

LA METHODE GELCI POUR LA PREVISION DE LA HOULE A CASABLANCA
d'après une étude de J. BEYDON, Lieutenant de Vaisseau

M. Robert GELCI, du Service de Physique du Globe et de Météorologie de CASABLANCA, vient de mettre au point, après de longues recherches, une méthode empirique permettant de prédire de façon continue la houle à CASABLANCA.

Cette méthode utilise les cartes météorologiques successives, observées ou prévues, pour déterminer les houles susceptibles d'arriver à CASABLANCA et suivre les variations de leur amplitude au cours de leur déplacement. L'évolution de la houle, dans l'intervalle de deux cartes synoptiques successives, s'obtient à l'aide de règles simples qui constituent l'essentiel de la méthode.

Nous allons d'abord exposer ces règles, puis nous examinerons comment on les applique et nous verrons enfin quelques résultats obtenus.

I. - Règles concernant la formation et la propagation de la houle.

a) Houles à considérer.

On suppose en premier lieu que la houle qui atteindra ultérieurement le point de prévision, en l'occurrence CASABLANCA, prend naissance en tout point de l'océan tel que la direction du vent (1) y fait avec la direction du lieu de prévision un angle inférieur à 10° .

En raison de l'imprécision qui affecte le tracé des isobares et la direction du vent par rapport à ces courbes, on se contente pratiquement de déterminer les houles à considérer en opérant sur une carte de l'Atlantique en projection conique conforme de Lambert et en assimilant à une orthodromie la droite qui joint sur la carte le point de formation de la houle et le lieu de prévision.

On admet même, en général, que les zones génératrices

(1) Le vent qui est employé au cours de cet exposé est le vent des météorologistes, celui qui règne à 10 mètres au-dessus du niveau de la mer.

à retenir sont celles dans lesquelles la direction des isobares fait un angle de moins de 20° avec la direction du lieu de prévision (fig.1, Pl.I).

b) Amplitude de la houle.

La formule retenue pour la hauteur des vagues est la suivante, qui ne fait pas intervenir directement la notion de fetch :

$$H(w, t) = \frac{0,07 w^2}{1 + \frac{15}{t}}$$

et dans laquelle les lettres représentent :

- w la vitesse du vent exprimée en noeuds et prise égale à 0,7 fois le vent géostrophique,
- t la durée en heures de l'action du vent dans la zone de formation,
- H la "hauteur moyenne maximum" exprimée en décimètres; c'est la moyenne des hauteurs des plus hautes vagues d'une dizaine de groupes de vagues; elle figure dans les résultats des observations et correspond aux appréciations des observateurs locaux.

c) Propagation de la houle.

La vitesse de propagation des "zones de houle" n'est ni la vitesse de phase, ni la vitesse de groupe de la théorie classique de la houle; elle est supposée constante et égale à 25 noeuds.

On peut rapprocher cette hypothèse des conclusions auxquelles est arrivé M. P. BERNARD par l'étude des microséismes provoqués par la houle (1) et qui tendent à attribuer à la houle, ou plutôt au front de houle, une vitesse moyenne de 50 à 60 km/h, non proportionnelle à la période de l'oscillation.

d) Amortissement de la houle.

Considérons (fig.2, Pl.II) une aire d'amortissement que la houle aborde avec une hauteur H_0 (hauteur moyenne maximum) et

(1) Voir Bulletin d'Information du C.O.E.C., 4, IV (avril 1952), page 140.

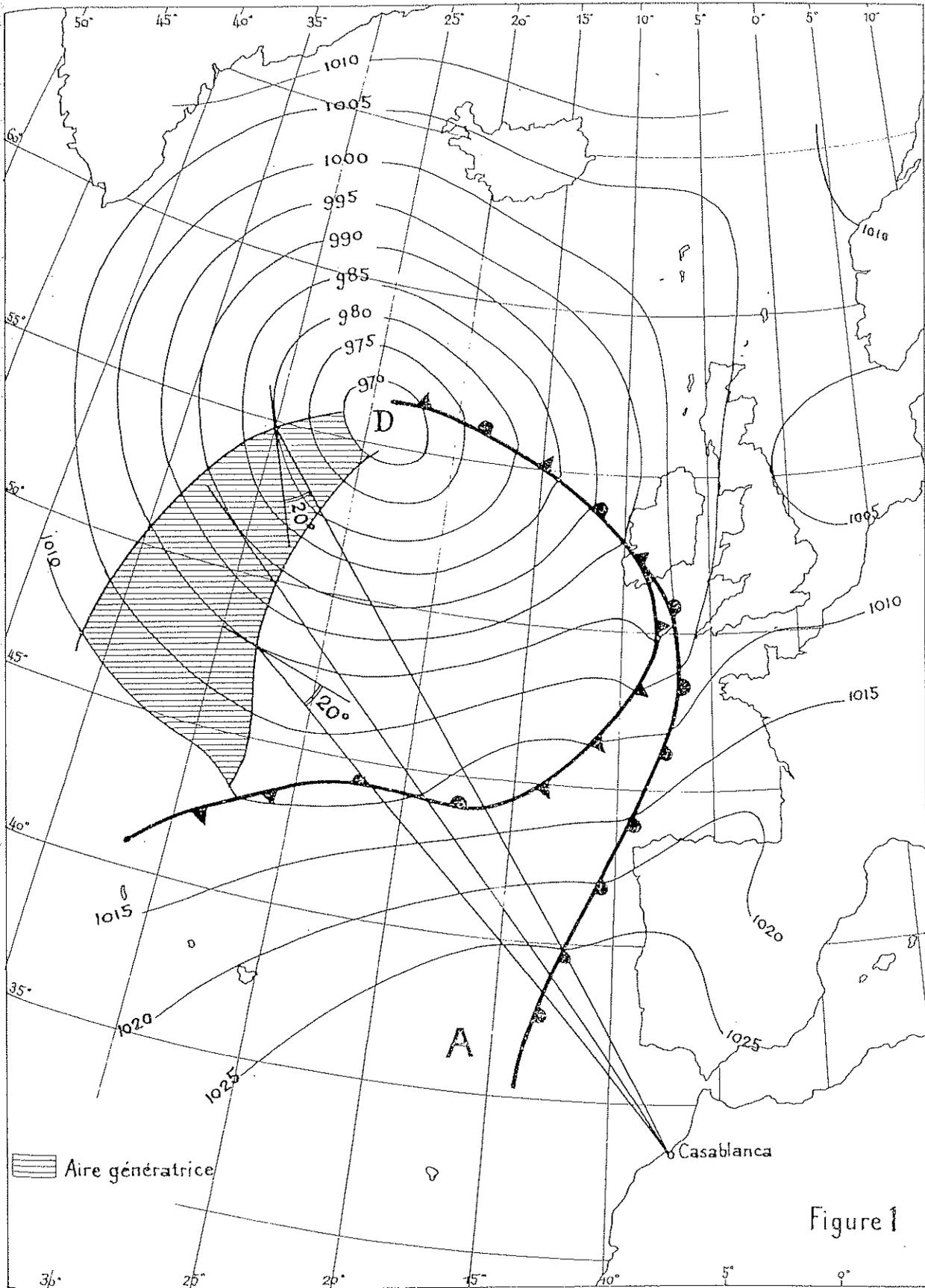
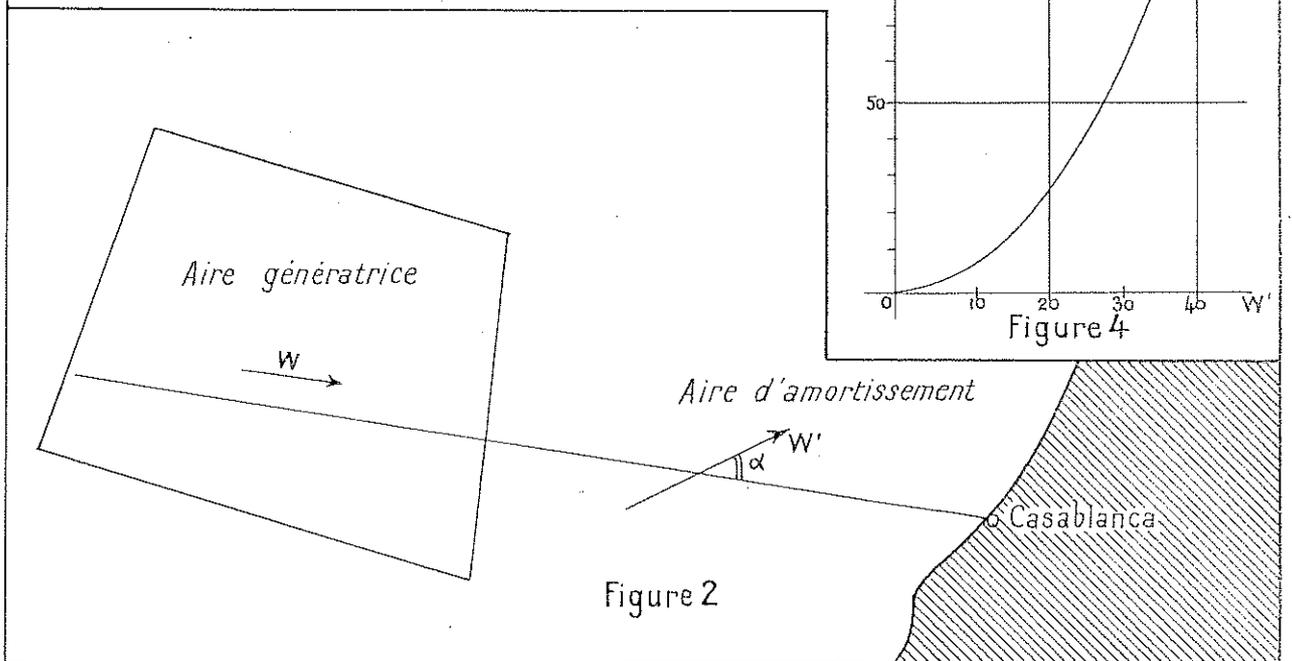
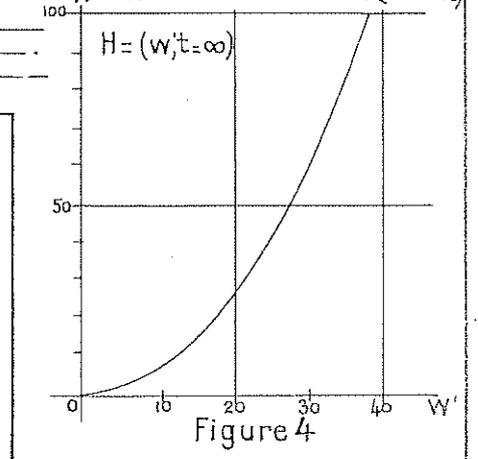
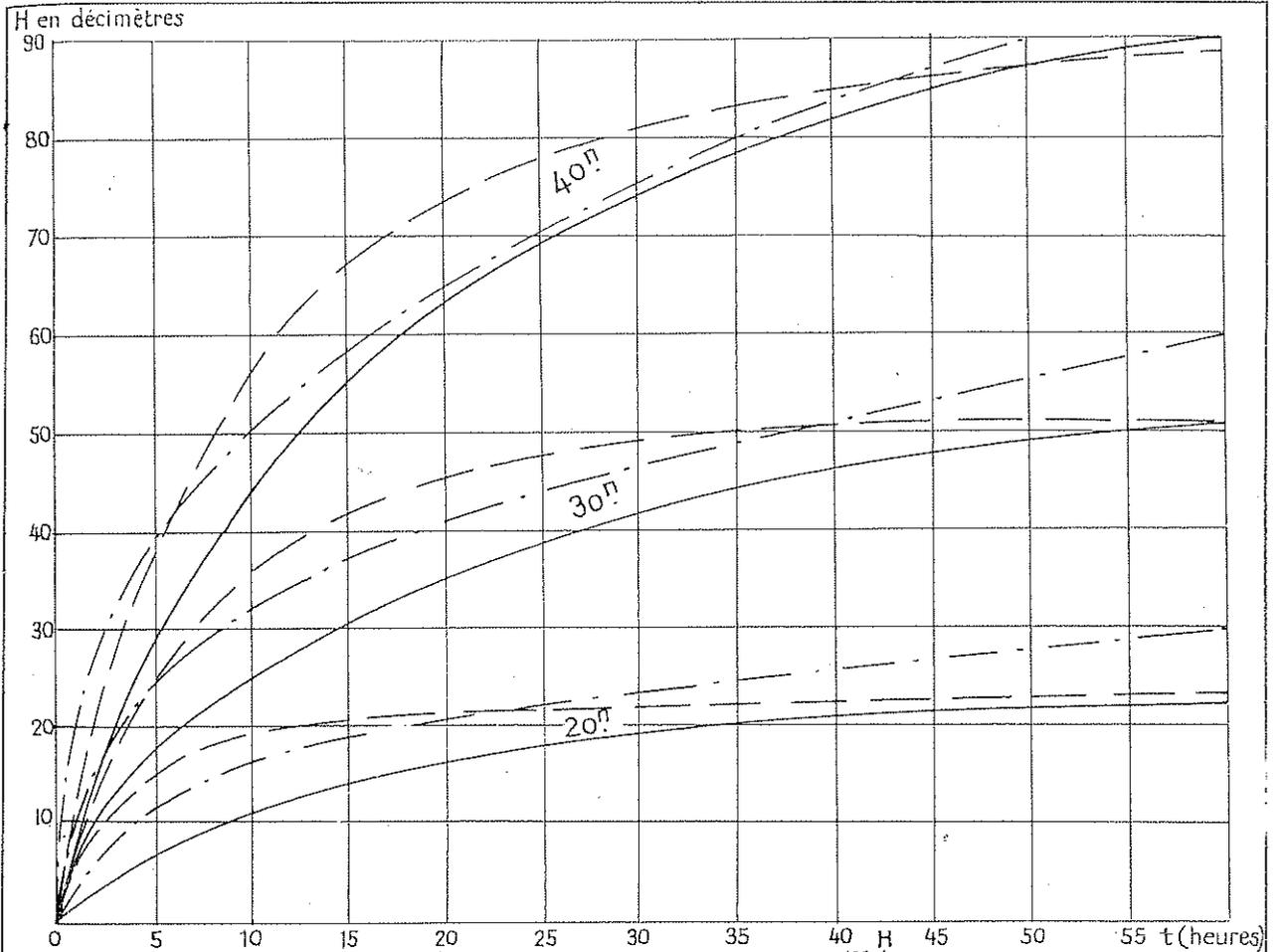


Figure 1

Planche I

Gelci



Gelci

Planchell

sur laquelle souffle un vent de vitesse w' faisant un angle α avec la direction de propagation de la houle. Pour déterminer la hauteur H de la houle après franchissement de cette aire, la méthode envisage seulement 4 cas simples.

1) Zone de vents favorables ($\alpha < 15^\circ$).

On commence par déterminer la durée t_e d'action équivalente correspondant au vent w' et à la hauteur H_0 . Cette durée s'obtient par la relation

$$H_0 = \frac{0,07 w'^2}{1 + \frac{15}{t_e}}$$

Si l'on appelle t la durée de l'amortissement, la hauteur cherchée H est alors donnée par l'expression

$$H = \frac{0,07 w'^2}{1 + \frac{15}{(t+t_e)}}$$

La détermination de t_e et de H se fait aisément à l'aide de la figure 3 (Pl.II) sur laquelle est tracée en trait continu la courbe $H(w, t)$ employée dans la méthode GELCI. Le vent w est pris égal à 0,7 fois le vent géostrophique pour des isobares rectilignes et pour des températures égales de l'air et de la mer.

A titre de comparaison, on a porté également sur la figure 3 les courbes relatives aux méthodes SUTHONS et SVERDRUP (modifiée, publication H.O. n°604) en assimilant à la hauteur moyenne maximum de GELCI, la hauteur des vagues significatives de SVERDRUP et 1,4 fois la hauteur de l'onde simple équivalente de SUTHONS.

Il arrive parfois, lorsque H_0 dépasse $0,07 w'^2$, que la détermination de la durée d'action équivalente ne soit pas possible; on opère alors comme dans le deuxième cas ci-dessous, qui concerne une zone de calme ($w' = 0$), mais H ne descend pas au-dessous de la valeur $H(w', t = \infty)$ soit $0,07 w'^2$ (figure 4, Pl.II).

2) Zone de calme ($w' = 0$).

La hauteur H est, dans ce cas, donnée par la loi empi-

rique d'amortissement

$$H/H_0 = 10^{-D/25}$$

en appelant D la longueur en hectomilles du trajet d'amortissement. Mais comme celui-ci est supposé effectué à la vitesse constante de 25 noeuds, on peut écrire :

$$H/H_0 = 10^{-t/100}$$

La figure 5 (Pl.III) représente le rapport H/H_0 en fonction de la distance D d'amortissement par temps calme, suivant la loi de GELCI, indépendante de la période (trait continu). On y a porté également les lois utilisées par SUTHERS (dans le cas d'une période à l'arrivée de 12 sec) et par SVERDRUP (dans le cas de périodes à l'arrivée de 12 et de 16 sec).

3) Zone de vents traversiers ($\alpha > 15^\circ$).

On admet que la vitesse de propagation de la houle continue à être de 25 noeuds, mais on considère que la distance effective (ou la durée) d'amortissement est proportionnelle à la composante transversale de la vitesse du vent.

Pour simplifier, on opère de façon discontinue et l'on considère que la loi d'amortissement est la même que par calme lorsque le vent traversier est inférieur à 10 noeuds, que la durée d'amortissement est double, triple ou quadruple pour des vents traversiers respectivement compris entre 10 et 15 noeuds, entre 15 et 20 noeuds, ou supérieurs à 20 noeuds.

La figure 6 (Pl.III) représente en fonction de w' et α les trois courbes d'égal vent traversier de 10, 15 et 20 noeuds; ces courbes divisent le graphique en 4 régions A, B, C et D, dans chacune desquelles est inscrite la loi d'amortissement correspondante

$$H/H_0 = 10^{-nt/100}$$

avec $n = 1$ pour la zone A, $n = 2, 3$ et 4 pour les zones B, C et D.

4) Zone de vents contraires.

Si la vitesse des vents contraires à la propagation de

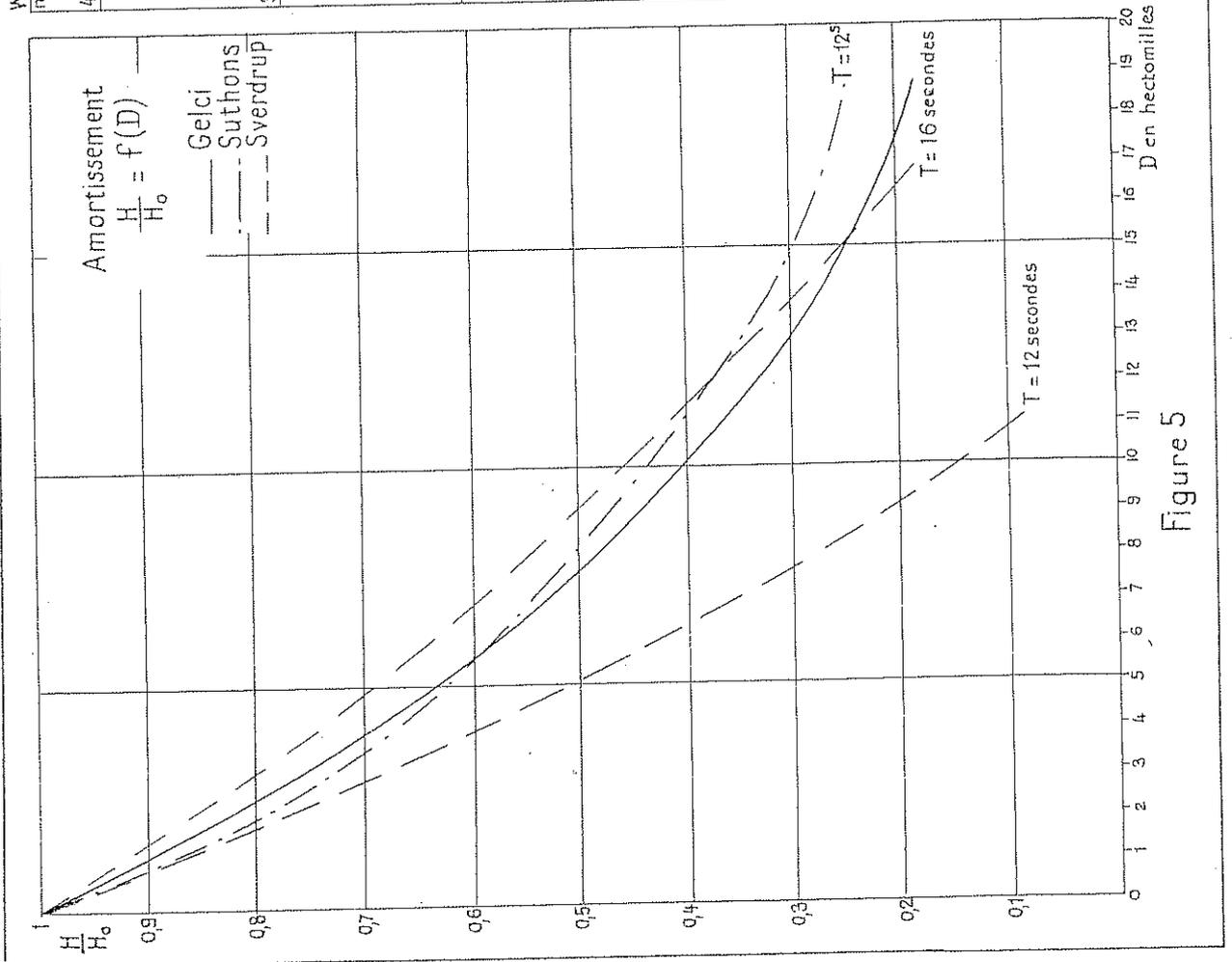


Figure 5

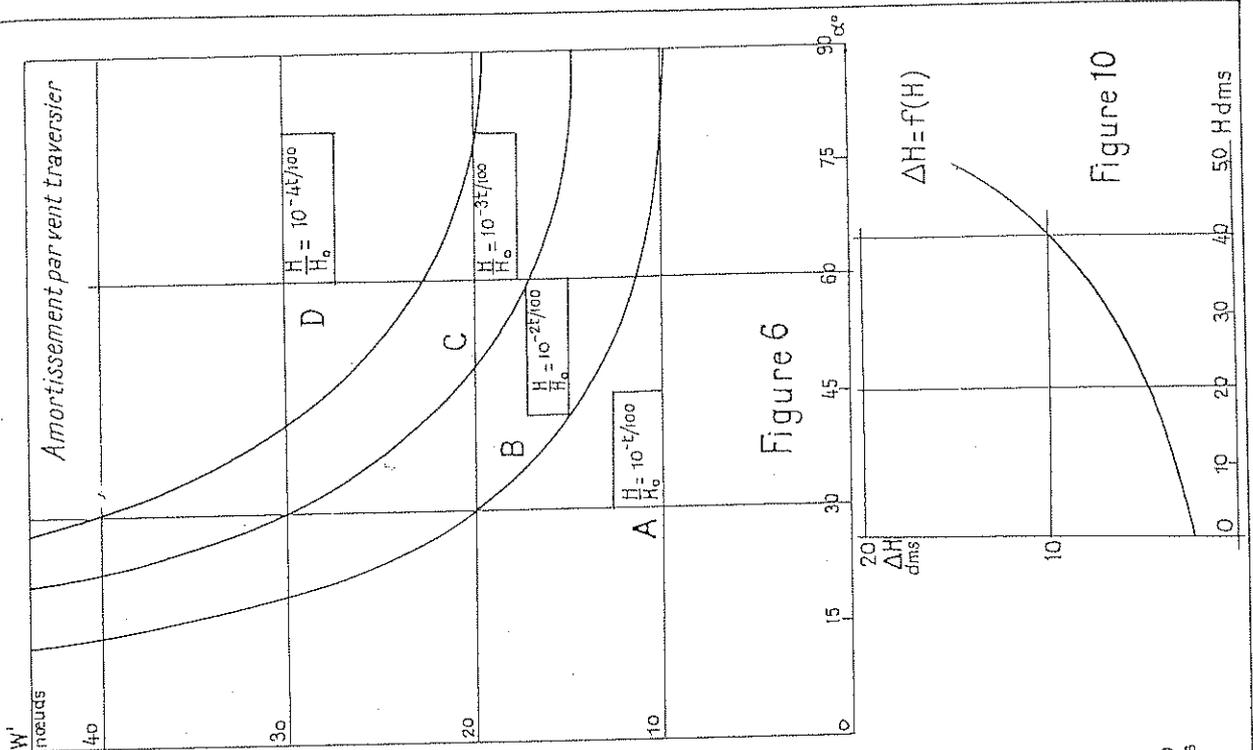


Figure 6

Figure 10

la houle dépasse 15 noeuds, on considère que la houle est tellement amortie qu'elle n'atteindra pas le lieu de prévision.

II. - Pratique de la méthode.

Pour mettre en oeuvre la méthode, on utilise des indicateurs, points figuratifs associés à une zone de houle dont ils représentent l'emplacement et la hauteur moyenne maximum à l'heure synoptique.

Les indicateurs se déplacent comme la zone de houle à une vitesse de 25 noeuds en direction du point de prévision, où l'heure d'arrivée de chacun d'eux est donc déterminée dès le début. Mais il faut calculer, pour chacun d'eux, les hauteurs moyennes maxima aux diverses positions qu'il occupe; cette détermination se fait à l'aide des cartes synoptiques successives, généralement espacées de 6 heures en 6 heures.

Lorsque l'examen d'une carte synoptique a permis de déterminer une aire génératrice possible, on y place de façon régulière un nombre suffisant d'indicateurs et on calcule pour chacun d'eux l'heure d'arrivée à CASABLANCA (fig.7, Pl.IV).

En outre, on déduit de la carte pour chaque indicateur, le vent w , défini comme nous l'avons indiqué et on obtient la hauteur moyenne maximum H_1 correspondante en supposant que le vent w a soufflé avec une force constante durant les 6 heures précédentes, cette opération se fait à l'aide du graphique de la figure 3 (Pl.II) dans lequel on entre avec w et $t = 6$.

Sur la carte synoptique suivante, postérieure de 6 heures, on reporte les indicateurs déplacés de 150 milles en direction de CASABLANCA. On détermine pour chaque indicateur la vitesse w' du vent et son angle α avec la direction de propagation et l'on calcule, en partant de H_1 et de ce vent, la nouvelle hauteur moyenne maximum H_2 , en appliquant la loi d'amortissement appropriée (figures 3, Pl.II, 5 et 6, Pl.III). S'il y a lieu, on place sur la carte d'autres indicateurs correspondant à de nouvelles aires génératrices possibles (fig.8, Pl.V).

On suit ainsi de 6 h en 6 h la marche des indicateurs jusqu'au lieu de prévision. Après quelques intervalles de temps synoptique, il existera sur la carte un assez grand nombre d'indicateurs représentant l'état des diverses houles se dirigeant

vers CASABLANCA à l'instant considéré. Suivant le délai laissé au prévisionniste, les dernières cartes synoptiques utilisées pourront être non plus des cartes "observées" mais des cartes extrapolées ("prévues").

On schématise les résultats à l'aide d'un graphique sur lequel chaque indicateur est représenté par un point ayant pour abscisse son heure d'arrivée à CASABLANCA et pour ordonnée la hauteur moyenne maximum prévue pour cet instant (fig.9, Pl.VI).

Comme il peut arriver à un même instant des houles venant de directions différentes et qu'il n'est pas possible de déterminer les interférences qui se produisent, on trace sur le graphique une courbe continue enveloppant tous les indicateurs. C'est cette courbe qui permet de se rendre compte de la hauteur de la houle attendue à CASABLANCA et de ses variations avec le temps.

III. - Résultats et discussions.

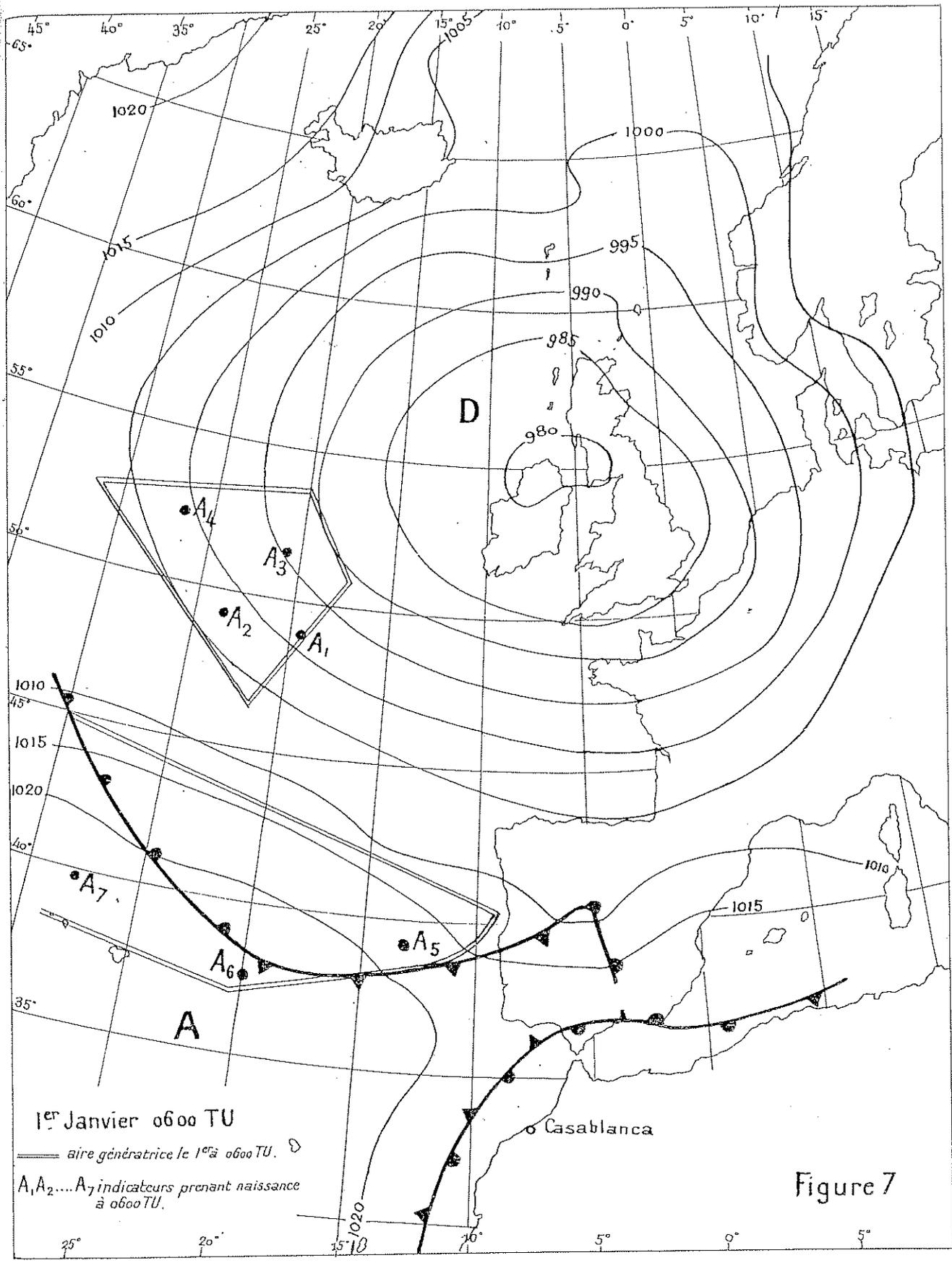
La méthode GELCI a été appliquée par son auteur et par ses collaborateurs à la prévision continue de la houle à CASABLANCA pendant l'année 1951. Pour contrôler son efficacité, les prévisions ont été comparées à l'observation directe, mais afin de réduire l'importance des erreurs d'observation, on a utilisé, au lieu des seules mesures faites à CASABLANCA, la moyenne des mesures aux trois stations de CASABLANCA, RABAT et MEHEDIA, prises à 6 h, 12 h et 18 h T.U.

On a admis que la prévision était bonne lorsque l'erreur sur la hauteur prédite à une heure donnée était inférieure à la quantité ΔH donnée par la courbe $\Delta H = f(H)$ de la figure 10 (Pl.III). Cette courbe, tracée a priori, correspond assez bien à l'incertitude admissible pour les besoins de la pratique. Avec ce critère d'exactitude, les résultats ont été les suivants :

Mois 1951	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
Taux des prévisions réussies	87 %	89 %	86 %	83 %	69 %	80 %	72 %	63 %	76 %

Une autre application de la méthode a été faite par la Section de Météorologie Maritime pour la période du 1er au 15 janvier 1951. Mais comme elle avait lieu a posteriori il n'a pas été utilisé de cartes synoptiques "prévues". Les résultats sont donnés





1^{er} Janvier 0600 TU

— aire génératrice le 1^{er} à 0600 TU. D

A₁A₂...A₇ indicateurs prenant naissance à 0600 TU.

Figure 7

Gelci

Planche IV : V

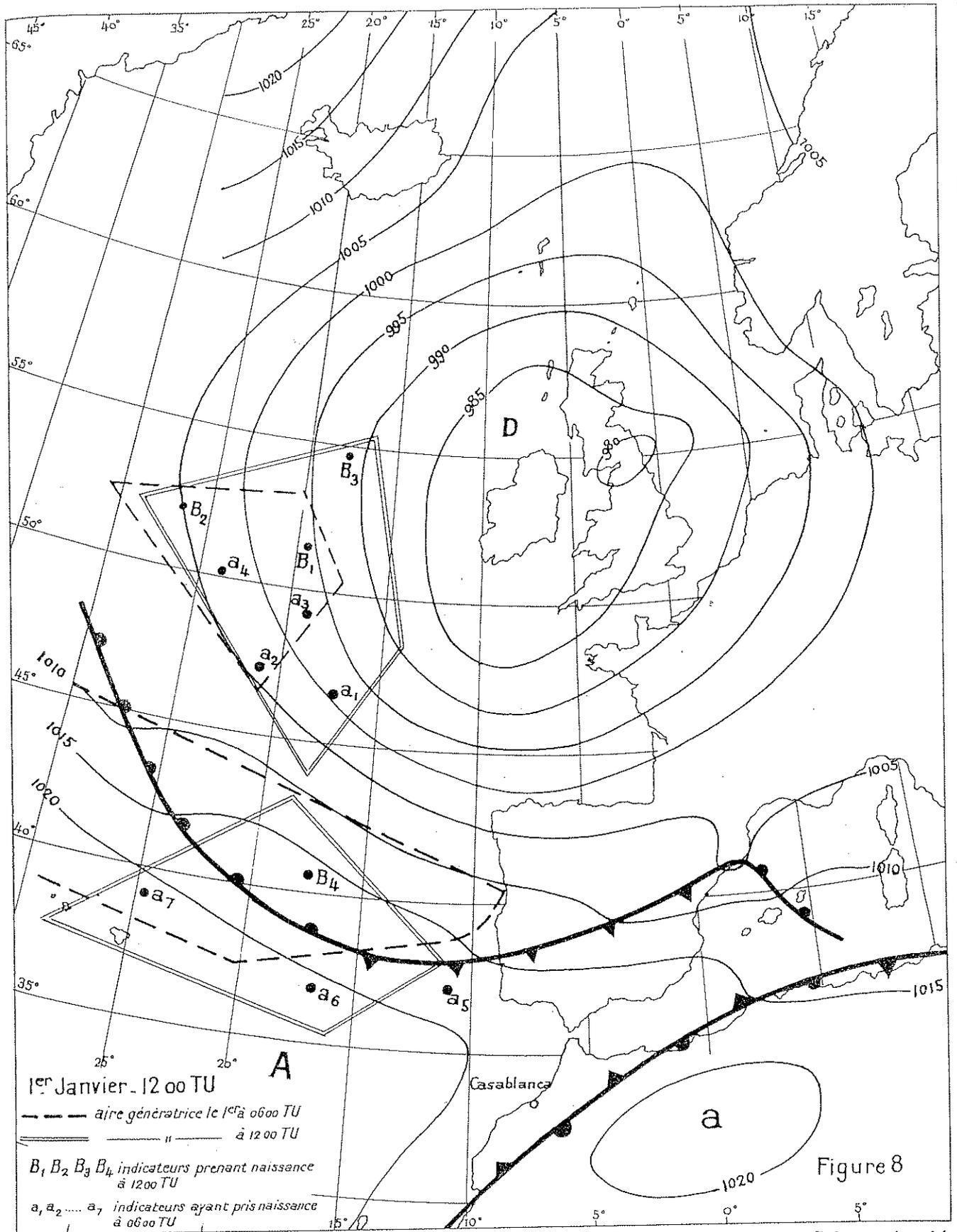


Figure 8

Gelci

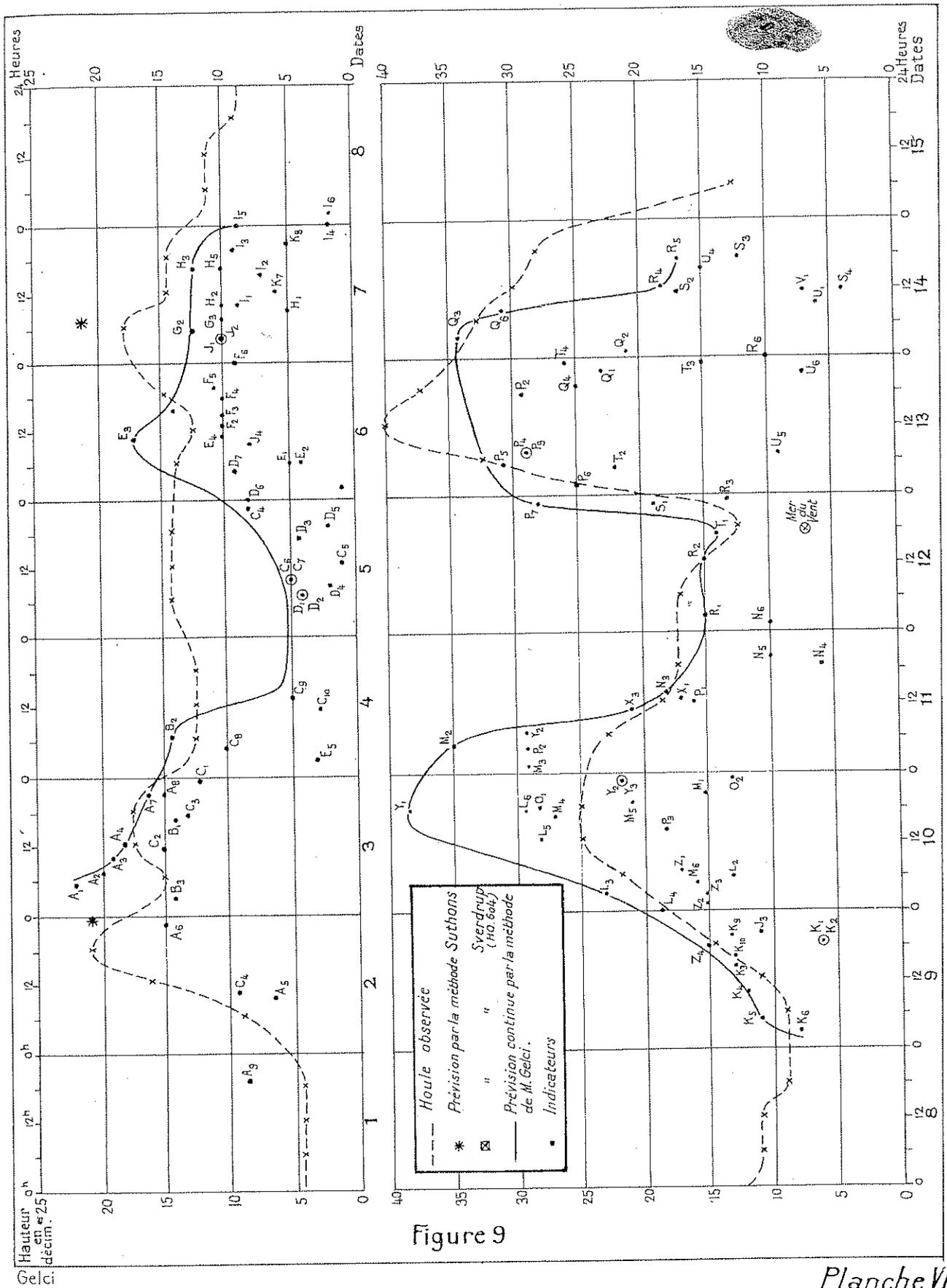
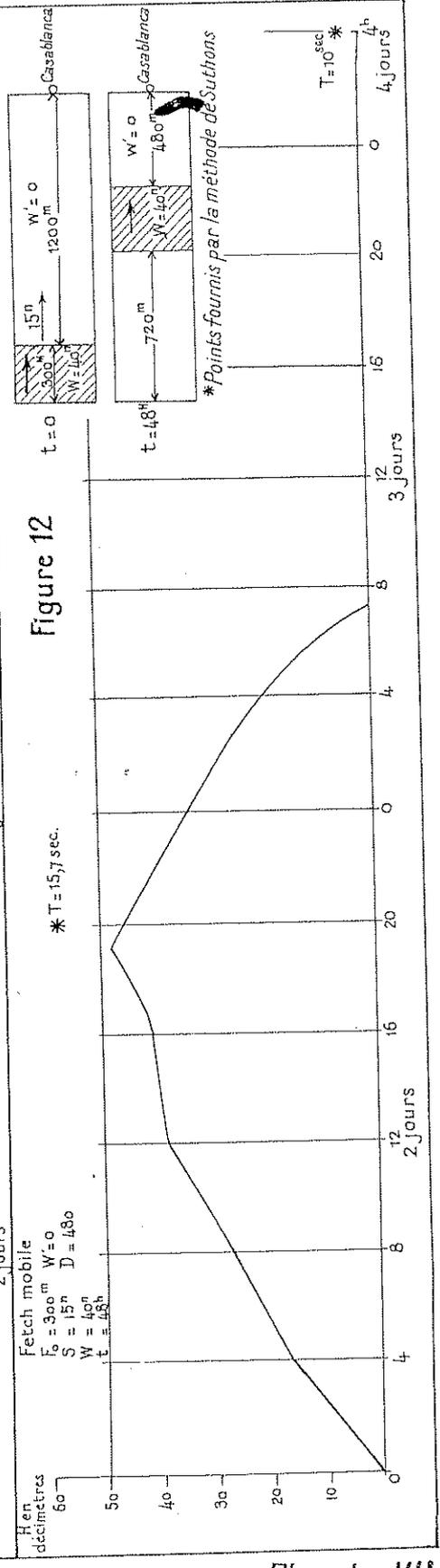
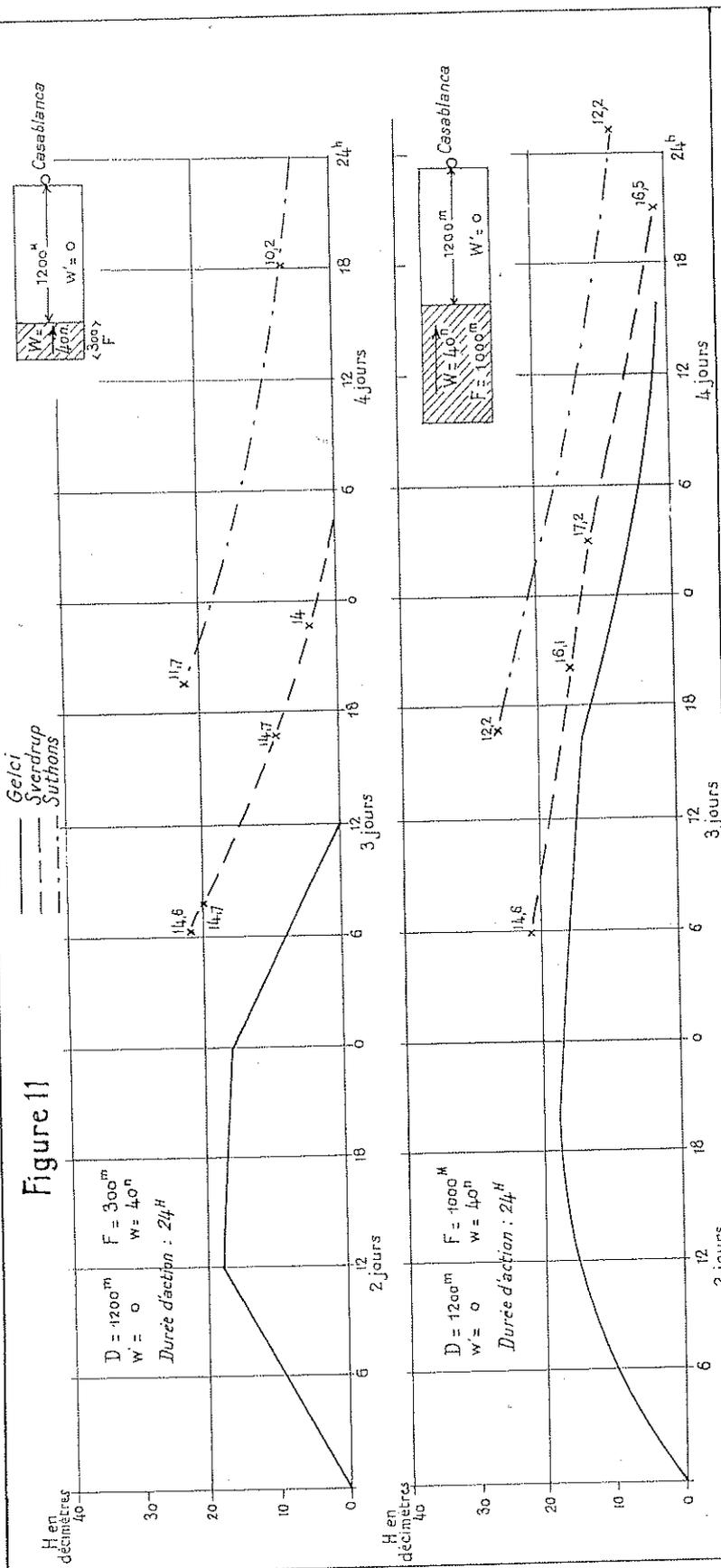


Figure 9



sur la figure 9 (Pl.VI), sur laquelle on a porté également la houle observée, ainsi que les prévisions obtenues pour certaines fortes houles par les méthodes de SUTHONS (hauteur de l'onde équivalente) et de SVERDRUP (Publ. H.O. n°604). Les trois méthodes conduisent, tout au moins dans ce cas, à des résultats relativement comparables.

Des comparaisons ont été tentées, dans des cas schématiques, entre la méthode GELCI et les méthodes de prévision anglaise et américaine.

La figure 11 (Pl.VII) représente les diagrammes d'arrivée d'une houle provenant d'un fetch fixe et amortie dans une zone de calme; on voit que si les hauteurs données par les diverses méthodes sont assez concordantes, il n'en est pas de même pour les heures. Dans le cas d'un fetch fixe, la houle prévue par la méthode GELCI arrive toujours avant celle qui est prévue par la méthode de SUTHONS, et d'autant plus tôt que, pour un fetch donné, la durée d'action du vent aura été plus longue.

Sur la figure 12 (Pl.VII) on a tracé le diagramme d'arrivée d'une houle provenant d'un fetch mobile se déplaçant à la vitesse de 15 noeuds, parallèlement à lui-même et, en direction de CASABLANCA. Il y a une assez bonne concordance entre les heures d'arrivée et les hauteurs du maximum de houle fournies par la méthode GELCI et par la méthode de SUTHONS, mais la première conduit à une décroissance beaucoup plus rapide que la seconde.

S'il est difficile de se prononcer sur les avantages d'exactitude de la méthode GELCI par rapport aux méthodes de SVERDRUP et de SUTHONS, elle l'emporte certainement sur les deux autres au point de vue de la simplicité et de la rapidité d'emploi, et aussi par le fait qu'elle fournit une prévision continue.

Les calculs de prévision par les deux autres méthodes sont relativement laborieux et exigent une grande habitude et beaucoup de circonspection; ils conduisent en outre à des résultats discontinus; cependant, ces deux méthodes offrent l'intérêt de fournir une valeur de la période de la houle et d'avoir une grande généralité d'application. Cela résulte de leur fondement théorique qui manque à la méthode GELCI. Celle-ci comporte une grande part d'empirisme; basée sur l'interprétation judicieuse de houles observées à CASABLANCA, elle n'est, sous sa forme présente, valable que pour ce port; si l'on voulait l'utiliser pour la prévision en d'autres lieux, il faudrait vraisemblablement lui apporter quelques modifications concernant notamment les constantes des formules et, parmi elles surtout, la valeur de la vitesse de progres-

sion des zones de houle; mais cette adaptation ne pourrait être obtenue qu'à l'aide d'observations continues de la houle au nouveau point de prévision.

Néanmoins, telle qu'elle est et sans préjuger des améliorations que l'expérience pourra conduire à lui apporter, la méthode GELCI est très intéressante par les résultats qu'elle fournit à CASABLANCA avec la plus grande simplicité et aussi pour orienter dans un sens nouveau la recherche des méthodes de prévision de la houle.