

LE SERVICE DE LA PRÉDICTION DE LA HOULE AU MARROC,

PAR M. MONTAGNE

LIEUTENANT DE VAISSEAU.

Depuis le 1^{er} juillet 1921, un service de prédiction de la houle a été créé à Rabat par la Direction générale des travaux publics du Protectorat marocain. Ce service envoie chaque jour aux différents ports du Maroc et aux navigateurs à la mer des prédictions formulées dix-huit ou trente-six heures à l'avance.

On sait que le trafic commercial dans la plupart des ports du Maroc dépend étroitement en toutes saisons de l'état de la mer et en particulier de la houle, qui reste sensible même à l'abri des grandes jetées de Casablanca. De plus, chaque hiver de grosses houles surviennent, parfois brutalement, qui mettent en danger les bâtiments au mouillage dans les rades foraines, causent des avaries graves au matériel flottant de l'exploitation des ports ou risquent de surprendre dans leur travail les tiens occupés à construire les jetées des nouveaux ports du Maroc moderne. La prédiction de la houle présente donc une importance pratique considérable, et l'on conçoit qu'un avertissement donné à temps permette d'éviter des pertes de matériel qui pourraient atteindre plusieurs millions. Nous citerons seulement comme exemple le cas récent d'un « riaz de marée » au cours duquel des avaries évaluées à près d'un million de francs en une demi-journée auraient pu être évitées en tenant plus grand compte des prédictions formulées vingt-quatre heures à l'avance par la station centrale de Rabat.

Les études qui se rapportent à l'organisation rationnelle d'un service de prédiction ont, dans ces conditions, un intérêt économique certain et les dépenses qu'elles nécessitent ne constituent en aucune manière un luxe scientifique inutile.

Les résultats obtenus dans la prédiction de la houle au Maroc sont dès à présent satisfaisants et l'épreuve de l'hiver 1922-1923, marqué par l'apparition de violentes tempêtes dans l'Atlantique et de grosses houles sur les côtes du Maroc, vient de montrer que les études entreprises par la Marine nationale depuis 1907 n'avaient pas été inutiles.

On peut admettre actuellement que la houle annoncée par le Service de prédiction de Rabat arrive 70 fois sur 100. La proportion des houles qui surviennent à l'improviste ne dépasse guère 20 p. 100, et d'ailleurs ces aggravations inattendues ne sont pas, en général, dangereuses pour la sécurité des navires.

Sans doute, il reste encore à augmenter la précision des prédictions : la houle observée est parfois plus faible ou plus forte que ne l'indique la prédiction ; une incertitude de douze ou dix-huit heures sur le moment de l'arrivée du phénomène subsiste dans certains cas ; mais nous connaissons dès à présent les moyens d'arriver à des résultats plus satisfaisants. On peut espérer réduire, dans un avenir très rapproché la proportion des cas de surprise à 5 p. 100, et dans des conditions où les erreurs commises n'auront plus d'inconvénient sérieux.

Il nous a paru intéressant, au moment où des résultats pratiques ont été enfin obtenus après quinze années de travail, de retracer la suite des efforts accomplis par la Marine nationale qui s'est attachée à l'étude de ce problème dès la première heure (chap. I^{er}).

Nous voudrions ensuite indiquer les perfectionnements apportés depuis 1921 aux méthodes d'observation et de prévision de la houle par le Service de prédiction et les Services étrangers qui lui donnent leur précieuse collaboration (chap. II).

Nous essaierons enfin de montrer dans quelles conditions de nouveaux progrès pourront être réalisés dans l'avenir et de rechercher les moyens pratiques à mettre en œuvre pour arriver à des résultats définitifs (chap. III).

CHAPITRE PREMIER.

HISTORIQUE DE L'ÉTUDE.

La Marine militaire, chargée en 1907 d'assurer le service de débarquement du corps expéditionnaire et son ravitaillement sur cette côte du Maroc qui est peut-être la plus dure de l'Atlantique, se préoccupa immédiatement de l'étude de la prédiction de la houle.

Tous les marins qui ont passé un hiver sur la côte connaissent la forme que revêt l'arrivée de la grosse houle dans les ports. Par un ciel souvent très clair, avec une brise de beau temps, sans autres signes précurseurs que de légères oscillations du niveau de l'eau au fond des darses et des abris à barcasses, la mer grossit brusquement, des rouleaux élevés apparaissent, dont le front présente parfois un ou deux kilomètres de largeur. Barcasses, remorqueurs et embarcations en rade se trouvent coupés de la terre ; chalands et remorqueurs près des quais sont entraînés par les vidents courants que produisent les oscillations du niveau de la mer et se brisent sur les roches ; les navires au mouillage cassent leurs chaînes ; les jetées sont couvertes par la mer et les rails des titans arrachés. La grosse houle du 8 janvier 1913 détruisit en quelques heures, à Casablanca seulement, 4 voiliers et 3 remorqueurs ; 9 barcasses chargées de marchandises furent perdues et 13 autres furent avariées ; le trafic du port fut paralysé pendant plusieurs mois.

Entre 1907 et 1912, de nombreuses observations furent effectuées par les croiseurs de la Division navale du Maroc pour connaître, en divers points

de la côte, les caractéristiques de ces grosses houles, si dangereuses pour les marins. Ces observations, en particulier celles qui étaient effectuées par le croiseur de service qui tenait le large à 60 milles à l'Ouest du cap Cantin, auraient pu être extrêmement utiles pour les études ultérieures. Elles se sont malheureusement perdues et il nous a été impossible d'en retrouver la trace. Ces premières observations eurent du moins pour résultat de laisser entrevoir les principes sur lesquels on peut établir une méthode de prédiction.

Le 19 mai 1913, M. le capitaine de vaisseau Simon, commandant la Division navale du Maroc, demandait au Service hydrographique qu'une étude comparée des dépressions et de la houle du Maroc fût commencée au plus tôt. Le 30 mai une note de M. le capitaine de frégate Roullin, chef de la Section de météorologie maritime au Service hydrographique, exprimait l'opinion que la relation entre la formation de la houle à l'Ouest du Maroc et le déplacement des dépressions dans l'Atlantique, des Açores vers le continent, est trop complexe pour que la prédiction puisse être réalisée « avec probabilité d'une manière générale ».

Le 19 octobre de la même année, une étude de M. le lieutenant de vaisseau Lacroix montrait au contraire par l'analyse des effets des dépressions du 1^{er} octobre 1912 au 1^{er} octobre 1913 que des règles générales peuvent être tirées de l'expérience. Une partie de celles qu'il formulait se sont trouvées en effet entièrement confirmées par les études postérieures.

Dès ce moment une correspondance s'établit entre la Division navale du Maroc, l'État-major général, le Service hydrographique et le Bureau central météorologique au sujet de l'organisation d'un service de prédiction. La difficulté de centraliser au Maroc les observations météorologiques conduisit à envisager la création de cet organisme auprès du Bureau central météorologique ; mais, en raison des difficultés inhérentes à toute création nouvelle ou peut-être à cause du scepticisme qui subsistait sur la possibilité d'arriver à des résultats pratiques, aucune décision suivie d'effet ne put être prise (1). Cependant les marins des ports du Maroc attendaient avec impatience l'organisation d'un service d'avertissement qui leur éviterait les désastreuses surprises de chaque hiver. L'attente ne put s'établir à Paris et le Bureau central déclina l'offre qui lui était faite par la Marine nationale de fournir au Maroc les prédictions journalières tant espérées. La guerre arrêta en juillet 1914 toute correspondance.

En 1915, l'enseigne de vaisseau Rolland suggérait l'idée d'observer directement la houle aux Açores, aux Canaries et à la Corogne ; mais cette proposition ne fut pas retenue ; il était d'ailleurs difficile de la mettre à exécution en raison de l'état de guerre.

En 1918, une étude entreprise par M. Gain, adjoint au chef de la Section de la météorologie maritime au Service hydrographique, allait

(1) Sur l'histoire des travaux effectués de 1913 à 1917, cf. l'étude de M. Gain « Sur la prédiction de la houle au Maroc ». [Annales du Service hydrographique (1918), pages 66, 67 et 68.]

enfin permettre d'établir dans ses grands traits la méthode de prédiction de la houle en formulant des principes clairs et tirés d'une expérience déjà longue. Analysant les situations isobariques de l'Europe occidentale pendant quatre années (1915-1918) et les comparant à l'état de la mer à Casablanca, M. Gain formulait les règles suivantes :

I. *La houle produite à Casablanca est la conséquence :*

1° Dans la plupart des cas, de dépressions passant sur l'océan entre les Açores et l'Islande, dépressions qui, dans l'état actuel de nos connaissances, nous sont signalées à leur arrivée vers l'Islande ou l'Irlande. La houle sera d'autant plus forte que la dépression sera plus profonde et plus étendue, que les conditions de la zone interposée entre elle et le Maroc favoriseront son développement et sa propagation (vents de N. W. ou calme). La houle, suivant l'emplacement de la dépression, mettra de deux à quatre jours à parvenir au Maroc;

2° Moins fréquemment, de dépressions se dirigeant sur les Açores vers le Portugal, le golfe de Gascogne ou le Sud de l'Irlande. La mer, pour ces dépressions, sera rarement grosse à Casablanca. La houle mettra de vingt-quatre à quarante-huit heures à parvenir au Maroc;

3° Exceptionnellement, de centres le plus souvent secondaires provenant de dépressions venant du Nord (entre Islande et Norvège), centres qui arrivent soit vers le golfe de Gascogne, soit vers le Sud de l'Espagne et le Nord du Maroc (ceux-ci provenant de dépressions sur la Méditerranée).

II. *La houle est plus ou moins atténuée ou fait défaut à Casablanca :*

1° Quand un anticyclone s'interpose entre le Maroc et la dépression, notamment lorsque l'anticyclone s'étale sur la région Açores-Portugal;

2° Lorsque les dépressions passent au Nord de l'Islande;

3° Dans la plupart des cas, lorsque les dépressions descendent sur l'Europe en passant entre l'Irlande et Norvège;

4° Lorsque les dépressions, même profondes et à vents forts, se déplacent rapidement vers l'Est.

M. Gain estimait d'ailleurs que la prédiction de la houle par l'examen de leurs trajectoires ainsi classées, pouvait donner 90 p. 100 au moins de succès, le nombre des cas de surprise paraissant devoir être infime (inférieur à 5 p. 100).

M. le capitaine de vaisseau Chauvin prenait, en juillet 1919, le commandement de la Division navale du Maroc, décidé à faire aboutir l'organisation d'un service de prédiction de la houle au Maroc, d'après les règles indiquées par M. Gain. Mais l'insuffisance des moyens et la réduction considérable des Services de la marine au Maroc amenaient la Marine nationale à renoncer définitivement à ce projet en juin 1921.

Entre temps, l'existence d'une station météorologique au Centre d'aviation maritime de Kénitra, dont nous exerçons alors le commandement,

nous avait permis de vérifier par les observations de l'état de la mer à Méhédia et à Rabat, la valeur des règles formulées par M. Gain. Mais les résultats que nous donnaient nos prédictions journalières étaient notablement inférieurs à ceux que nous aurions pu attendre à première vue. Nos prévisions d'arrivée de la houle ne se trouvaient vérifiées que dans 70 p. 100 des cas environ (au lieu de 90 p. 100), et ce qui était plus grave encore, 30 p. 100 des houles observées échappaient à toute prévision (1). Nous écrivions à ce moment dans une note qui résumait l'expérience de dix-huit mois d'études :

« 1° Nos observations montrent que les règles de M. Gain permettent de connaître une grande partie des causes générales de l'apparition de la houle sur la côte du Maroc;

2° Ces règles permettent seulement de faire pour les ports du Nord du Maroc des prévisions d'arrivée de houle qui sont vérifiées 75 fois sur 100 au maximum ; les prédictions manquent de précision en ce qui concerne l'heure d'arrivée de la houle et sa force;

3° En examinant le nombre assez considérable de cas où la houle est arrivée à l'improviste (25 fois sur 100 au moins) il semble que d'autres influences générales s'exercent encore dans des conditions qui n'ont pas été précisées jusqu'ici ».

L'étude ultérieure du problème pendant les années 1921, 1922, 1923, nous a permis de comprendre les raisons de ces imperfections de la méthode de M. Gain. Les règles qu'il formule sont exactes; mais il nous semble que la situation isobarique de l'Atlantique est trop complexe pour être entièrement représentée par la combinaison des «lois» simples auxquelles son étude l'a conduit. En particulier les trajectoires des dépressions sur l'Atlantique, que les progrès des transmissions par T. S. F. nous permettent de suivre maintenant dans de meilleures conditions qu'autrefois, sont beaucoup plus variées que nous ne le pensions au début (exemple pl. IV). De plus la houle de N. W. et d'W. N. W. qui atteint le Maroc se forme le plus souvent à l'W. du méridien 20° W., au milieu de l'Atlantique.

Par suite, chaque fois que l'on se borne à comparer la distribution des pressions sur les côtes occidentales d'Europe à l'état de la mer au Maroc, sans connaître la situation de l'Atlantique central et même occidental, on risque de se trouver en présence de houles dont la provenance est incertaine. Si l'on s'exerce à la prédiction journalière en utilisant seulement les observations des côtes d'Europe et des Açores, on constate de fréquentes surprises qui se produisent chaque fois qu'une dépression stationne au large (pl. IV et pl. VIII).

(1) On pouvait il est vrai se demander, comme M. Gain l'a fait, si les règles de prédiction valables pour Casablanca l'étaient également pour Rabat et Méhédia. Nous avons pu nous convaincre par quatre années d'observations précises que la houle se présente au large de ces trois ports avec la même force et des caractères analogues. Les aggrava-tions et améliorations se produisent en même temps à quelques heures près sur toute la partie de la côte comprise entre Méhédia et Mazagan.

M. Gain avait d'ailleurs implicitement reconnu ces difficultés en souhaitant que les observations de navires au large devinssent plus nombreuses et plus faciles à utiliser. Aussi bien les restrictions que la pratique nous a fait apporter aux règles générales qu'il a formulées portent sur la manière de les utiliser, plutôt que sur leur valeur absolue, qui subsiste entièrement.

De toutes façons, les résultats imparfaits que nous obtenons exigent un nouveau travail de comparaisons et d'observations pour compléter et préciser les différentes règles déjà tirées de l'expérience par M. Gain.

Les circonstances devaient nous permettre de mener à bien cette nouvelle étude. En juillet 1921, nous étions chargé par M. Delpit, directeur général des travaux publics au Maroc d'organiser un service de prédiction de la houle à Rabat. Le concours de M. le vice-amiral Neuparth, Ministre de la marine de la République Portugaise, puis directeur du Service hydrographique, état entièrement acquis au Maroc pour l'observation de la houle sur les côtes et la transmission par T. S. F. des avertissements; enfin, M. le colonel Chaves, le savant océanographe et météorologiste qui dirige l'important Service météorologique des Açores, offrit spontanément d'exécuter dans ses îles, pour l'étude de la « prédiction de la houle », toutes les observations utiles (1).

Grâce à ces précieux concours à l'étranger et aux moyens qui nous étaient donnés sur la côte marocaine nous nous proposons d'étudier les points suivants :

1° L'apparition de la houle dans les différents ports du Maroc se produit-elle dans des conditions identiques ? Quel est à cet égard le régime des différentes parties de la côte marocaine ?

2° Comment la houle apparaît-elle aux Açores et au Portugal en direction et en force ? Comment les bâtiments l'observent-ils au large des côtes du Maroc ?

3° La comparaison des effets de la houle au Maroc, aux Açores et au Portugal avec la situation météorologique de l'Atlantique Nord connue maintenant par de nombreuses observations de navires permet-elle de combler les lacunes que la pratique nous a fait découvrir dans la méthode de prédiction de M. Gain ?

CHAPITRE II.

ÉTAT ACTUEL DE L'ÉTUDE.

ORGANISATION DU SERVICE DE PRÉDICTION.

§ 1. **Diverses catégories de houles observées au Maroc.** — Pour continuer l'étude du problème il était nécessaire tout d'abord de

(1) Mission de M. le lieutenant de vaisseau Dubreuil, à Lisbonne (décembre 1920).

bien se représenter le régime des différents ports du Maroc en ce qui concerne l'importance des phénomènes observés. On avait souvent signalé des différences appréciables de la force de la houle dans les différents ports; mais l'imprécision du langage employé par les observateurs ne permettait pas de tirer des renseignements portés sur les registres d'observations des conclusions précises.

Nous avons pu à cet égard obtenir des résultats satisfaisants en employant la méthode suivante :

On demande dans chaque port, à un observateur déterminé, de noter plusieurs fois par jour la hauteur des rouleaux de houle au moyen d'un chiffre compris entre 0 et 9. L'observateur peut utiliser des repères fixes à la mer, extrémités de mâts, têtes de roches, etc.; il peut même apprécier de sentiment lorsqu'il est bien entraîné. Dans ces conditions, il est facile de constater que les côtes fournies par les différents ports sont très comparables les unes aux autres. Les améliorations et les aggravations successives sont très bien marquées et si l'on cherche à représenter graphiquement l'état de la mer dans les divers ports, on obtient le plus souvent des courbes superposables et d'une similitude parfois remarquable.

Les résultats obtenus par ce procédé grossier dépassent beaucoup en précision ce qu'on pourrait imaginer tout d'abord.

On en jugera par l'examen des graphiques donnés sur les planches I et V. L'étroussée de l'accord ainsi obtenu entre ces observations isolées nous permet de dire qu'une houle arrivant du large et frappant en plein la côte du Maroc est pratiquement appréciée dans des conditions identiques dans les différents ports. On peut admettre que le code suivant :

0	houle nulle.
1	} houle très faible.
2	
3	} houle modérée.
4	
5	} houle assez forte.
6	
8	houle très forte.
9	houle exceptionnellement forte.

malgré son imprécision, est utilisé par tous d'une manière identique à condition que la « force » de la houle soit observée d'un point à terre, situé à faible altitude, d'où l'on voit arriver du large des vagues non brisées et dont il est possible d'apprécier grossièrement la hauteur.

Il arrive cependant que l'accord entre les différents ports soit détruit. Au cours des trois dernières années nous avons observé des cas où les phénomènes ne se présentent pas sur la côte d'une manière identique, et nous avons pu constater que ces discordances se produisent surtout lorsque les directions de la houle du large ne sont pas comprises entre l'W.N.W. et le N.W.

Contrairement à ce qu'on pourrait imaginer, les influences locales sont peu sensibles et amènent peu de perturbations, *il est d'ailleurs toujours facile de les discerner*. Les marins expérimentés qui font nos observations dans les ports savent très bien distinguer entre la houle du large et le clapotis local créé par le vent, lors même que la mer grossit et qu'apparaît le phénomène de la « houle forcée ».

Ajoutons que des observations de ce genre ne peuvent être effectuées que par des marins.

On peut tirer des observations comparées de la houle sur les côtes du Maroc depuis trois ans les conclusions suivantes :

1° Entre Méhédia et le cap Cantin (Méhédia, Rabat, Casablanca, Mazagan) la houle est observée dans des conditions identiques; les houles les plus fortes et les plus fréquentes sont celles du N.W. et de l'W.N.W. La houle arrivant du large de la direction de l'W. frappe cette partie de la côte avec une violence déjà atténuée.

Les houles de l'W.S.W. sont peu sensibles, celles du S.W. presque complètement amorties;

2° Entre le cap Cantin et l'Oued Sous, le régime de la côte est plus variable et dépend surtout de la forme des abris et des ports.

Saïf est protégé des houles de N. qui sont peu sensibles. Il est ouvert en grand à la houle du S.W.

Le mouillage de Mogador est relativement abrité des houles de N.W. et de S.W. sauf si elles sont très fortes, et son régime le fait ressembler aux ports du N. du Maroc.

Agadir est sensible aux houles de l'W. et du S.W. Il est assez bien protégé des houles de N.W.

Sur cette partie de la côte, les houles de N.W. (les plus fréquentes) arrivent, en général, un peu atténuées, surtout à Agadir. Les houles de S.W. sont à craindre l'hiver, surtout de septembre à janvier, et elles sont particulièrement dures à Agadir et à Saïf.

Nous avons remarqué que pendant certains hivers, 40 p. 100 des houles observées dans les ports de Saïf et d'Agadir venaient du S.W. Ces houles ne se faisaient pas sentir au N. du cap Cantin.

En résumé :

a. Les houles du N., généralement courtes, atteignent surtout Méhédia et Rabat. Elles ne sont pas ressenties dans les ports situés au S. du cap Cantin;

b. Les houles de N.W. et W.N.W., les plus fortes et les plus fréquentes, frappent toute la côte à peu près en même temps, mais elles sont d'autant plus atténuées à Saïf et surtout à Agadir que leur direction d'arrivée est plus voisine du N.,

c. Les houles d'W. frappent toute la côte à la fois, elles sont un peu atténuées entre Méhédia et Mazagan;

d. Les houles de S.W. sont presque exclusivement ressenties à Agadir et à Saïf.

§ 2. Diverses sortes de houles observées au Portugal.

M. le vice-amiral de Neuparth, directeur du Service hydrographique à Lisbonne a créé en 1922 un service de météorologie nautique, dirigé par M. le capitaine de frégate A. Carvalho Brandao, qui se tient en relations directes avec le Service de la prédiction de la houle au Maroc. Les observations qui sont fournies par plusieurs points de la côte du Portugal : Oporto, Ericeira, cap Razo, cap Saint-Vincent, et sont effectuées dans des conditions analogues à celles des ports du Maroc, nous ont permis de préciser les conditions d'arrivée de la houle au large de notre côte.

On peut constater sur le graphique de la planche I l'identité des phénomènes sur les côtes du Portugal et du Maroc avec un décalage de 6 à 12 heures environ. Il y a lieu, toutefois, de faire les remarques suivantes :

1° Il se forme fréquemment sur la côte du Portugal sous l'action de forts vents de N., une houle courbe de N. qui arrive avec une journée de retard à Méhédia, Rabat et Casablanca. Cette houle courte est observée sur la côte N. du Portugal sous la forme d'un fort clapotis;

2° Les houles de N.W. sont souvent moins fortes sur la côte du Portugal qu'au Maroc;

3° Les houles d'W. sont ressenties dans des conditions identiques;

4° Les houles de S.W. lorsqu'elles sont fortes au Maroc arrivent sur la côte du Portugal avec un jour de retard mais elles sont généralement atténuées.

Ces différences n'empêchent pas de constater d'une manière habituelle l'unité profonde de la côte du Portugal et du Maroc où les mêmes variations de la force de la houle sont parfois constatées par une douzaine d'observateurs à la fois depuis Oporto jusqu'à Agadir.

§ 3. Diverses sortes de houles observées aux Açores.

Des 1920, M. le colonel Chaves, directeur du Service météorologique des Açores avait proposé au Maroc son concours pour l'observation de la houle dans son archipel.

Quatre postes d'observation ont été établis par ses soins en des points spécialement choisis et les résultats qu'il a bien voulu nous communiquer nous ont permis d'identifier un grand nombre de houles dont l'origine et le mode de propagation nous étaient peu connus jusqu'ici.

Bien que ces observations aient été effectuées dans des conditions légèrement différentes du Maroc et du Portugal, elles nous ont cependant donné des résultats excellents.

Il n'est pas encore possible de formuler sur l'observation de la houle aux Açores des conclusions définitives mais on peut s'en tenir provisoirement aux indications suivantes :

1° Les houles observées au voisinage de la côte du Maroc, dans la direction du N.W. et qui ont une origine assez lointaine pour être observées sans vent aux Açores sous forme de « houle pure », arrivent dans cet archi-

pel dans la direction du N. W. ou du N. avec une avance sur le Maroc comprise entre 1 jour $1/2$ et 1 jour ⁽¹⁾;

2° Les houles arrivant au Maroc dans les directions de l'W. N. W. et de l'W. sont observées aux Açores du N. W. et de l'W. N. W. avec une avance comprise entre 2 jours $1/2$ et 1 jour;

3° Les houles qui arrivent de l'W et de l'W. S. W. au Maroc sont observées dans la même direction aux Açores avec une avance de 2 jours $1/2$ à 1 jour $1/2$;

4° Les houles du S. W. au Maroc ne sont pas ressenties aux Açores; il en est évidemment de même pour les houles de N. ou de N. N. W. formées à petite distance des côtes d'Europe (entrée du golfe de Gascogne).

§ 4. Origine des diverses houles observées au Maroc.

En comparant les phénomènes observés dans l'archipel des Açores et sur les côtes du Portugal à ceux qui apparaissent sur la côte marocaine, nous avons pu réussir à préciser les directions d'arrivée de la houle au large, et à caractériser la sensibilité particulière des ports du Maroc aux différentes sortes de houles.

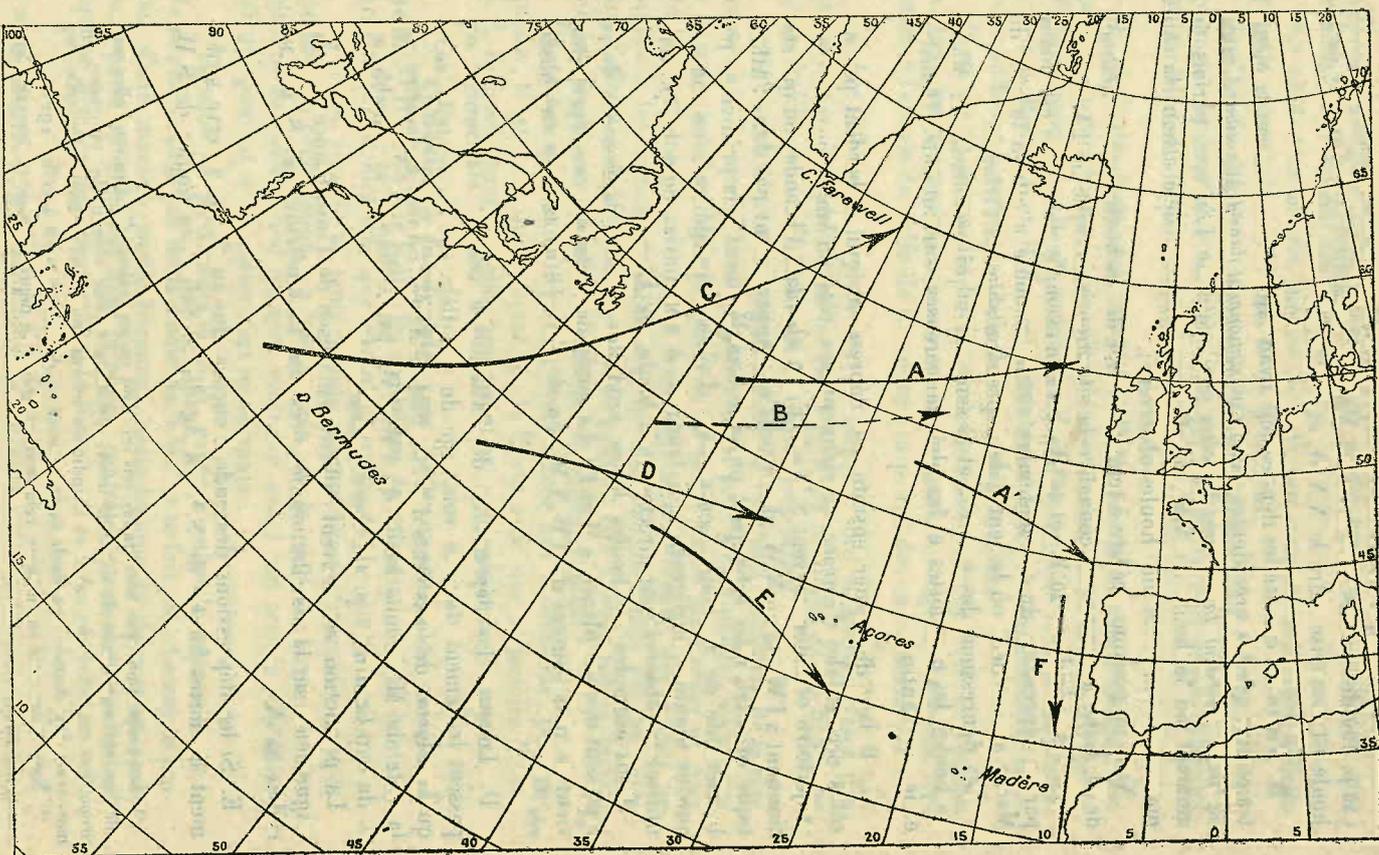
Il est possible, maintenant, d'arriver à d'autres résultats intéressants, en rattachant les houles observées dans les îles et sur le continent aux dépressions qui les ont produites. Ces dépressions nous sont bien connues dans l'Atlantique par les observations des bâtiments à la mer. La publication américaine *Monthly Weather Review* permet de les suivre dans de bonnes conditions.

Pendant une période de dix-huit mois, du 1^{er} juillet 1921 au 1^{er} janvier 1923, nous avons cherché à identifier les causes de formation des houles venues au Maroc. L'analyse est très facile pendant les mois d'été, les dépressions étant peu nombreuses. Pendant l'hiver, l'identification, parfois plus délicate, peut cependant être faite dans de bonnes conditions grâce aux observations combinées des Açores et du Portugal et des bâtiments naviguant entre Bordeaux et Casablanca.

Environ 5 P. 100 des houles observées pendant cette période n'ont pu être identifiées. Le reste (88 cas examinés) peut être rattaché à des dépressions de types différents qu'il convient d'indiquer, en simplifiant au besoin les trajectoires (voir fig. ci-après).

A. D'abord se présentent les dépressions qui abordent les côtes d'Europe entre l'Irlande et La Corogne, avec une trajectoire sensiblement W.-E. et une *voiesse de translation régulière*. Ces dépressions sont annoncées par une baisse barométrique sensible dans les stations météorologiques des côtes. Elles ont été spécialement étudiées par MM. Lacroix et Gain. Les règles de prédiction formulées par M. Gain se sont trouvées entièrement

(1) Nous avons utilisé pour connaître la direction de la houle au large de la côte marocaine des observations de navires. Celles des paquebots de la Compagnie générale transatlantique (ligne Bordeaux-Casablanca) « Volubilis », « Figui », « Martinique », nous ont été particulièrement utiles.



confirmées en ce qui concerne ces dépressions. Ce sont les plus fréquentes (44 p. 100 des houles observées au Maroc⁽¹⁾). La direction d'arrivée de la houle est comprise entre le N.N.W. et l'W.N.W.

B. Viennent ensuite les dépressions ayant approximativement la même trajectoire que les précédentes mais qui stationnent dans l'Atlantique Central ou bien *abandonnent rapidement les côtes occidentales* de l'Europe, parfois au moment où la houle de N.W. qu'elles produisent a déjà atteint la côte marocaine (14 p. 100 des houles observées).

Nous ne pouvons prédire à temps l'arrivée de ces houles par la méthode de M. Gain à moins de connaître la situation isobarique de l'Atlantique entre les méridiens 20°W et 40°W. Un bon exemple de ces cas est donné par la dépression du 25 septembre 1922. La houle a atteint la côte du Maroc au moment où le centre de dépression abordait l'Irlande.

Les dépressions des types A et B sont celles qui produisent au Maroc les houles les plus fortes et les plus dangereuses, surtout entre Méhédya et le cap Ganbin.

C. Il faut distinguer ensuite les dépressions qui n'abordent pas les côtes occidentales d'Europe et viennent des côtes d'Amérique avec une trajectoire orientée souvent S.W.-N.E. en abordant l'Islande, ou qui stationnent à l'W. ou au N.W. des Açores et n'apparaissent pas dans l'Atlantique oriental. Elles échappent presque complètement à la prédiction par la méthode de M. Gain. Leurs effets d'ailleurs irréguliers, ne sont en aucune manière négligeables. Il faudrait, à notre avis, pour les prévoir, utiliser les observations directes de la houle aux Açores.

Deux exemples de houles fortes produites par des dépressions de ce type sont donnés planches II et IV. La houle produite par ces dépressions vient le plus souvent de l'W.N.W. ou de l'W [8 p. 100 des cas observés⁽²⁾].

D. Lorsque les dépressions de l'Atlantique central stationnent ou passent lentement dans le voisinage du parallèle 40° N. de telle sorte qu'il se forme de forts vents d'W. au Sud des Açores, on voit apparaître sur la côte du Maroc une houle de l'W.S.W. particulièrement sensible au S. du cap Ganbin (7 p. 100 des cas observés).

La prédiction est souvent difficile en raison de l'insuffisance de renseignements sur la distribution des pressions barométriques au S. du parallèle 35° N.

E. Si les dépressions descendent encore plus au S. on observe seulement de fortes houles de S.W. à Agadir et Safi. Ces houles du S.W.

⁽¹⁾ Les proportions que nous indiquons ici n'ont qu'une valeur d'indication, elles sont calculées sur une durée de dix-huit mois, insuffisante pour obtenir des moyennes. La proportion respective des cas A et B indiquée ici est cependant la même que celle que nous avait déjà donnée une étude moins précise de décembre 1918 à juillet 1921.

⁽²⁾ Nous avons noté un nombre relativement grand de dépressions de ce type pendant l'automne 1921.

peuvent atteindre Lisbonne où leurs effets paraissent d'ailleurs être réduits (7 p. 100 des cas observés).

La prédiction de ces houles de S.W. est actuellement très difficile pour la même raison que dans le cas précédent.

Les houles du S.W. paraissent être fréquentes surtout pendant les premiers mois d'hiver. Ce sont elles qui créent la plus grosse difficulté à l'exploitation du port d'Agadir⁽¹⁾.

F. Enfin les forts vents de N. ou N.N.W. sur la côte du Portugal, qui parfois se rattachent à des dépressions stationnaires sur le S. de la France, créent une houle courte qui gagne en un jour la côte marocaine (surtout Méhédya et Rabat); ces houles ne sont pas dangereuses, mais elles suffisent à arrêter le trafic dans les rades foraines.

Il en est de même des houles créées par les vents de N.W. à la partie arrière des dépressions secondaires ou des poches orageuses souvent formées à l'entrée du golfe de Gascogne (15 p. 100 des cas observés).

G. Les influences locales, vent et clapotis, sont en général assez peu importantes. Toutefois dans les rades foraines de Rabat et de Safi, une brise fraîche rend fréquemment le travail impossible.

Lorsque des dépressions apparaissent au voisinage immédiat de la côte marocaine, la mer se forme rapidement et peut même obliger les navires à prendre le large. Mais les effets de la houle forcée ainsi créée et ceux de la houle pure arrivant du large sont très différents; des marins ne sauraient les confondre. Enfin 10 p. 100 des mauvais temps sur les côtes sont l'effet des dépressions locales. Ils peuvent être prédits par le Service météorologique de l'Institut scientifique chérifien, à Rabat.

Une attention particulière doit être donnée aux dépressions, peu fréquentes, il est vrai, qui arrivent sur le Maroc avec une trajectoire N.W.-S.E. La houle forcée qu'elles produisent est particulièrement violente.

§ 5. **Conditions favorables ou défavorables de propagation.** — Il arrive que toutes les conditions de la formation de la houle au large soient réunies sans que rien n'apparaisse sur la côte du Maroc.

Il y a lieu en effet de tenir compte des conditions favorables ou défavorables de propagation. La houle créée par le vent au large peut être détruite ou affaiblie par un vent contraire avant son arrivée. Les divers cas qui peuvent se présenter sont les suivants :

1° Lorsque de forts vents de S.W. existent entre la dépression et le Maroc, la propagation de la houle de N.W. ne se fait pas. Ce cas se produit d'une manière particulièrement nette lorsque la dépression après avoir passé ou stationné dans la région centrale ou orientale de l'Atlantique se déplace franchement vers le N.;

⁽¹⁾ La houle de S.W. a été particulièrement fréquente dans les ports du Sud du Maroc pendant l'automne 1921.

2° Lorsqu'un anticyclone s'étend des Açores à l'Espagne, de telle sorte qu'il règne sur la côte du Maroc des vents de N. E. et entre les Açores et le cap Lands'End des vents de S. W., la houle est affaiblie ou détruite. Ce cas a été signalé par M. Gain (Cf. un exemple pl. XI);

Si l'anticyclone des Açores ne s'étend pas jusqu'au Portugal, de telle sorte qu'il règne entre cet archipel et la Corogne des faibles vents de N. W., la propagation de la houle se fait normalement (Cf. le cas du raz de marée du 8 février 1923, pl. XIII);

3° Il arrive parfois qu'entre la dépression et le Maroc, s'interpose une dépression secondaire. Dans ce cas, la houle de la dépression principale n'apparaît pas, et l'on enregistre seulement les effets beaucoup plus réduits de la dépression interposée (exemple pl. VI).

Il nous reste enfin à signaler un phénomène que nous avons observé sans exception depuis trois années : lorsque plusieurs dépressions se succèdent en chapelet, souvent par 3, les effets se produisent séparément. Les houles successives ne s'ajoutent donc pas. A des dépressions distinctes correspondent des houles distinctes.

L'arrivée de la deuxième dépression fait disparaître la houle créée par la première et la nouvelle aggravation ne se produit qu'après une amélioration, parfois très courte, observée sur toute la côte marocaine (voir la succession de dépressions et les graphiques du Maroc du 13 au 26 novembre 1921, pl. V).

§ 6. **Règles de prédiction.** — Si nous essayons de condenser en un petit nombre de règles précises les enseignements que donne la classification des dépressions, d'après les indications que nous venons de donner nous nous trouvons en présence de séries difficiles qui viennent de la complexité même des situations isobariques. En cette matière toute classification est une simplification un peu arbitraire de la réalité. Les dépressions se moquent de nos catégories; elles cheminent, stationnent et s'étendent là où il leur plaît (voir pl. IV). Enfin la trajectoire du centre des dépressions n'est qu'un des éléments de la classification, mais leur étendue, leur forme, ont également une grande importance ainsi que la violence, la persistance des vents du N. W. et la longueur de leur course sur l'océan (pl. XIII).

Les règles que nous pouvons essayer de donner sont donc surtout destinées à guider le lecteur. Rien ne peut suppléer à une longue pratique si l'on veut arriver à faire des prédictions correctes. Ces réserves faites on peut distinguer les cas suivants :

Les dépressions du type A venant du centre-à l'Atlantique donnent de la houle au Maroc deux à quatre jours après qu'elles ont franchi le méridien 10° W. Ce sont celles-là surtout que M. Gain a étudiées (houle du N. W. ou de l'W. N. W.);

Celles du type A' sont des dépressions souvent secondaires qui se forment à l'entrée du golfe de Gascogne et donnent après un jour et demi ou deux jours de la houle au Maroc (houle du N. W.),

Les dépressions du type B sont celles qui stationnent au large et qui abordent tardivement les côtes d'Europe donnant de la houle deux ou trois jours après qu'elles ont commencé de stationner au large du méridien 20° (houles du N. W. ou de l'W. N. W.);

Les dépressions ou anticyclones qui créent de forts vents de N. sur les côtes du Portugal pendant deux jours ou plus (F) donnent de la houle de N. au Maroc (de Méhédia jusqu'au cap Gantin) qui se manifeste dès le troisième jour.

La prédiction de la houle formée dans les cas A, A', B, F peut se faire si l'on arrive à connaître assez bien la trajectoire des dépressions et la situation isobarique depuis les côtes d'Europe jusqu'au méridien 25° W. Les houles formées dans ces cas sont les plus fréquentes (75 p. 100 environ).

Il reste en outre 25 p. 100 de houles lointaines du N. W., de l'W. N. W. ou de houles du S. W., qui se produisent respectivement dans les cas C, D, E. Dans ces trois cas, la présence d'une dépression n'entraîne pas toujours l'apparition de la houle, soit qu'une certaine longueur des ondes soit nécessaire pour qu'elles se propagent jusqu'au Maroc, soit que des conditions défavorables de propagation dont nous ignorons encore la nature exacte, exercent leur action au large de la côte d'Afrique.

Pour arriver à prédire l'effet des dépressions des types C, D, E, en utilisant les cartes isobariques, il faudrait tout d'abord une grande extension des observations météorologiques (jusqu'au méridien 65° W. et au parallèle 25° N.) et des moyens de centralisation très rapides. Mais une grande incertitude subsisterait quand même sur le moment de l'arrivée de la houle et son importance. En effet, plus les dépressions sont éloignées plus il devient difficile d'apprécier à l'avance leurs effets au Maroc; les différentes caractéristiques de la houle et les conditions variables de propagation font apparaître des irrégularités de plus en plus marquées lorsque s'accroît la distance. Nous indiquerons plus loin comment il nous paraît possible d'arriver à une solution plus satisfaisante du problème en utilisant des avertissements donnés par les Açores et le Portugal.

On doit tenir compte en outre, pour la prédiction, des conditions de propagation de la houle (§ 5) et de la sensibilité différente des ports marocains selon les directions d'arrivée de la houle (§ 1).

Répétons encore enfin que, par cette méthode, la pratique seule permet d'apprécier à l'avance le moment d'arrivée et la force de la houle produite par une dépression ou d'estimer l'importance des conditions défavorables de propagation.

Enfin, il faut tenir compte dans une large mesure des changements dans la situation atmosphérique au large des côtes du Portugal et du golfe de Gascogne.

§ 7. **Fonctionnement actuel du Service de prédiction de la houle.** — La station centrale du Service de prédiction de la houle (Kasbah des Oudaias, à Rabat) centralise chaque jour les observations

maritimes spéciales effectuées sur la côte du Portugal et du Maroc et les radiogrammes internationaux permettant de construire les cartes isobariques de l'Atlantique et de l'Europe occidentale.

Chaque matin vers 8 h. 30, un message est adressé télégraphiquement à tous les ports du Maroc et par T. S. F. aux bâtiments à la mer, pour indiquer l'état de la mer sur la côte (houle) et les conditions de travail qui en résultent dans les ports.

Pour les ports dont le trafic ne dépend pas de l'heure de la pleine mer (Tanger, Casablanca, Mazagan, Safi, Mogador) le message donne :

1° L'état des communications avec la terre à 7 heures du matin sous

- l'une des formes suivantes :
- Communications très faciles;
 - Communications faciles;
 - Communications normales;
 - Communications possibles;
 - Communications difficiles;
 - Communications douteuses;
 - Communications interdites;
 - Mouillage dangereux;
 - Mouillage très dangereux;
 - Mouillage intenable;

2° L'amélioration ou l'aggravation constatée depuis la veille au soir sous l'une des formes suivantes :

- Stationnaire;
- Amélioration légère;
- Amélioration sensible;
- Amélioration grande;
- Aggravation légère;
- Aggravation sensible;
- Aggravation grande.

Pour les ports dont le trafic dépend de l'heure de la marée (Mehedya, Rabat), comme il n'est pas possible d'indiquer à 7 heures du matin si la barre sera sûrement praticable dans la journée, le message donne :

Pour l'heure de la pleine mer de jour qui a précédé 7 heures du matin, l'état des communications qu'on a pu avoir à ce moment avec la terre (sous la même forme que pour les autres ports) et la hauteur d'eau trouvée sur la barre;

Pour 7 heures du matin, l'amélioration ou l'aggravation constatée depuis la pleine mer précédente (sous la même forme que plus haut) et la force de la houle ou la brume, au moment de l'observation.

Ce bulletin maritime journalier peut être suivi immédiatement de prédictions pour le lendemain. Si les prédictions ne peuvent être faites le matin, elles sont envoyées aux ports vers 13 heures par télégraphe et vers 16 heures par T. S. F. aux bâtiments à la mer.

La prédiction comporte tout d'abord une appréciation générale sur les changements qui peuvent se produire sous la forme :

- État stationnaire;
- Amélioration légère (1);
- Amélioration sensible;
- Amélioration grande;
- Aggravation légère;
- Aggravation sensible;
- Aggravation grande.

Elle indique ensuite la force de la houle prédite de la manière suivante :

- Pas de houle (0);
- Houle faible (1 ou 2);
- Houle modérée (3 ou 4);
- Houle assez forte (5 ou 6);
- Houle forte (7);
- Houle très forte (8);
- Houle exceptionnellement forte (9).

L'instant d'apparition de la houle ne pouvant pas généralement être indiqué à plus de 12 heures près, il faut admettre que la prédiction est valable pour toute la durée du jour civil (de minuit à minuit) sauf indications plus précises dans le corps du message. La prédiction est toujours faite pour le lendemain et, lorsque la situation le permet, on ajoute les probabilités pour le surlendemain.

Les prédictions, en principe, concernent la houle seulement. Le vent local peut en augmenter ou en diminuer les effets. Exceptionnellement le message de prédiction peut contenir un avertissement relatif à l'arrivée d'un coup de vent.

La prédiction du temps atmosphérique au Maroc est faite par le Service de la météorologie militaire à Rabat.

EXEMPLE DE BULLETIN DE LA SITUATION DES PORTS ET DE PRÉDICTION (TRANSMIS PAR T. S. F.).

7 heures, le 15. — Communications avec terre, tendance, houle.

Tanger : faciles, stationnaire, pas de houle.

Casablanca : faciles, stationnaire, houle faible de l'W.

Safi : normales, légère aggravation, houle faible du S. W.

Mogador : faciles, légère amélioration, brume.

Agadir : faciles, stationnaire, houle moyenne du S. W.

(1) Une amélioration légère indique un changement de force de 2 unités dans l'appréciation de la houle, une « amélioration sensible » de 4 unités, une amélioration grande un changement de 6 unités. De même pour l'aggravation.

Banes. — Rabat, 13 heures, le 14 : très faciles, 2 m. 50.
 7 heures : aggravation sensible, houle moyenne du N. W.
 Méhédia, 13 heures : faciles, 3 m. 60.
 7 heures : légère aggravation; houle faible.
Prédictions pour le 16 : aggravation légère, houle assez forte (6) de P.W.
Probabilités pour le 17 : houle forte.
 Dans chaque port du Maroc, ce bulletin est affiché à la fin de la matinée par les soins de la Direction du port, dans un tableau du modèle ci-après :

SERVICE DE LA PRÉDICTION DE LA HOULE.

ÉTAT DE LA CÔTE LE 15, À 7 HEURES.			
COMMUNICATIONS AVEC TERRE.	AMÉLIORATION OU AGGRAVATION CONSTATÉE.	OBSERVATIONS.	
Tanger	Faciles.	Pas de houle.	
Casablanca	Faciles.	Faible houle de P.W.	
Safi	Normales.	Faible houle du S. W.	
Mogador	Faciles.	Brume.	
Agadir	Faciles.	Houle moyenne du S. W.	
PORTS À BARRE.			
LE 14, À 13 HEURES.		LE 15, À 7 HEURES.	
COMMUNICATIONS AVEC TERRE.	HAUTEUR DE LAU.	AMÉLIORATION OU AGGRAVATION CONSTATÉE.	OBSERVATIONS.
Rabat	Très faciles.	Aggravation sensible.	Houle moyenne du N. W.
Méhédia	Faciles.	Légère aggravation.	Faible houle, brume.

Prédictions pour le 16 : aggravation légère, houle assez forte (6) de P.W.
Probabilités pour le 17 : houle forte.

Chaque jour à 13 heures, l'Institut scientifique chérifien publie un bulletin météorologique et maritime imprimé en collaboration par le Service de prédiction de la houle et le Service de la météorologie militaire à Rabat. Ce bulletin donne la carte isobarique de l'Europe Occidentale et de l'Atlantique à 7 heures du matin, ainsi que les observations de la houle.

Il est envoyé par les voies les plus rapides aux Services d'exploitation des ports, Kenitra, Rabat, Casablanca et Mazagan le soir même; Safi et Mogador, le lendemain matin. Ce bulletin peut donc être utilement consulté par les capitaines de navires; il donne des renseignements plus complets que les messages journaliers.

Des avertissements et messages supplémentaires sont adressés aux ports et aux bâtiments à la mer dans le cas de grosses houles observées par Agadir (houles du S. W.) ou par Oporto ou Lisbonne (houles de N. W.). Des prédictions plus fréquentes sont données dans le cas d'échouages de navires ou de remorquages sur la côte marocaine, sur la demande des intéressés.

Malgré les difficultés et les imprécisions réelles que nous avons signalées, la méthode de prédiction de la houle établie par MM. Lacroix et Grain, qui repose sur l'usage exclusif des cartes isobariques, peut rendre de grands services. Les règles formulées par nos prédécesseurs et complétées par les indications des trois dernières années d'études ont permis, au cours de l'hiver 1922-1923, de prédire correctement l'arrivée de houles très fortes avec une avance de plus de vingt-quatre heures et d'éviter des risques graves de navigation, grâce aux précautions prises à temps par les marins. Actuellement, les services d'exploitation des ports de Méhédia-Kenitra, Rabat et Safi tiennent le plus grand compte des prédictions faites et évitent ainsi des pertes considérables de matériel.

La construction des ports modernes permettra sans doute de s'affranchir de plus en plus des conditions défavorables de travail par mauvais temps; mais on peut penser que l'influence des fortes houles se fera toujours sentir soit en rendant impossible, à certains moments, l'accostage des navires dans les ports artificiels, comme Casablanca, soit en produisant dans le Sebou et le Bou-Regreg des sortes de mascaret. De plus, pendant toute la période d'achèvement des jetées, le Service de prédiction de la houle pourra éviter de grosses avaries au matériel de construction des ports.

Il importe donc de perfectionner encore les méthodes et les règles actuellement employées, qui laissent subsister une trop grande proportion de surprises ou d'erreurs.

Nous allons indiquer dans quelle direction il nous paraît intéressant de diriger les efforts, afin d'établir une nouvelle méthode de prédiction plus simple et plus précise.

CHAPITRE III.

UNE MÉTHODE DE PRÉDICTION
 BASÉE SUR L'OBSERVATION DE LA HOULE.

§ 1. Avertissements donnés par des stations éloignées du Maroc. — Les observations faites au Maroc et au Portugal ont eu pour objet, tout d'abord, de nous permettre d'analyser aussi complètement que

possible les différentes influences qui s'exercent pour faire naître ou détruire la houle dans l'Atlantique.

Mais nous avons vu en même temps (chap. II, § 2 et 3) que les graphiques représentant la hauteur des rouleaux, ou si l'on veut « la force de la houle » dans les différents postes d'observation sont le plus souvent superposables; en sorte que les observations des stations lointaines peuvent avoir pour le Maroc une valeur d'avertissement.

En comparant rétrospectivement l'état de la côte marocaine aux remarquables observations des Açores qui nous ont été fournies par M. le colonel Chaves pendant un an et demi, et en particulier du 1^{er} juillet 1921 au 1^{er} janvier 1922, nous avons obtenu des résultats excellents si l'on tient compte de l'extrême grossièreté de nos moyens d'appréciation.

Pendant cette période des houles de N.N.W., N.W. ou W. ont atteint trente-deux fois la côte du Maroc; trente fois, ces houles ont été bien observées aux Açores. L'avance moyenne de l'observation a été de 1 jour 7^h avec une erreur moyenne de 0 jour 17^h. La durée de la houle a été la même qu'au Maroc dans la moitié des cas; elle en a différé d'une demi-journée dans l'autre moitié.

Huit fois sur trente la houle provenait de dépressions très éloignées dont il était impossible d'expliquer l'effet au Maroc dans l'état actuel des règles de prédiction.

La « force de la houle » n'a pas été observée d'une manière rigoureusement correspondante aux Açores et au Maroc; c'est sur ce point que les avertissements des Açores ont été le plus imparfaits.

Dans les graphiques qui suivent, on pourra trouver de nombreux exemples d'avertissements qui auraient pu être utilement donnés par les Açores. Nous signalons en particulier la similitude des graphiques des Açores et du Maroc du 14 novembre au 25 novembre 1921, avec un décalage de deux jours (pl. V). Les observations des Açores du 25 septembre 1922 (pl. VII) et du 22 décembre 1922 (pl. I) auraient pu nous éviter une surprise complète ou une erreur d'appréciation importante.

La transmission par T. S. F. de ces observations constituerait donc un progrès considérable.

Ajoutons enfin que la valeur des observations de la houle dépend avant tout du choix des postes d'observation; et dans ce choix la topographie sous-marine a sans doute une importance aussi grande que l'orientation géographique.

Les observations les plus remarquables fournies par les postes de M. le colonel Chaves, aux Açores, sont celles de l'île de Fayal; celles de Capelinhos ont été particulièrement précises.

Le système d'avertissement dont nous souhaiions la réalisation avec les Açores fonctionne depuis une année entre le Portugal et le Maroc; il nous donne d'excellents résultats pour les houles de N.N.W. et de N.W.

On peut voir (pl. I) la similitude parfois complète des graphiques du Maroc et du Portugal, avec un décalage moyen de douze heures.

Les avis d'Oporto et du cap Raso nous ont été précieux au cours de

l'hiver 1922-1923, en particulier avant l'arrivée du raz de marée du 31 décembre 1922 (pl. XII) et du 7 février 1923 (pl. XIII); l'avertissement a devancé de quelques heures l'apparition des premiers rouleaux.

§ 2. **L'observation de la période de la houle.** — Pour chercher à noter quantitativement les phénomènes observés sur la côte du Maroc, nous nous sommes attaché, depuis une année, à mesurer la période (1) de la houle qui vient briser sur les barres.

Les rouleaux qui s'élevaient sur les plages et sur les hauts fonds présentent, en effet, un caractère remarquable de régularité. On voit généralement se succéder, au moment où la houle se forme, des trains d'ondes qui apparaissent à intervalles de quelques minutes. Lorsque la grosse houle est bien établie, la période reste habituellement constante pendant quelques heures ou une journée; les rouleaux ont alors sensiblement la même hauteur. Quand l'amélioration se produit il subsiste des séries de rouleaux plus élevés, qui deviennent progressivement plus rares. Ce phénomène paraît différer de celui qui a été signalé pour la houle au large, où des séries de trains d'ondes ne cessent de se propager, chaque onde individuelle ayant une vitesse différente de celle du train d'ondes à laquelle elle appartient. Si l'on mesure avec soin les périodes, en procédant sur des moyennes de cinq à six rouleaux, en visant des points différents d'une même rade on trouve des résultats identiques à quelques dixièmes de seconde près. On observe, en outre, des variations souvent lentes et progressives de la période au cours de la journée (deux ou trois dixièmes de seconde à l'heure, voir pl. XIV); parfois aussi des variations brusques (deux ou trois secondes à l'heure, voir pl. VIII). Ces variations coïncident généralement avec le passage des grandes dépressions dans l'Atlantique. Les augmentations brusques de la période ne sont pas toujours observées au moment précis de l'arrivée des premiers trains d'ondes de la grosse houle du large, mais la précèdent le plus souvent.

Nous avons pu nous assurer par une vérification rapide que les variations constatées à Rabat étaient observées dans des conditions comparables à Casablanca et à Safi. Sans doute, il existe des différences légères entre ces divers points de la côte; mais, pour simplifier, nous envisageons seulement dans les pages qui vont suivre les mesures faites sur la barre de Rabat. Aussi bien nous proposons-nous seulement d'indiquer la voie dans laquelle des recherches ultérieures devraient être poussées.

Les périodes observées à Rabat, d'octobre 1921 à avril 1923, ont été comprises entre 7,5 secondes et 20 secondes. Les houles les plus courtes (7 à 10 secondes) proviennent toujours d'une dépression située à faible distance ou sont formées par des brises de Nord sur la côte de Portugal.

(1) Nous appelons « période de la houle » le temps qui s'écoule entre le passage successif de deux rouleaux au-dessus d'un même point.

À Rabat, nous observons la houle d'un point élevé à 40 mètres au-dessus du niveau de la mer, en visant des points de la rade éloignés de 1,000 à 1,500 mètres de la côte. Les mesures sont faites au chronographe sur des séries de rouleaux.

Les houles de 10 à 13 secondes sont souvent formées au Sud d'une ligne joignant le cap Land's End à un point situé à 500 milles dans le N. W. des Açores.

Les dépressions qui passent au Nord de cette ligne envoient au Maroc une houle dont la période varie entre 12 et 18 secondes. Exceptionnellement, nous avons observé des périodes supérieures à 18 secondes, paraissant provenir de dépressions plus éloignées encore (Terre-Neuve, Groënland ou Nord des Bermudes).

On pourrait être tenté de croire que la période et, par suite, la longueur d'onde sont fonction de la distance; mais c'est évidemment la réciproque qui est exacte: une dépression très éloignée ne fait sentir son action jusqu'au Maroc que si elle soulève dans l'Atlantique une houle de forte période et de grande longueur.

Aux chapiteaux de dépressions correspondent, nous l'avons vu, des suites d'aggravations et d'améliorations dans la force de la houle. De même, on observe à leur passage des suites d'augmentation et de diminution des périodes (voir pl. I). L'augmentation de période est très marquée même si la propagation de la houle est gênée par des vents contraires (pl. XI) ou même si elle est complètement arrêtée (pl. VI et IX).

Lorsque la mer se forme progressivement sur la côte sous l'action des vents, dans le cas d'une dépression stationnaire à faible distance du Maroc, la période du gros clapotis et de la houle forcée augmente progressivement; elle diminue dès qu'arrive l'embellie (pl. X). Lorsqu'une diminution régulière de la période se produit, on constate toujours, en même temps, une diminution de la hauteur des rouleaux.

On conçoit que, dans ces conditions, la connaissance de la période de la houle sur les barres et ses variations constitue un moyen très précieux d'analyse. C'est l'examen des périodes qui permet le plus souvent de séparer les effets superposés ou de choisir entre deux explications possibles. On trouvera, planche VIII, un exemple d'une curieuse variation des périodes. Deux dépressions voisines du Maroc se sont réunies: il en est résulté l'apparition brusque d'une houle très longue dont la période a décerné rapidement. Le phénomène a été observé dans les conditions semblables en même temps à Rabat et à Safi.

Enfin nous avons signalé que l'augmentation de période de la houle ne coïncide pas toujours avec celle de la hauteur des rouleaux. Elle la précède fréquemment de quelques heures, parfois même d'une demi-journée. Avant l'arrivée des fortes houles du 25 septembre 1922 (pl. VII), du 31 décembre 1922 (pl. XII), du 7 février 1923 (pl. XIII), la station centrale de Rabat a observé une brusque augmentation de la période, respectivement douze heures, trois heures et deux heures avant l'aggravation. Il semble donc qu'on puisse obtenir, en observant les périodes, des avertissements supplémentaires à courte échéance, au moins dans certains cas.

Ce phénomène nous paraît d'ailleurs correspondre exactement à celui que décrivent les marins des ports du Maroc, lorsqu'ils nous parlent des «mouvements d'eau» qui précèdent l'arrivée des raz de marée. Cet allon-

gement de la période de la houle amène, en effet, un plus fort ressac au fond des darses; puis de légères oscillations du niveau de l'eau apparaissent avec de forts courants à l'extrémité des môles.

Parfois aussi, la mer gronde dans les roches, et ce phénomène est excellentement consacré par un dicton populaire des marins arabes de Rabat: «Quand la mer parle comme le tonnerre, c'est un raz de marée». D'autres phénomènes de décoloration ou de trouble des eaux côtières ont été également signalés qui décèlent probablement l'existence de changements notables dans la période de la houle. Ces signes avertisseurs nous paraissent d'ailleurs les plus sûrs parmi ceux qui sont invoqués par les marins.

Faut-il aller plus loin et croire à l'existence d'ondes de grande longueur analogues à celles qui sont émises par la partie centrale des cyclones? Aucune observation nette ne nous permet jusqu'ici de l'affirmer. Nous n'avons pu également établir aucun rapprochement entre les observations de la période de la houle au large, et l'existence de variations du niveau moyen de la mer que les courbes marégraphiques de Casablanca et de Méhédia permettent de constater⁽¹⁾.

§ 3. Nécessité d'utiliser désormais des instruments de mesure. — L'observation directe de la houle sur les côtes conduit ainsi à des résultats curieux et intéressants, malgré l'imprécision et la grossièreté de procédés de mesure qui n'auront pas manqué d'éveiller l'esprit critique du lecteur.

Il est évidemment impossible d'avancer au delà sans utiliser les instruments de mesure qui permettront d'éviter le caractère souvent subjectif de nos appréciations.

Il semble qu'un grand progrès pourrait être réalisé, si nous possédions un appareil de mesure donnant à chaque instant la hauteur et la période des rouleaux qui apparaissent par des fonds de 10 à 15 mètres environ à 1,000 ou 1,500 mètres de terre.

La hauteur des rouleaux varie de 0 m. 50 à 5 mètres environ, la période de 7 à 20 secondes. L'appareil devrait être placé sur le fond et pourrait rester immergé pendant une période de six mois au minimum. Il devrait être relié à la terre par une canalisation pneumatique.

Les indications ainsi transmises devraient être recueillies graphiquement à la station centrale. L'erreur acceptable pour les hauteurs serait d'environ 0 m. 50, et pour les temps de 2 dixièmes de seconde.

On pourrait peut-être, en outre, chercher à mesurer l'énergie totale de la houle au moyen d'un sismographe très sensible. On arriverait de la

⁽¹⁾ La période de ces oscillations du niveau moyen paraît être de 6 minutes environ. Le phénomène est considérablement amplifié dans le Sebou et prend l'allure d'une sorte de mascaret entre Méhédia et Kenitra. Par grosse houle au large, les oscillations du niveau dépassent parfois 1 mètre à Kenitra; l'onde présente dans le fleuve un front très marqué, comme nous avons pu l'observer personnellement.

sorte à tenir compte d'un élément important : la largeur du front d'onde, en proportion de laquelle varie l'ébranlement de la côte.

§ 4. **Observations à la mer.** — Nous avons pu constater souvent, depuis trois ans, que les observations de la houle envoyées par les bâtiments à la mer ne présentaient aucune utilité pour la prédiction de la houle au Maroc. Cette anomalie est d'autant plus frappante que des postes d'observation situés au milieu de l'Atlantique (pointe W. de l'île de Fayal, aux Açores) notent très exactement les phénomènes qui nous intéressent.

L'une des causes de l'absence de valeur des observations faites par les navires est certainement l'imprécision du Code international dans lequel elles sont rédigées. Mais on peut ajouter que nous sommes actuellement incapables de dire exactement quelles caractéristiques de la houle du large devraient être transmises aux côtes par les navires à la mer pour faciliter la prédiction.

Nous ne connaissons pas l'allure que présentent au large les phénomènes qui nous intéressent et dont nous constatons seulement l'aspect déformé sur les côtes. Il est certain qu'on observe, au large, dans des conditions très différentes de celles que nous avons indiquées pour la côte, la succession des trains d'onde, la vitesse et la période des ondes « individuelles » ; peut-être existe-t-il aussi en mer des variations de vitesse des ondes ou des trains d'onde (1).

Afin d'arriver à préciser dans l'avenir nos connaissances sur ce point, il serait désirable de pouvoir obtenir les observations continuées exécutées par un navire à la mer qui noterait exactement l'instant de l'apparition de la houle et ses caractères au passage de deux ou trois dépressions.

Il nous semble qu'une étude de ce genre devrait être tentée tout d'abord pendant la belle saison en profitant du passage des dépressions qui envoient une houle modérée de N. W. durant le plus souvent deux jours sur la côte marocaine. Un bâtiment posté à l'avance en un point situé à 500 milles dans le N. W. de Casablanca observerait d'une manière continue et précise tous les éléments susceptibles de nous intéresser : la direction, la longueur, la hauteur et la vitesse des lames, l'aspect des trains d'onde et leur régularité — depuis le moment où apparaît la houle jusqu'au moment où elle disparaît.

Il serait fait usage, dans la plus large mesure possible, d'instruments (1) Sans doute paraîtra-t-il étrange que nous ne puissions indiquer à l'avance les observations de la houle à la mer qui sont susceptibles de nous intéresser pour la prédiction. La houle au large est, comme on le sait, un phénomène très complexe dont les divers aspects sont difficilement saisis, même par un observateur très exercé. On n'a pas affaire à un mouvement ondulatoire simple, mais à une succession de trains d'onde ; chaque onde a, de plus, une vitesse plus grande que celle du train auquel elle appartient. Il serait intéressant de noter les vitesses des ondes et des trains et leurs variations possibles. Enfin, la hauteur des lames est variable et des observations directes sont difficiles à exécuter.

Pour ces diverses raisons, il est nécessaire d'étudier le phénomène au moyen d'instruments enregistrateurs, qui nous permettront peut-être de trouver la correspondance cherchée avec les résultats de l'observation à terre. Les observations habituelles des journaux de navigation ne peuvent évidemment suffire.

enregistreurs ; on pourrait s'inspirer, pour cette étude, du procédé employé par M. le lieutenant de vaisseau Rouch pour mesurer la hauteur des vagues à l'aide du staloscope (1).

Pendant ce temps, des observations continues seraient effectuées en deux points de la côte marocaine (Rabat et cap Cantin), et si possible au Portugal et aux Açores.

Les renseignements que pourrait donner l'étude ainsi faite de deux ou trois dépressions permettraient sans doute d'établir un programme d'observations de longue durée qu'effectueraient ensuite les bâtiments navigant régulièrement dans l'Atlantique.

§ 5. **Perfectionnement des codes de transmission.** — Il nous paraît enfin nécessaire d'adopter, dans les conventions internationales, des codes qui permettent d'effectuer et de transmettre les observations de la houle à terre et au large, en vue de rendre possible la prédiction. L'existence officielle de codes appropriés paralyse actuellement les efforts.

1. En ce qui concerne l'observation de la houle à terre, on pourrait s'inspirer, croyons-nous, de l'expérience déjà longue du Maroc.

Les différents éléments dont l'observation et la transmission demeurent indispensables sont, pour l'instant : la hauteur (estimée ou mesurée) des rouleaux, la direction de la houle et la « tendance » de l'état de la mer.

La hauteur des rouleaux est appréciée au moyen d'un chiffre compris entre 0 et 9.

La direction de la houle est estimée à deux quarts près ; la notation internationale, à quatre quarts près, est absolument insuffisante pour nos besoins.

Nous appelons « tendance » une appréciation relative au changement survenu dans la violence de la houle pendant le demi-intervalle de temps écoulé depuis l'observation complète précédente, soit en six heures si les observations sont transmises à intervalles de douze heures. La « tendance » permet donc de connaître deux fois plus souvent l'état de la houle ; l'intérêt de cette notation est en outre de corriger le caractère subjectif de l'appréciation de hauteur des rouleaux. On l'exprime par les termes suivants : état stationnaire ; amélioration légère, sensible ou grande ; aggravation légère, sensible ou grande. Un degré dans l'amélioration ou l'aggravation doit correspondre, en principe, à un changement de deux unités dans l'appréciation de hauteur des rouleaux.

En proposant la mise en vigueur d'un tel code, nous n'entendons pas qu'il soit impossible d'en imaginer un autre. Mais celui-ci a le mérite d'exister et de donner, depuis trois ans, malgré son évidente imprécision, de bons résultats lorsque les observations sont faites par des marins (2).

(1) *Bulletin de l'Institut océanographique*, 12 juillet 1920.

(2) Les observations de la houle ne peuvent être faites que dans un nombre très réduit de stations très bien placées. Il n'en est donc en aucune manière dans notre esprit de demander qu'elles soient effectuées dans toutes les stations maritimes et transmises dans tous les radiogrammes internationaux. Pour les usages courants et généraux, l'observation

Avant de proposer un code de transmission de la période de la houle, il serait extrêmement intéressant de faire exécuter sur les côtes françaises de l'Atlantique des observations analogues à celles qui sont faites actuellement au Maroc et au Portugal.

On pourrait choisir, par exemple, un point de la côte des Landes, et un autre à l'extrémité du Finistère, et effectuer pendant une courte période (deux ou trois mois) des observations de deux en deux heures.

2. Les codes actuels d'observation de la houle à la mer ne nous satisfont en aucune manière; mais nous ne croyons pas possible d'apporter ici des suggestions précises sur leurs modifications avant que des observations combinées au Maroc et à la mer n'aient été effectuées.

Conclusion. — En terminant cette note, nous devons, une fois encore, rendre hommage à M. le vice-amiral Neuparth, directeur du Service hydrographique du Portugal, et à M. le colonel F. A. Chaves, qui, par la précieuse collaboration dont ils nous ont honoré, nous ont permis de réunir les documents les plus importants de ce travail. Nous osons formuler le vœu qu'une étude complète et définitive de la propagation de la houle sur les côtes occidentales de l'Europe et de l'Afrique soit dans l'avenir publiée en commun, par la collaboration du continent portugais, des Açores et du Maroc, en utilisant les mesures précises effectuées par les stations des divers services. Dans cette étude, les observations des îles auront la première place, ainsi que dans l'organisation d'un système d'avertissements. Nous souhaitons que le Service météorologique des Açores, sous la haute direction de M. le colonel Chaves, qui a déjà tant fait pour le progrès des études océanographiques et météorologiques, puisse encore apporter au continent une contribution nouvelle en donnant la solution complète de ce problème pratique d'océanographie.

Les conclusions se dégagent d'elles-mêmes de notre travail; il nous suffit de le résumer brièvement.

Les études entreprises depuis 1907 par la Marine nationale ont permis d'établir une méthode de prédiction de la houle au Maroc, qui donne dès à présent des résultats utilisables et grâce à laquelle on peut éviter chaque année des pertes considérables de matériel et diminuer notablement les risques de la navigation sur une côte très dure. La création d'un service spécial de « prédiction de la houle » par le Protectorat marocain consacre définitivement ce progrès.

La méthode actuelle de prédiction, basée sur l'étude des cartes isobariques de l'Atlantique, ne permet pas encore d'arriver à donner aux ports et aux navires une complète sécurité; il subsiste une proportion de 20 à 25 p. 100 de houles non prédites. Grâce aux perfectionnements apportés dans la transmission radiotélégraphique à la mer, il sera possible, dans un

de l'état de la mer peut suffire. Mais, pour faire des prédictions spéciales comme celles de la houle, il faut des observations particulières fournies seulement par certaines stations — actuellement celles du Maroc, du Portugal et, dans l'avenir, des îles de l'Atlantique.

avenir très rapproché, de connaître de mieux en mieux la situation météorologique de l'Atlantique central et occidental, et, par suite, les imperfections de la méthode actuelle disparaîtront en partie.

Cependant une assez forte imprécision subsistera dans la valeur des prédictions (instant d'arrivée de la houle; importance des effets). Il importe donc de servir de plus près l'étude de la houle et d'ajouter aux indications générales que donne la méthode actuelle, un système d'avertissements précis que l'observation de la houle dans des stations éloignées, et au Maroc même, peut aisément apporter.

Les premières études que nous avons entreprises avec des procédés assez grossiers montrant en effet, dès à présent, qu'il est possible d'arriver dans cette voie à des résultats très satisfaisants.

Pour nous permettre de les obtenir rapidement, il est désirable de réaliser et de mettre au point des instruments enregistreurs mesurant les caractéristiques intéressantes de la houle qui apparaît sur les côtes.

Il serait utile, en outre, de pouvoir procéder pendant quelques jours à des études comparées de la houle, faites au large par un navire, et, sur les côtes, par les stations du Maroc, du Portugal et des îles.

Des observations analogues à celles que nous exécutons au Maroc pourraient être effectuées avec fruit sur la côte française de l'Atlantique pendant une période de plusieurs mois.

Enfin, il importerait de proposer aux commissions internationales des codes dont la rédaction soit adaptée aux méthodes de prédiction de la houle.

Si nous voyons se réaliser les espérances que nous fondons sur la méthode de prédiction de la houle par avertissement, en observant dans des stations terrestres les caractéristiques des phénomènes qui nous intéressent, il sera possible d'envisager l'application de ce procédé à d'autres côtes comme celles du golfe de Guinée, de Madagascar, d'Amérique du Sud et peut-être de l'Inde et l'Insulinde, dans des mers moins fréquentées que l'Atlantique Nord, où l'on ne peut espérer se servir de cartes isobariques.

L'effort qu'il faut faire pour y arriver paraît faible au prix des avantages considérables qui peuvent en résulter pour la pratique de la navigation et l'exploitation des ports.

Paris, le 16 juin 1923.

R. MONTAGNE,

LIEUTENANT DE VAISSEAU.

ANNEXE.

Nous donnons, pour illustrer la présente note, une série de graphiques représentant la hauteur de la houle et sa période, et, lorsqu'il y a lieu, les cartes isobariques correspondantes.

Les graphiques ont été empruntés aux archives de la station centrale du Service de prédiction de la houle à Rabat. Depuis le 1^{er} juillet 1921, toutes les observations recueillies sont utilisées pour construire des graphiques de ce genre.

1^o *Courbes de hauteur des rouleaux.* — Les ports du Maroc dont les observations ont été utilisées dans les planches qui suivent sont : Rabat, Safi, Mogador et Agadir. Les observations des ports de Casablanca et Mazagan, moins précises, ont été exclues.

Lorsque la courbe porte l'indication « Maroc », elle représente la moyenne des ordonnées de tous les ports du Maroc. Les ordonnées (0 à 9) sont celles qui sont indiquées par l'échelle de gauche à l'origine du graphique.

Les observations du Portugal sont celles du cap Baso (près de Lisbonne). Les courbes représentant les différentes valeurs estimées de la hauteur des rouleaux sont continues pour le Portugal et le Maroc. Pour les Açores, le procédé de notation étant moins précis, nous avons seulement des fragments de courbe. L'absence de graphique aux Açores indique que les postes des Açores n'ont pas observé de houle. (Postes d'observations : Capelinhos et Horta dans l'île Fayal, Angra et Serreta dans l'île Terceira.) Les petites flèches portées sur les courbes indiquent la direction observée de la houle dans les différentes stations.

2^o *Période de la houle.* — Elle a été indiquée pour la station de Rabat seulement. Elle est représentée par un pointillé fin. La valeur des périodes est indiquée en secondes par l'échelle qui limite à droite le graphique.

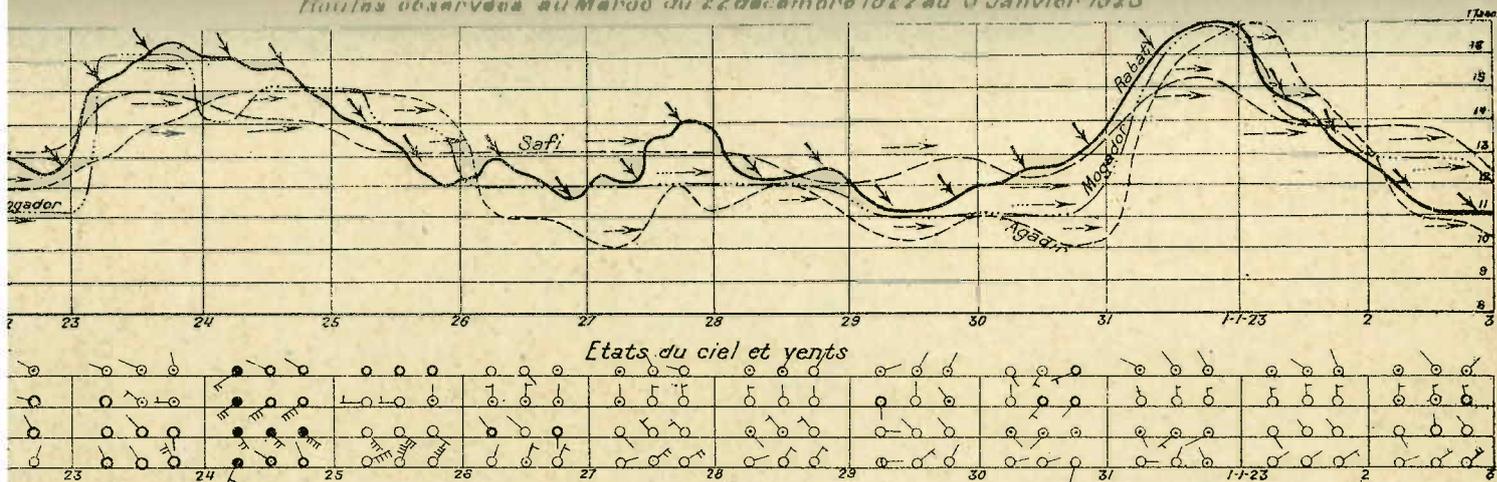
Les périodes n'ont pas été mesurées pendant la nuit ; la courbe ne fait donc que relier des points représentant les mesures du soir et du matin, sauf le cas exceptionnel d'observations de nuit par temps très clair.

3^o *Circulations atmosphériques.* — Les vents et états du ciel dans les différentes stations ont été portés au-dessous des graphiques de hauteur et période des rouleaux, en adoptant les conventions des cartes météorologiques françaises.

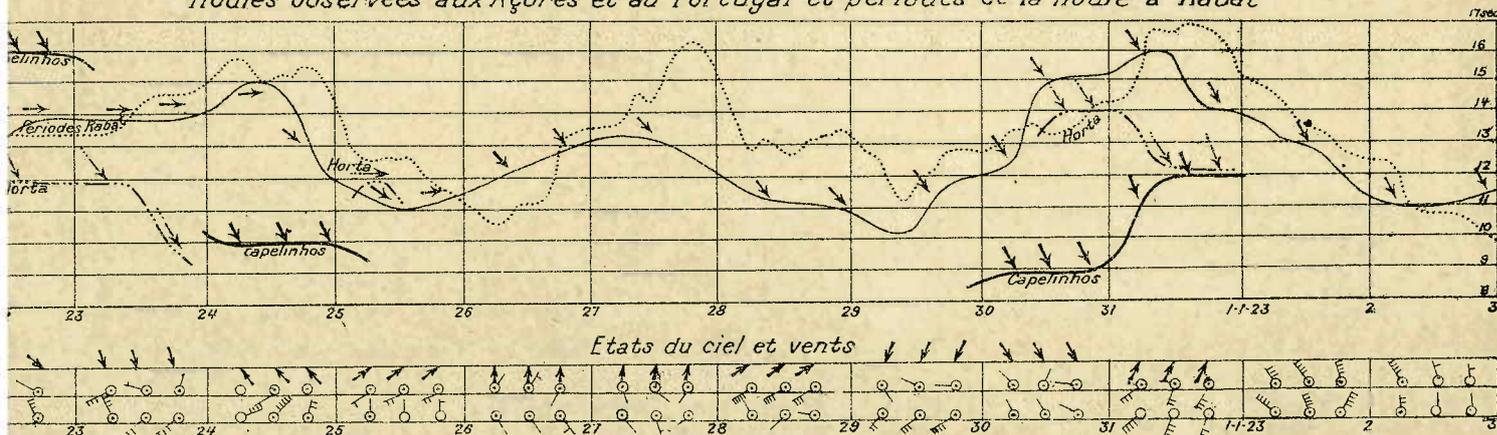
Les cartes isobariques ont été établies en réunissant le maximum de renseignements puisés dans le *Monthly Weather Review* (U. S. A.), dans les publications du « Meteorological Office », de l'Office national météorologique, et en utilisant les observations fournies par le « Service météorologique des Açores », le « Service de météorologie nautique du Portugal » et les Services météorologiques du Maroc (Aviation militaire et Institut scientifique chrétien).

Les indications données par le *Monthly Weather Review* ont été particulièrement utiles.

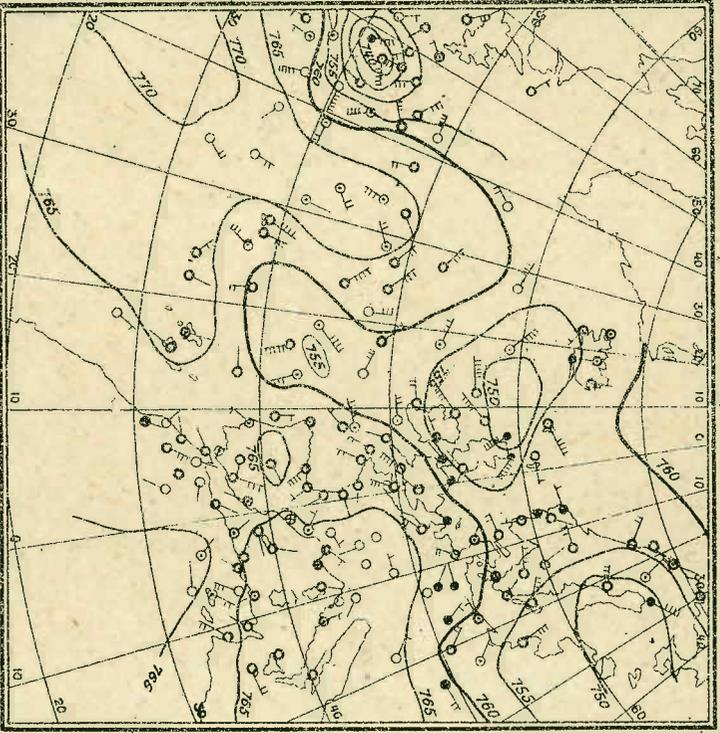
Houles observées au Maroc du 22 décembre 1922 au 3 Janvier 1923



Houles observées aux Açores et au Portugal et périodes de la houle à Rabat



Carte isobarique du 14 septembre 1921 à 7 h

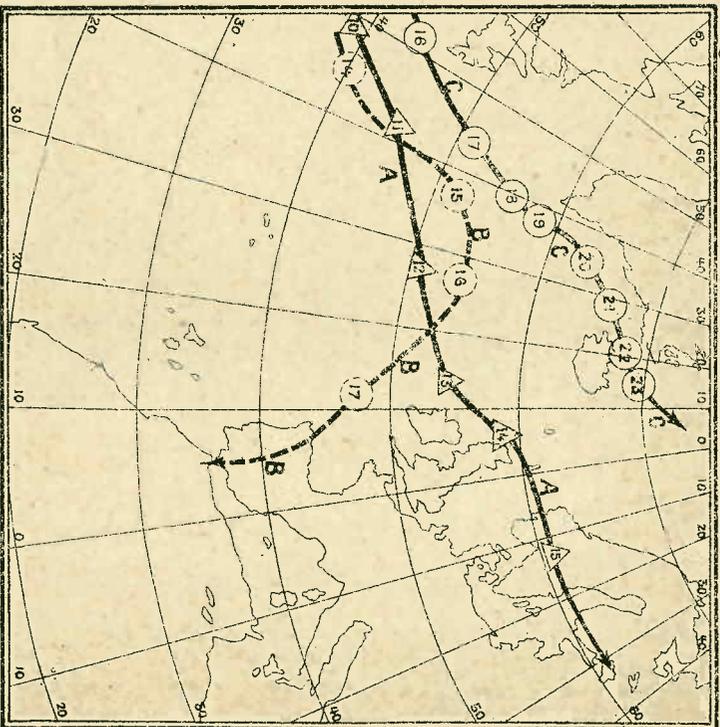


Trois dépressions dont deux très profondes (B et C) circulent dans l'Atlantique. La première, A, donne aux Açores et au Maroc les effets indiqués sur les graphiques. La prédiction était facile en raison de la baisse de pression en Europe occidentale dès le 13 Septembre.

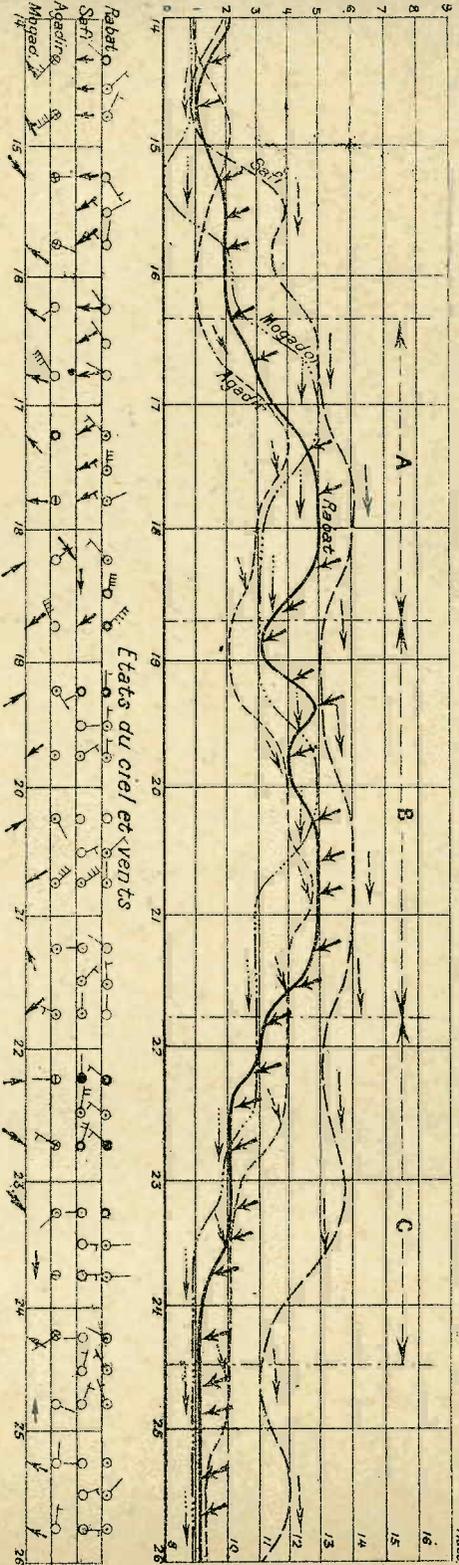
La dépression B a produit une houle de l'Ouest au Maroc qui s'est formée entre Terre-Neuve et les Açores (le 14 et le 15) ainsi qu'un examen attentif des cartes isobariques; et des observations des Açores nous la montre.

La dépression C est d'origine cyclonique; née le 7 Septembre à la Barbade, elle est le 15 aux Bermudes, le 19 au Cap Farnewell (Groënland). Elle produit une houle très longue aux Açores du 19 au 21, houle ressentie à Safi jusqu'au 24.

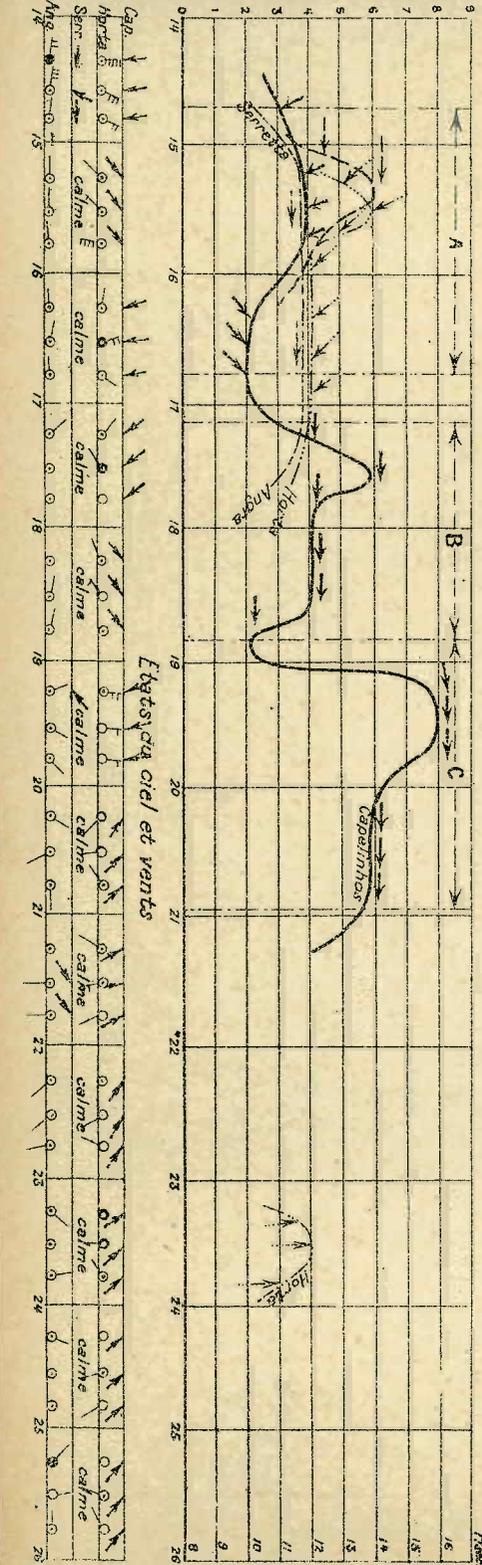
Trajectoires des dépressions du 10 au 23 Septembre 1921



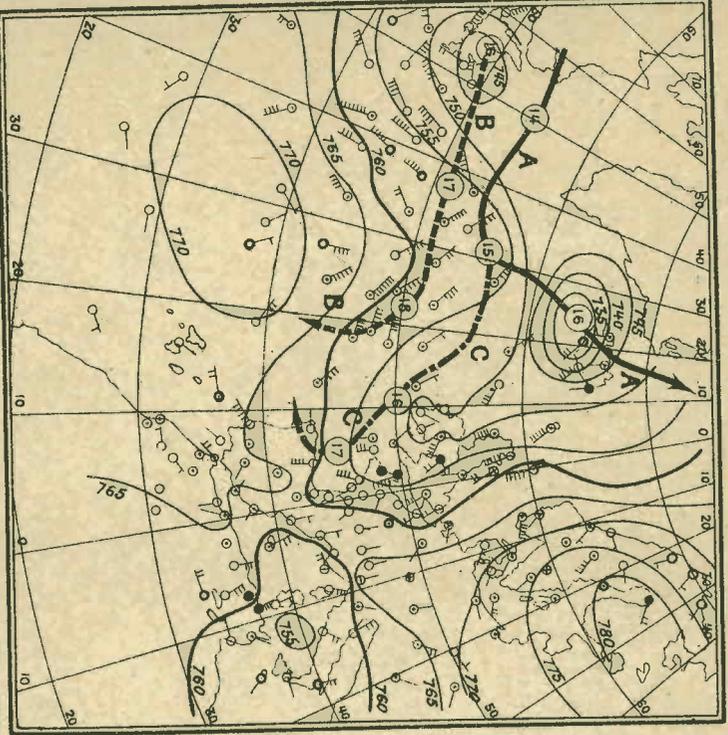
Houles observées au Maroc du 14 au 25 Septembre 1921



Houles observées aux Agores du 14 au 25 Septembre 1921

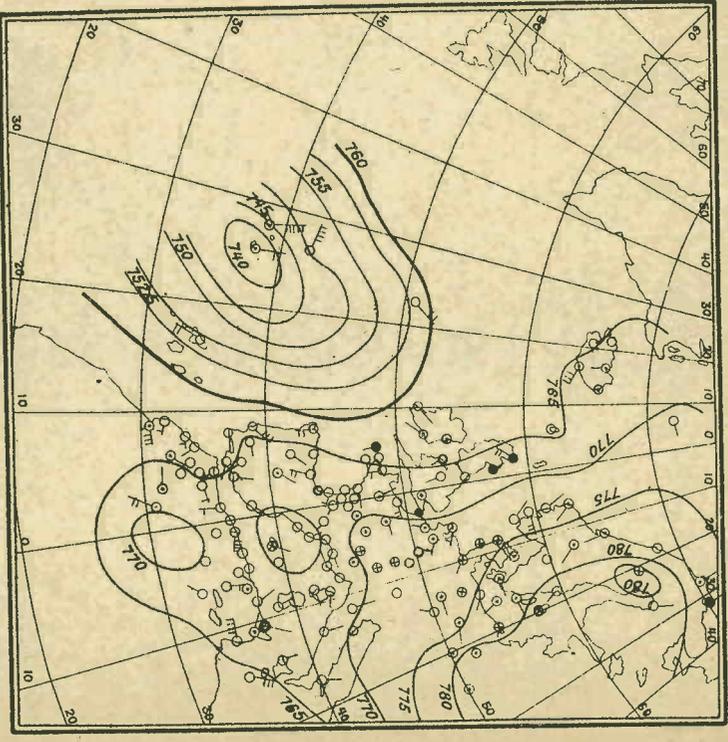


Carte isobarique du 16 novembre 1921 à 7h



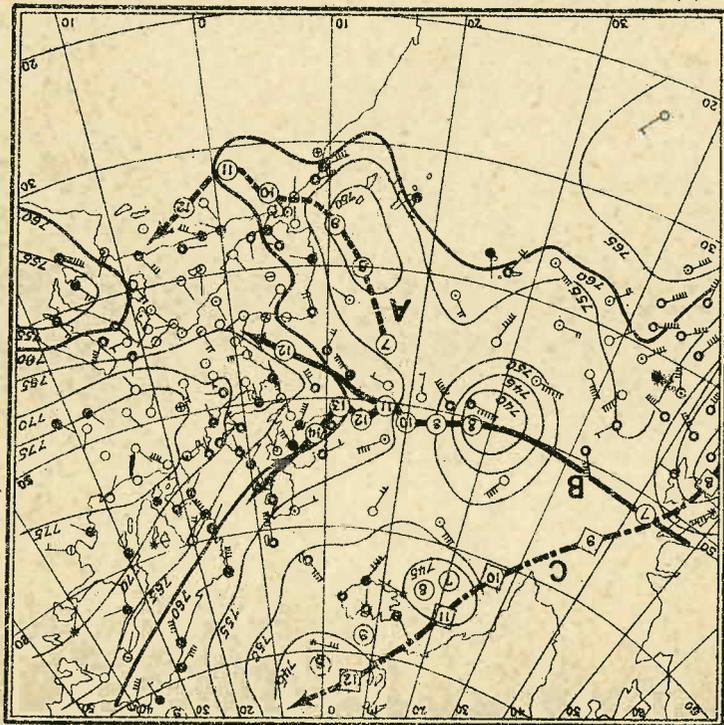
Une série de dépressions très creuses circule sans interruption sur l'Atlantique. L'enchevêtrement des trajectoires approximatives à leurs centres montre les difficultés que présentait la prédiction par la méthode générale. Les effets A, B, C sur le graphique des Agores correspondent aux effets A', B', C' du graphique du Maroc à deux jours d'intervalle (P.V.). A, A', B, B' correspondent à une houle d'origine jointive C' correspondant à une houle formée à petite distance des côtes.

Carte isobarique du 22 novembre 1921 à 7h



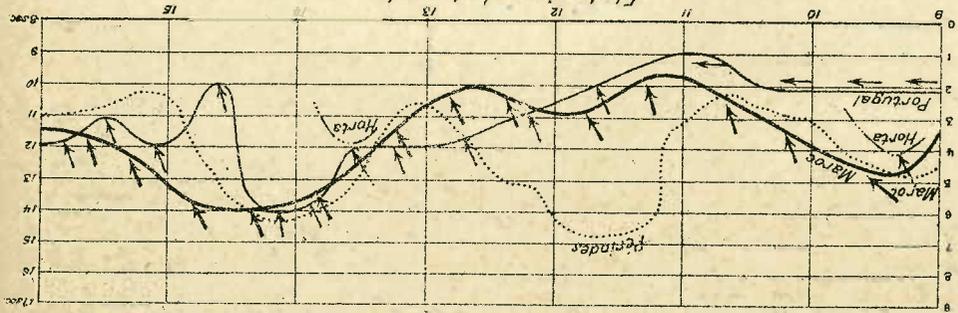
Tempête de Nord aux Agores et houle de S.W. particulièrement sensible à Agadir, Safi et Mogador (dépression stationnaire du 19 au 22 novembre).

Carte isobariques de l'Atlantique du 7 au 12 février 1922

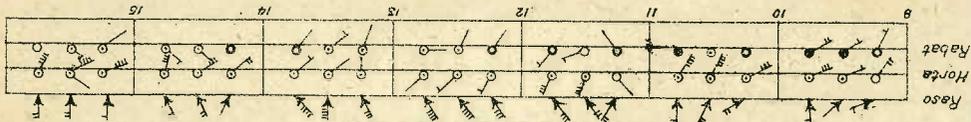


Trois dépressions occupent en même temps la surface de l'Atlantique. La dépression A produit au Maroc une houle assez courte qui disparaît le 10. Les effets de la dépression B sont masqués par la présence de la dépression A mais l'augmentation de période se poursuit cependant. La houle formée par B apparaît dès la disparition de A l'action de la dépression C n'a pas été sensible.

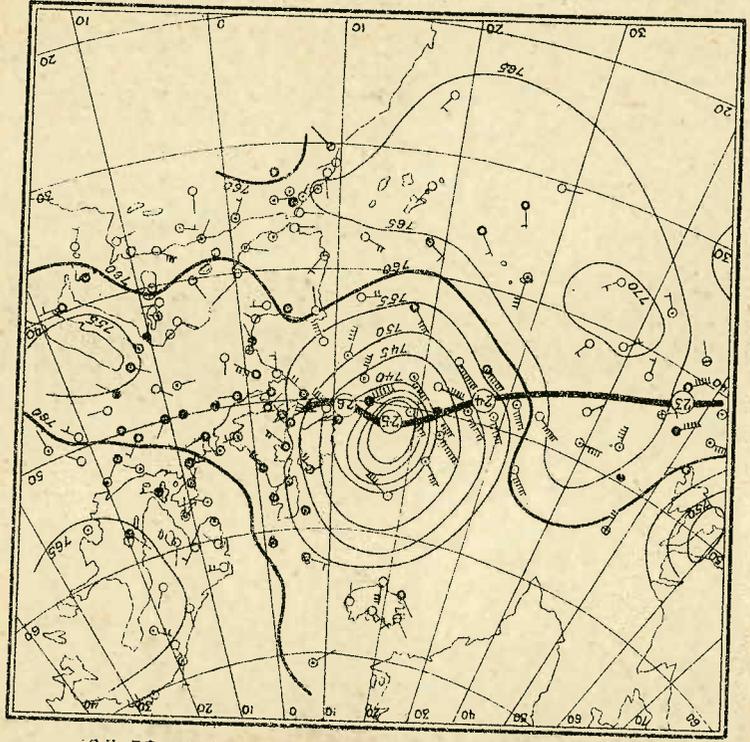
Houles observées aux Agores, au Portugal et au Maroc du 9 au 15 février 1923 - Périodes à Rabat



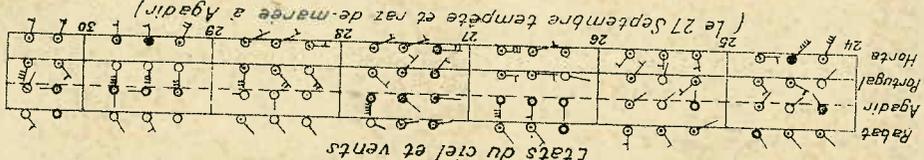
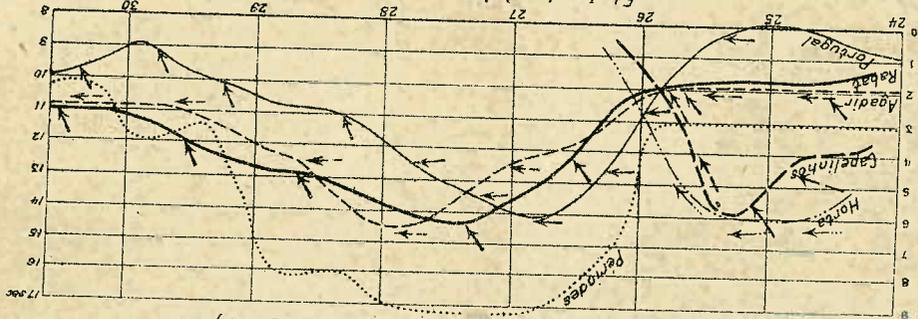
États du ciel et vents

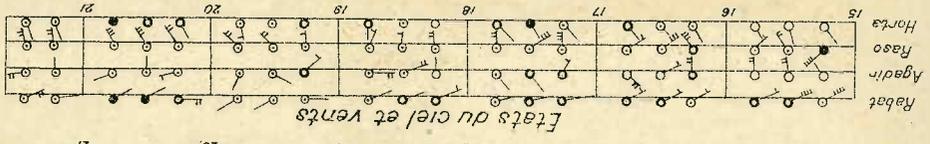


Carte isobarique du 25 septembre 1922 à 7h avec trajectoire de la dépression du 23 au 26

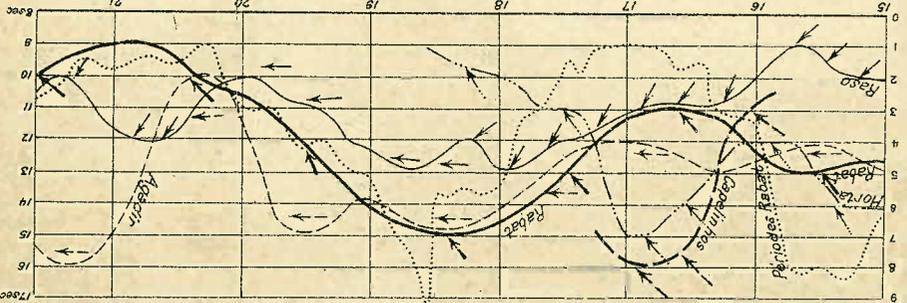


Houles observées au Maroc, au Portugal et aux Açores et périodes à Rabat du 24 au 30 Septembre 1922 (Augmentation rapide de la période dans la nuit du 25 au 26 - Voir le détail Pl. XIV et XV.)

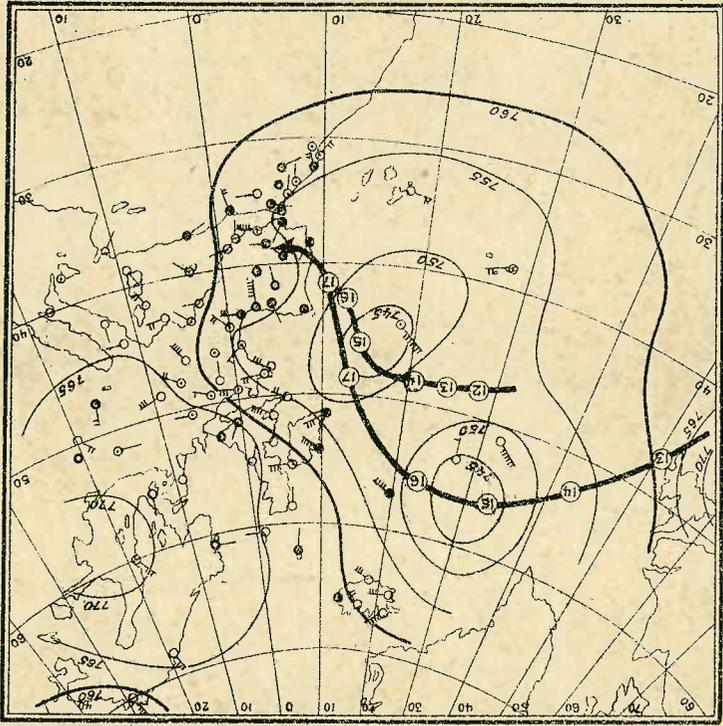




Etats du ciel et vents

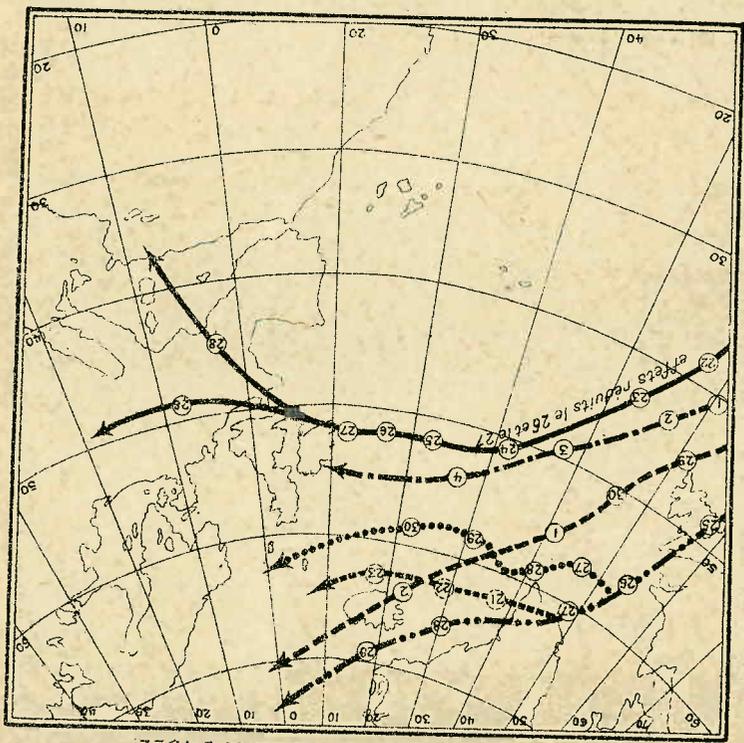


Houles observées au Maroc, au Portugal et aux Açores et périodes à Rabat du 15 au 21 décembre 1922
 (le 17 augmentation régulière de la période sous l'action du vent; le 18, très brusque variation de période qui paraît être un effet de la réunion de deux dépressions).



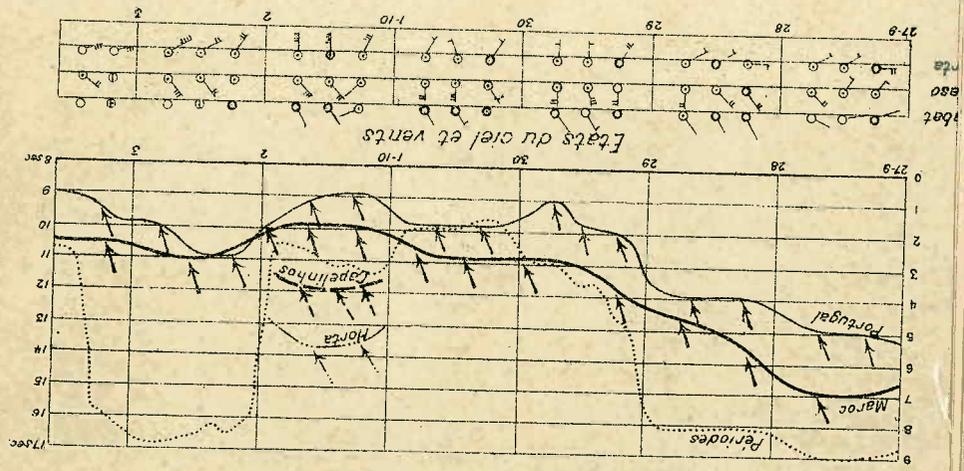
Carte isobarique du 15 Octobre 1922 à 7 heures
 Dépressions du 13 au 17 Octobre

du 24 Septembre au 4 Octobre 1922

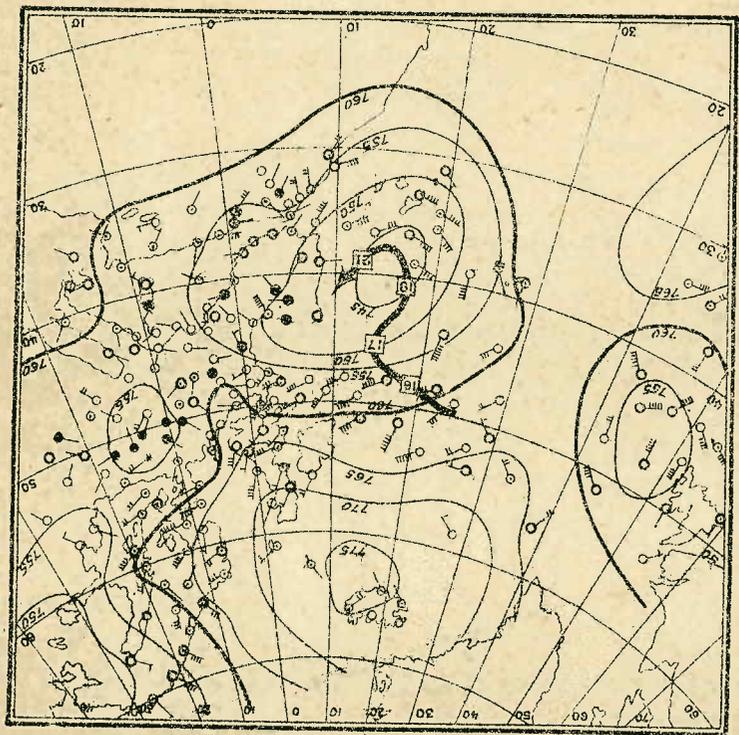


La variation des périodes est très marquée (2 et 3 octobre), bien que les effets de la dépression aient été peu sensibles.

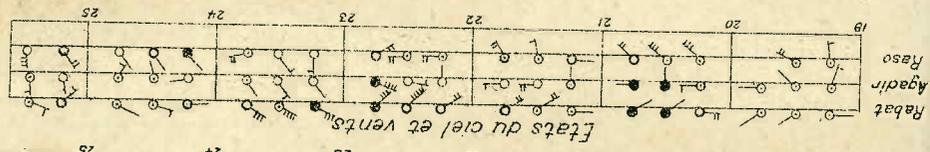
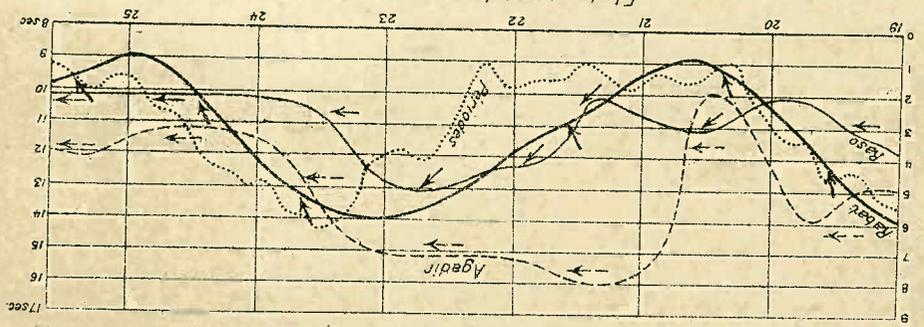
Houles observées au Maroc, au Portugal et aux Açores
Périodes observées à Rabat
du 27 Septembre au 3 Octobre 1922



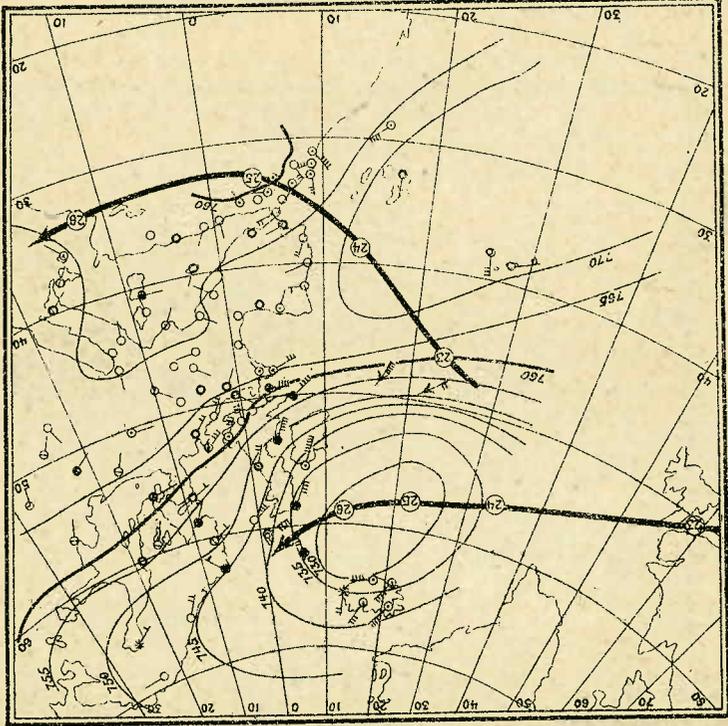
avec les isobares de 712 et 710 millibars à 1 heure
avec trajectoire de la dépression du 16 au 21



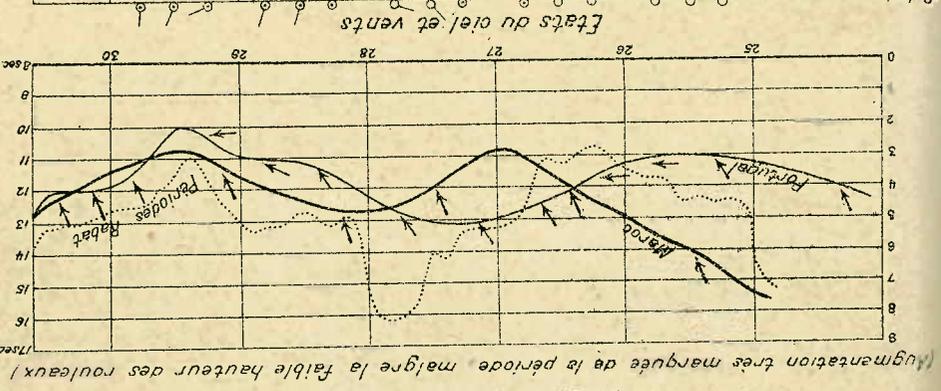
Houles observées au Maroc et au Portugal et périodes à Rabat
du 19 au 25 Octobre 1922 (augmentation progressive de la période sous l'action du vent)



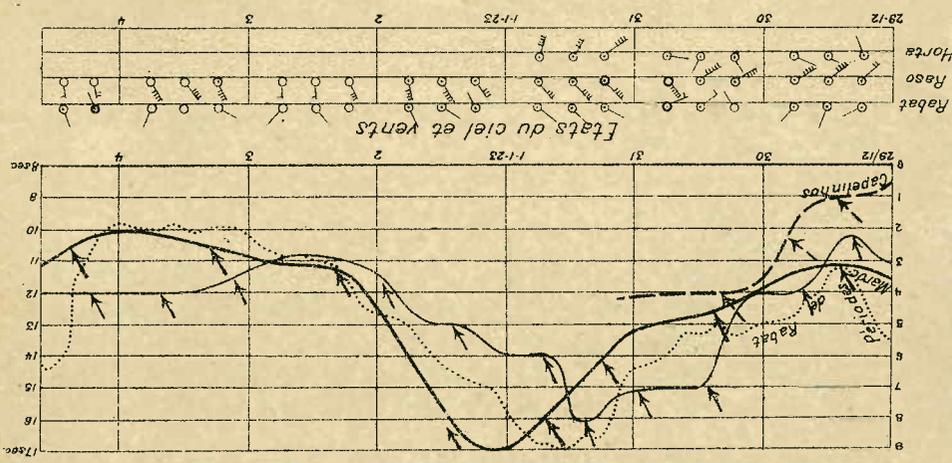
Carte isobarique du 25 décembre 1922 à 7h - Projctions au Maroc.
 du 23 au 26 (Anticyclone Agores-Espagne) - Effets réduits



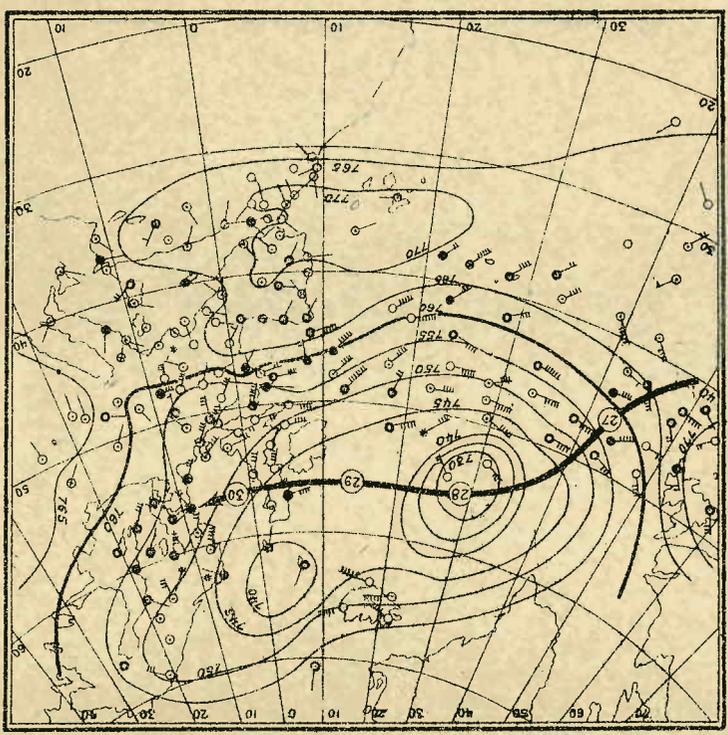
Houles observées au Maroc et au Portugal et périodes à Rabat
 du 26 au 29 décembre 1922

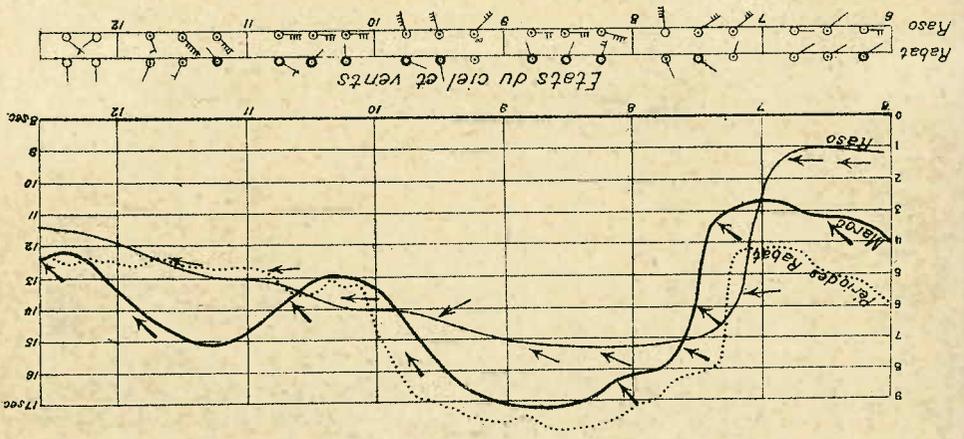


(Augmentation très marquée de la période, malgré la faible hauteur des rouleaux)



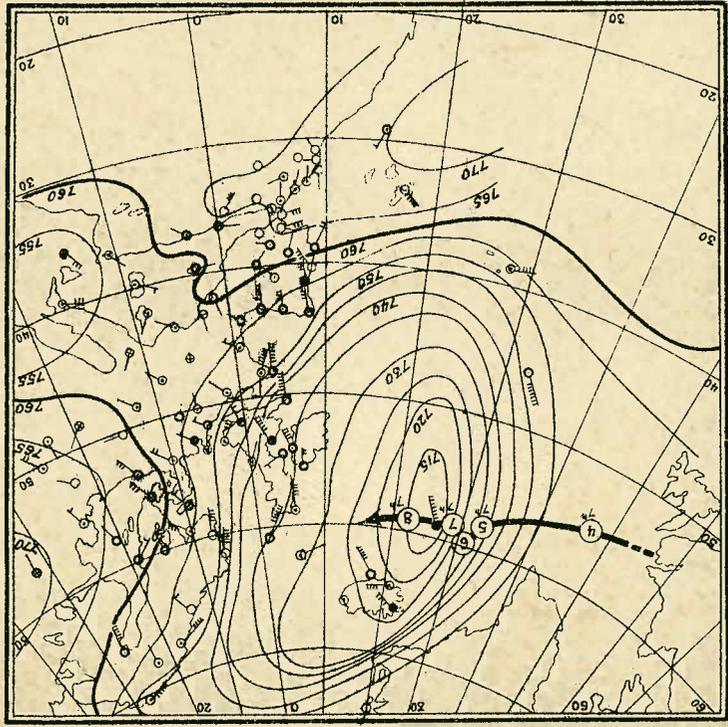
Houles observées au Maroc, au Portugal et aux Açores
 et Périodes à Rabat du 29 décembre 1922 au 3 janvier 1923



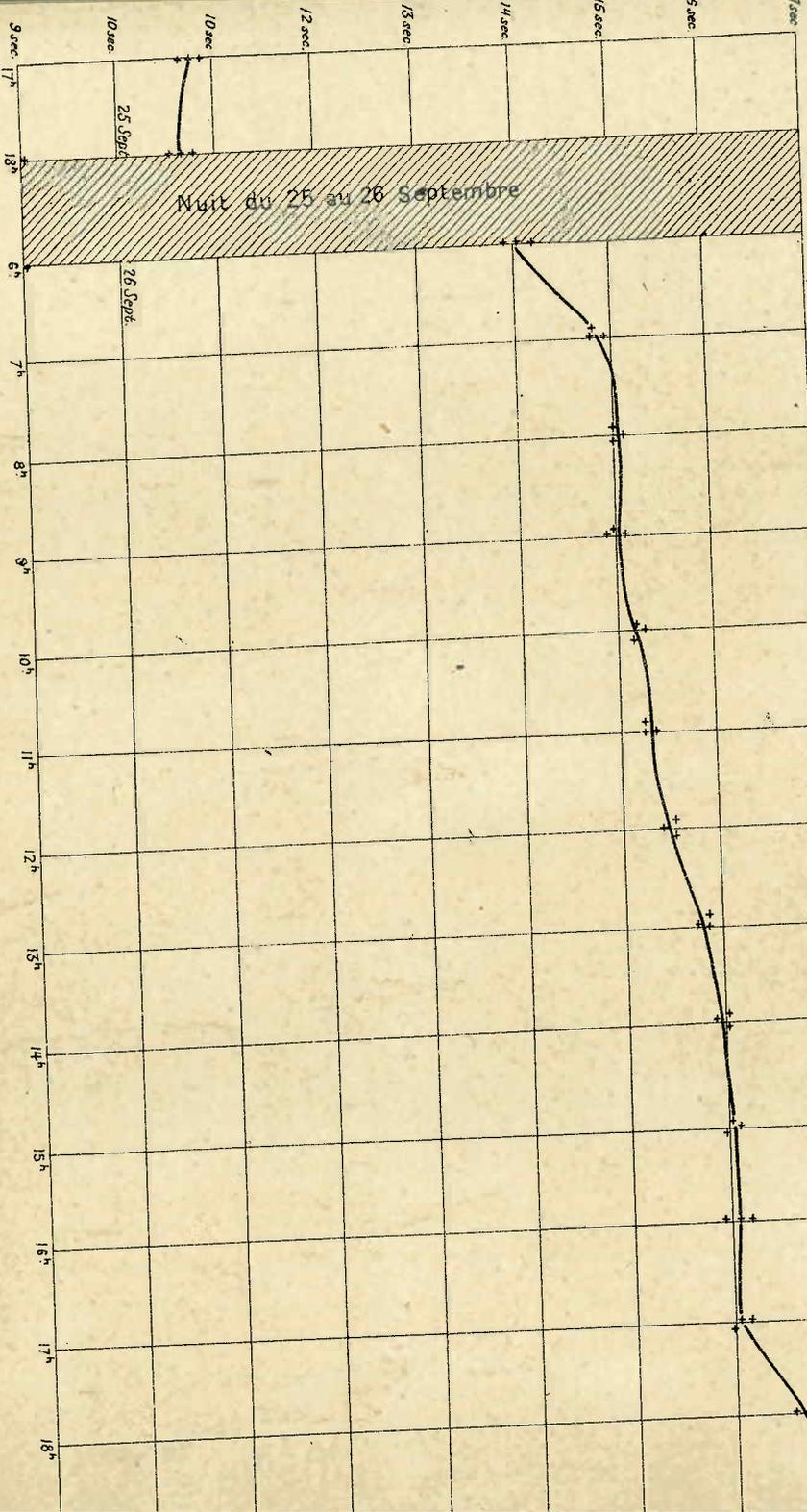


Houles observées au Maroc et au Portugal et Périodes à Rabat du 6 au 12 février 1923

La période de la houle à Rabat a brusquement augmenté deux heures avant l'apparition de la grosse houle. Raz de marée au Maroc le 8 et le 9 La forme de la dépression était particulièrement favorable à l'apparition d'une grosse houle de N.N.W.



Périodes de la houle à Rabat le 25 Septembre (soir) et le 26 Septembre 1922 (Augmentation lente)



Periodes de la houle à Rabat du 24 au 29 Septembre 1922

