. Ces deux plans coïncident à peu près.

Les inégalités semi-mensuelles du niveau moyen sont les variations subies par le niveau moyen de la mer en fonction de l'heure du passage de la Lune au méridien du port en temps local.

Le *flux*, *montant* ou *gagnant* correspond à l'élévation de la mer entre l'instant de la marée basse et celui de la marée haute.

Le *reflux* ou *perdant* correspond à l'abaissement de la mer entre l'instant de la marée haute et celui de la marée basse.

Les termes de *flot* et de *jusant* doivent être réservés à la désignation des courants qui sont la conséquence de l'élévation et de l'abaissement du niveau de la mer.

L'*amplitude de la marée* est la différence de niveau entre une basse mer et la haute mer suivante.

La *marée totale* est la différence de niveau entre une basse mer et la moyenne des deux hautes mers qui l'encadrent.

L'*amplitude moyenne de marée haute* est la hauteur du niveau moyen de la haute mer au-dessus du niveau moyen de la mer.

L'*amplitude moyenne de marée basse* est la hauteur du niveau moyen de la mer au-dessus du niveau moyen des basses mers.

L'*amplitude moyenne totale de la marée* est la somme des amplitudes moyennes de marée haute et de marée basse.

Les *inégalités semi-mensuelles de l'amplitude moyenne de marée haute et de marée basse* sont les variations subies par l'amplitude moyenne de marée haute et de marée basse en fonction de l'heure du passage de la Lune au méridien du port en temps local.

Nous empruntons encore à M. J. Lauwers. le tableau K ci-dessous qui donne les hauteurs moyennes, au-dessus du (Z), de la marée haute et de la marée basse en fonction de l'âge de la Lune.

TABLEAU K.

OSTENDE. — Hauteurs moyennes de HM et de BM en fonction de l'âge de la Lune.

Hauteurs (Z) en cm.			Hauteurs (Z) en cm.		
Age	M.H.	M.B.	Age	M.H.	M.B.
1	4 5 7	21	16	4 6 3	13
2	4 6 4	10	17	4 7 1	9
3	4 6 8	8	18	4 7 1	6
4	4 6 1	9	19	4 6 9	10
5	4 6 1	17	20	4 5 7	19
6	4 4 2	26	21	4 4 2	29
7	4 3 3	47	22	4 2 0	44
8	4 1 0	60	23	4 0 3	62
9	3 8 8	72	24	3 8 8	80
10	3 8 2	82	25	3 8 4	87
11	3 8 7	78	26	3 8 6	76
12	4 0 4	67	27	4 0 4	60
13	4 2 1	46	28	4 2 2	44
14	4 4 0	37	29	4 4 3	33
15	4 5 3	23	30	4 5 4	16

Pour construire les courbes correspondantes et en déduire les hauteurs des marées en fonction des heures du passage de la Lune au méridien d'Uccle, nous appliquerons la méthode des échelles correspondantes exposée au paragraphe 2.

Utilisant d'abord l'échelle des âges nous construirons, à l'aide des nombres du tableau K, les deux branches de la courbe des hauteurs moyennes de la marée haute, chacune d'elles correspondant à une demi-lunaison. Nous construirons ensuite la courbe moyenne dont nous mesurerons les ordonnées de 0^h à 12^h, de 20 en 20 minutes d'intervalle utilisant cette fois l'échelle des heures de passage. Cette courbe donne les hauteurs en fonction de l'heure TU du passage de la Lune au méridien d'Uccle. Nous opérerons d'une manière analogue pour les hauteurs de la marée basse. Les résultats ainsi obtenus sont consignés dans le tableau L ci-dessous, qui fournit les hauteurs moyennes de la pleine mer et de la basse mer en fonction de l'heure du passage de la lune au méridien supérieur d'Uccle.

TABLEAU L.

OSTENDE. — Hauteurs moyennes de HM et de BM en fonction de l'heure du passage à Uccle.

Hauteurs (Z) en cm.			Hauteurs (Z) en cm.		
P	M. H.	M. B.	P	M. H.	M. B.
0 0	4 5 8	17	6 0	4 0 4	62
20	4 6 1	14	20	3 9 6	69
40	4 6 5	11	40	3 8 9	75
1 0	4 6 7	9	7 0	3 8 5	80
20	4 6 9	7	20	3 8 3	83
40	4 7 0	6	40	3 8 3	85
2 0	4 6 9	7	8 0	3 8 4	82
20	4 6 8	8	20	3 8 7	78
40	4 6 6	10	40	3 9 2	72
3 0	4 6 3	12	9 0	3 9 9	66
20	4 5 9	16	20	4 0 7	60
40	4 5 4	20	40	4 1 5	53
4 0	4 4 9	24	10 0	4 2 3	47
20	4 4 2	30	20	4 3 1	41
40	4 3 6	36	40	4 3 8	36
5 0	4 2 8	43	11 0	4 4 5	31
20	4 2 0	50	20	4 5 0	26
40	4 1 2	56	40	4 5 4	21

Les courbes des hauteurs montrent que le maximum des pleines mers correspond au minimum des basses mers et a lieu très sensiblement 2,0 jours solaires après la syzygie,

correspondant ainsi au passage vers 1^h40^m ou 13^h40^m ; de même le minimum des pleines mers correspond au maximum des basses mers et a lieu 2,0 jours après la quadrature correspondant au passage vers 7^h40^m ou 19^h40^m. On obtient donc pour l'âge de la marée semi-diurne à Ostende 2,0 jours (40^h environ).

Nous avons obtenu (3) l'équation de la courbe des hauteurs de la marée moyenne à Ostende. Nous en avons déduit la valeur suivante :

Cote du niveau moyen de la mer à Ostende = 230,0 cm. (Z)

En retranchant ce nombre de la hauteur de la pleine mer de syzygie on obtiendra l'unité de hauteur du port d'Ostende.

Unité de hauteur = 470 — 230 = 240 cm.

Le tableau L donne les valeurs ci-dessous et les inégalités figurant au tableau M.

Niveau moyen de l'ensemble des marées hautes : 15521 : 36 = 431 cm. (Z).

Niveau moyen de l'ensemble des marées basses : 1443 : 36 = 40 cm. (Z).

Niveau moyen approximatif (431 + 40) : 2 = 235,5 cm.

On a trouvé précédemment pour le niveau moyen 230 cm.

Le niveau moyen approximatif pour la période 1925-27 dépasse donc le niveau moyen de 235,5 — 230,0 = 5,5 cm.

L'amplitude moyenne de l'ensemble des marées hautes est 431 — 230 = 201 cm.

L'amplitude moyenne de l'ensemble des marées basses est 230 — 40 = 190 cm.

Cote moyenne des marées hautes des vives eaux ordinaires = 470 cm.

Cote moyenne des marées hautes des mortes eaux ordinaires = 383 cm.

Cote moyenne des marées basses des vives eaux ordinaires (définition du Z) = 6 cm.

Cote moyenne des marées basses des mortes eaux ordinaires = 85 cm.

De l'équation de la courbe des hauteurs moyennes des marées ordinaires nous avons déduit les valeurs figurant dans le tableau N qui donne les hauteurs de la marée d'heure en heure T. M. à partir de la marée haute (3).

On en déduit l'amplitude moyenne totale des marées ordinaires à Ostende : 431,6 — 39,5 = 392,1 cm.

Les diagrammes des marées ne sont pas symétriques. On ne peut donc admettre pour cote du niveau moyen de la mer la moyenne des hauteurs des marées hautes et des marées basses ainsi que l'ont fait le Dépôt de la Guerre et M. Stessels. Nous appellerons cette moyenne le *niveau moyen approximatif*. Le tableau P donne le niveau moyen approximatif et l'amplitude totale de la marée ordinaire pour les années 1925 à 1933.

TABLEAU M.

OSTENDE. — Inégalités des hauteurs moyennes de HM et de BM en fonction de l'heure du passage à Uccle.

P	Inégalités pour la		P	Inégalités pour la	
	M.H.	M.B.		M.H.	M.B.
0 0	+ 27	— 23	6 0	— 27	+ 22
20	+ 30	— 26	20	— 35	+ 29
40	+ 34	— 29	40	— 42	+ 35
1 0	+ 36	— 31	7 0	— 46	+ 40
20	+ 38	— 33	20	— 48	+ 43
40	+ 39	— 34	40	— 48	+ 45
2 0	+ 38	— 33	8 0	— 47	+ 42
20	+ 37	— 32	20	— 44	+ 38
40	+ 35	— 30	40	— 39	+ 32
3 0	+ 32	— 28	9 0	— 32	+ 26
20	+ 28	— 24	20	— 24	+ 20
40	+ 23	— 20	40	— 16	+ 13
4 0	+ 18	— 16	10 0	— 8	+ 7
20	+ 11	— 10	20	0	+ 1
40	+ 5	— 4	40	+ 7	— 4
5 0	— 3	+ 3	11 0	+ 14	— 9
20	— 11	+ 10	20	+ 19	— 14
40	— 19	+ 16	40	+ 23	— 19

Il suffirait de diminuer de 5m (+ 6m — 11m) les heures des colonnes P du tableau M pour obtenir les inégalités semi-mensuelles de l'amplitude moyenne de MH et de MB.

TABLEAU N.

OSTENDE. — Hauteurs moyennes de la marée.

	M. B.							M. H.	
Heures	5 ^h 39 ^m	5 ^h	4 ^h	3 ^h	2 ^h	1 ^h	0 ^h 30 ^m	0 ^h	
Hauteurs	39.5	53	107	166	266	392	424	431,6	cm.
								M. B.	
Heures	0 ^h 30	1 ^h	2 ^h	3 ^h	4 ^h	5 ^h	6 ^h	6 ^h 45 ^m	
Hauteurs	425	412	358	281	195	117	59	39.5	cm.

TABLEAU P.

OSTENDE. — Niveau moyen approximatif.

	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	moyennes
Hauteur moyenne des M. H.	434	433	427	429	423	429	427	427	427	428,4 cm.
Hauteur moyenne des M. B.	39	41	40	44	41	46	48	48	47	43,8 cm.
Amplitude totale de la marée	395	392	387	385	382	383	379	379	380	384,7 cm.
Niveau moyen approximatif	236.	237	233.	236.	232	237.	237.	237.	237	236,1 cm.

Le niveau moyen approximatif pour la période 1925-1933 est donc 2^m36.

L'amplitude moyenne totale de la marée ordinaire pour la même période est 3^m85. Les valeurs ci-dessus ne sont donc qu'approximatives ; elles diffèrent moyennement de 5 à 7 cm. des moyennes obtenues en tenant compte de toutes les hauteurs de la marée.

§ 4. — CONCLUSIONS du chapitre I.

Au point de vue pratique cette première partie nous fournira des tables qui permettront d'améliorer, dès maintenant, la prédiction des marées à la Cote belge. Elle nous permet de réduire sensiblement le travail de préparation et d'établisse-

ment des moyennes des observations dans la suite du travail.

Au point de vue théorique elle nous servira de base à une étude analytique du régime des marées au port d'Ostende. Elle nous permettra notamment d'établir et d'étudier les équations des courbes obtenues et de déterminer l'importance relative des diverses ondes.

(1) Étude sur le régime de la marée au port d'Ostende, par M. BOVIE. *Annales des Travaux Publics de Belgique*, 1886.

(2) Les marées du port d'Ostende, par M. J. LAUWERS, *id.*, Août 1930.

(3) Détermination du niveau moyen de la mer à Ostende, par Ch. CHARLIER. *Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique* pour 1939.

UCCLE, le 5 décembre 1938.

