

10.14.2
L'état de la mer

L'influence de l'océan sur l'atmosphère est de nature thermique. L'action de l'atmosphère sur les océans est essentiellement mécanique. De nombreux systèmes, c'est le cas pour l'océan, lorsqu'ils sont soumis à une sollicitation extérieure, réagissent en faisant apparaître une perturbation à caractère ondulatoire qui, en se propageant, va pouvoir évacuer l'excédent d'énergie associé à cette perturbation extérieure. Si les vents engendrent les grands courants océaniques dont on connaît l'influence sur les climats du globe, ils engendrent aussi les vagues.

Le mécanisme qui intervient est complexe et comprend diverses phases où pression atmosphérique et frottement dû au vent interviennent tour à tour. Tout d'abord, les fluctuations de pression superficielle, liées à la turbulence du vent, impriment en quelque sorte leur image sur la surface libre de la mer. Les premières vagues formées réagissent à leur tour sur l'écoulement de l'air dont elles empruntent l'énergie. Leur action est limitée par les dissipations internes dues à la viscosité de l'eau de mer.

10.14.2.1 Définitions et relations

L'état de la mer résulte de la superposition de multiples ondes se propageant dans l'eau, selon leurs propriétés individuelles.

- La **mer du vent** (sea en anglais) désigne la réponse locale et à court terme de l'océan à l'action du vent.
 - La **houle** (swell en anglais) correspond aux ondes observées dans des zones où le vent ne peut être considéré comme générateur.
- Lorsque plusieurs houles interfèrent, on parle de mer « maillée », « croisée » ou « confuse ».
- L'**aire génératrice** est une étendue marine sur laquelle souffle un vent homogène en vitesse et direction qui donne naissance à des vagues dites « vagues de la mer du vent ».
 - Le **fetch** est une longueur sur laquelle s'exerce un vent constant en force et en direction.

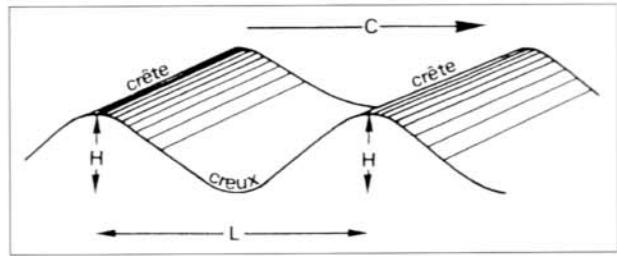
Les vagues sont caractérisées par différents paramètres :

- La **longueur d'onde L**, distance horizontale entre deux creux (ou crêtes) successifs.
- La **hauteur H**, distance verticale entre un creux et une crête successifs.
- La **période T**, intervalle de temps s'écoulant entre le passage de deux creux ou crêtes successifs au même point d'observation (les vagues peuvent être interprétées comme la superposition d'ondes monochromatiques de périodes comprises entre 1 et 25 secondes).
- La **célérité C** (ou vitesse de phase), distance parcourue par une vague par unité de temps ; comme pour

tous les phénomènes ondulatoires, $L = C.T$

- La **cambrure γ** , (ou escarpement) caractérise la forme de la houle. La cambrure est définie par :

$$\gamma = \frac{H}{L}$$



$H = \text{hauteur}, L = \text{longueur d'onde}, C = \text{célérité}, \text{période } T = \frac{L}{C}$

Figure 10.68 - Eléments descriptifs d'une vague (document Météo-France, Met Mar).

Ce rapport sert de critère pour le déferlement. Les vagues déferlent quand : $\gamma > 0.14$.

Cette valeur limite peut être atteinte sous l'effet :

- du vent lui même,
- de la rencontre entre les vagues et un courant marin de direction opposée (courant de marée ou courant de dérive),
- d'une propagation en eau peu profonde,
- d'une interférence entre plusieurs trains d'onde.



Figure 10.69 - Profils-types de houle

Les vagues sont assez bien décrites par l'équation de l'onde sinusoïdale progressive monochromatique qui fait apparaître l'élongation Z (ou surélévation du niveau de la mer) le long d'une ligne matérialisant l'axe de propagation.

$$Z = \frac{H}{2} \sin(\omega.t - k.x + \phi)$$

ω , pulsation de l'onde, est associée à la période temporelle :

$$\omega = \frac{2.\pi}{T}$$

k , nombre d'onde, est associé à la période spatiale :

$$k = \frac{2.\pi}{L}$$

ϕ , désigne la phase initiale, à l'origine spatio-temporelle.

- Le **milieu dispersif** : dans ce milieu, la célérité des ondes dépendant de la longueur d'onde, on aboutit au bout d'un certain temps à un « filtrage ». Les ondes de périodes différentes se déplacent à des vitesses différentes. Chacune d'entre elles pourra, au bout d'un certain temps de déplacement, être observée isolément.

- Le **milieu non-dispersif** : dans ce milieu, seule la période des vagues reste constante (quantité conservatrice). La célérité des ondes est indépendante de la longueur d'onde.

Pour les vagues et houles, la propagation en milieu dispersif (eau profonde) a lieu approximativement pour :

$$\frac{h}{L} > 0,42$$

L : la longueur d'onde
h : la profondeur

Nota : la propagation des ondes externes de gravité est régie par des équations complexes dans le détail desquelles nous n'allons pas entrer. L'observation nous permet, dans n'importe quel cas de considérer la période comme « conservative ». Si l'on envisage de plus que l'on a affaire à des amplitudes et des cambrures relativement faibles < à 0,05 %, ces équations peuvent être simplifiées par linéarisation. Ceci nous conduit à la théorie d'Airy, astronome anglais de XIX^e siècle. Dans le cadre de cette théorie, la relation de dispersion se présente sous la forme :

$$C^2 = \frac{g}{k} \cdot th(k \cdot h) \text{ ou } C^2 = \frac{g \cdot L}{2 \cdot \pi} \cdot th\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)$$

où C représente la célérité de l'onde, g l'accélération de la pesanteur, k le nombre d'onde, h la hauteur d'eau présente depuis le fond et L la période.

La fonction $y = th(x)$ tend vers 1 quand x tend vers l'infini ; en fait cette croissance est très rapide dans la mesure où l'on peut considérer $th(x) \approx 1$ pour $x > 2,64$ en commettant moins de 1 % d'erreur. L'expression précédente peut être simplifiée dès que la quantité $k \cdot h$ ou $2 \cdot \pi \cdot (h/L)$ dépasse cette valeur critique de 2.64, soit pratiquement lorsque

$$\frac{h}{L} > 0,42.$$

Pour simplifier, on considère que les caractéristiques des vagues ne sont pas affectées quand la profondeur est supérieure à $\frac{L}{2}$.

Propagation en eau profonde (milieu dispersif), les relations sont les suivantes :

- Si l'on exprime la longueur d'onde en mètres et le temps en secondes,

$$L = 1,5 T^2.$$

Exemple : une houle de 10 secondes de période a une longueur de $L = 1,5 \times 10^2$ soit 150 m.

- Si l'on exprime la célérité en mètres par seconde et le temps en seconde,

$$C = 1,5 T.$$

Exemple : pour la même houle, la vitesse des crêtes des vagues est de $C = 1,5 \times 10$ soit 15 m/s ou encore 54 km/h.

Les vagues se propagent par paquets ou groupes dont la vitesse de déplacement en eau profonde correspond sensiblement à la moitié de la vitesse de chaque vague prise isolément.

$$\text{La vitesse de groupe } V = \frac{C}{2} \text{ soit } V = 0,75 T$$

V : vitesse de groupe en m/s, T : période en secondes.

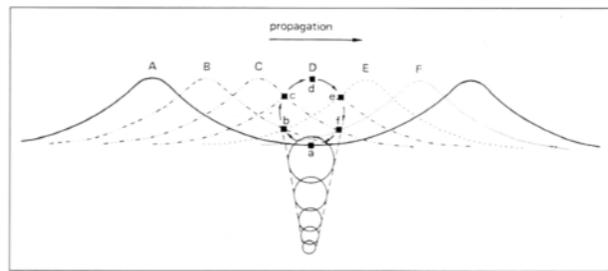


Figure 10.70 - Onde de surface : l'onde correspond à une propagation sans transport de molécules d'eau. Le mouvement orbital se poursuit en profondeur mais s'y atténue rapidement (document OMM, WMO n°446).

L'état de la mer est toujours constitué par la superposition de plusieurs systèmes de vagues. On a affaire ci-dessous (cf. figure 10.71) à deux systèmes de même hauteur, même direction mais périodes un peu différentes. Ces hauteurs vont donc périodiquement s'ajouter puis s'annuler et produire un système dans lequel on voit une vague naître, croître, passer par un maximum, diminuer et enfin disparaître avant de recommencer un nouveau cycle. Les vagues se propagent donc par paquets, ou groupes, dont la vitesse de déplacement au large correspond à la moitié de la vitesse de chaque vague prise isolément.

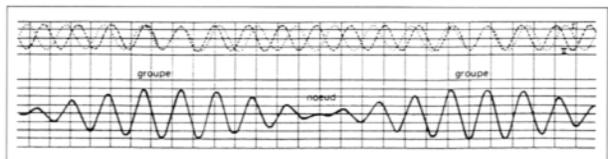


Figure 10.71 - Groupes ou paquets d'ondes (document Météo-France, Met Mar).

10.14.2.3 Propagation en eau peu profonde (milieu non-dispersif), les relations sont les suivantes :

$$\bullet \text{ condition : } \frac{h}{L} < 0,027$$

h : profondeur en mètres

L : longueur d'onde

(Un calcul itératif montre que, dans la relation,

$$C^2 = \frac{g}{k} \cdot th(k \cdot h)$$

on peut assimiler $th(x)$ à x avec une erreur relative inférieure à 1 % pour des valeurs de x inférieures à 0.17, ce qui correspond à :

$$th(k \cdot h) = kh = \frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L} < 0,17 \text{ soit :}$$

$$h/L < \text{à } 0,027)$$

$$\bullet \text{ célérité } C = \sqrt{g \cdot h}$$

h : profondeur en mètres

g : l'accélération de la pesanteur

$$\bullet \text{ longueur d'onde } L = \sqrt{g \cdot h} \cdot T$$

h : profondeur en mètres

g : l'accélération de la pesanteur
T : période en secondes

- vitesse de groupe, $V = C$, la célérité.

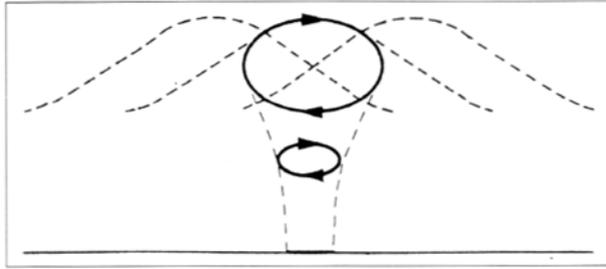


Figure 10.72 - Onde de masse

Quand la longueur d'onde devient supérieure à la profondeur, cas général à l'approche des côtes, le mouvement orbital se fait sentir jusqu'au fond en même temps qu'il s'écrase sous forme d'ellipses de plus en plus plates avec la profondeur; sur le fond lui-même, le mouvement épouse souvent la forme d'un simple va-et-vient (document OMM, WMO n°446).

10.14.2.4 Quelques phénomènes de réfraction des vagues (cf. figure 10.73)

10.14.2.5 L'énergie des vagues et de la houle

Houle et vagues, comme tous les phénomènes qui se traduisent par une déformation de la surface marine, mettent en jeu de l'énergie mécanique. Une partie de cette énergie est de l'énergie potentielle (associée à la déformation de la surface océanique), l'autre est de l'énergie cinétique (liée à la vitesse des particules d'eau).

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2$$

E : densité en J/m²

ρ : masse volumique de l'eau

H : hauteur des vagues, valable pour les ondes monochromatiques.

(Dans le cas de la mer réelle, la hauteur quadratique moyenne est utilisée.)

10.14.2.6 La hauteur significative des vagues

Il est recommandé aux observateurs d'indiquer la hauteur significative, c'est-à-dire la hauteur moyenne des vagues les mieux formées.

$H_{(1/3)}$: hauteur H un tiers est proche de la hauteur significative appréciée visuellement par les marins.

$$H_{(1/3)} = 4 \sqrt{E}$$

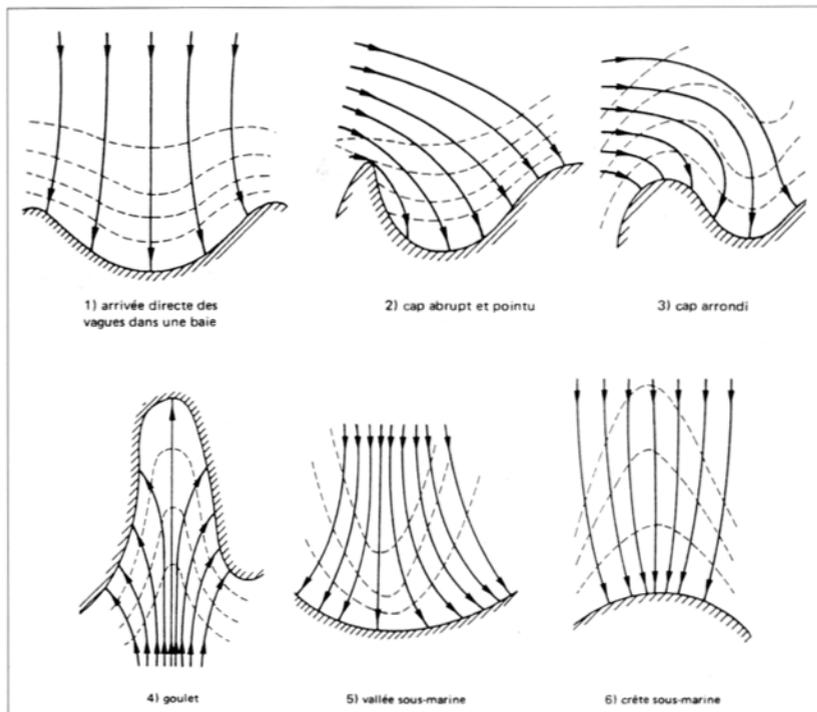
$H_{(1/3)}$: hauteur caractéristique en mètres

E : densité d'énergie en J/cm²

Néanmoins, $H_{(1/10)}$ hauteur H un dixième, est la plus utilisée pour la description des vagues : $H_{(1/10)} = 1,27 H_{(1/3)}$.

10.14.2.7 Quelques règles pratiques pour estimer l'état de la mer sur les cartes météo

État de la mer			
En anglais	Code S	Termes descriptifs	Hauteurs significatives en mètres
calm	0	mer calme	0
rippled	1	mer ridée	0 à 0,1
smooth	2	mer belle	0,1 à 0,5
slight	3	mer peu agitée	0,5 à 1,25
moderate	4	mer agitée	1,25 à 2,5
rough	5	mer forte	2,5 à 4
very rough	6	mer très forte	4 à 6
high	7	mer grosse	6 à 9
very high	8	mer très grosse	9 à 14
phenomenal	9	mer énorme	> 14



Chacune des phases de la croissance des vagues, caractérisée par un état de mer précis est bien rendue par la fameuse échelle de Beaufort.

Indépendamment de l'échelle de Beaufort, il existe une échelle d'état de la mer qui va de zéro à neuf (échelle de Douglas ou code S de l'Organisation Météorologique Mondiale, OMM).

Figure 10.73
Quelques plans-types de vagues (document Météo-France, Met Mar).

Les lignes en tirets correspondent aux isobathes et les flèches aux normales des crêtes de vagues.

ABAUQUE DE FONS ET DEVILLAZ (complété par Hontarède M.)

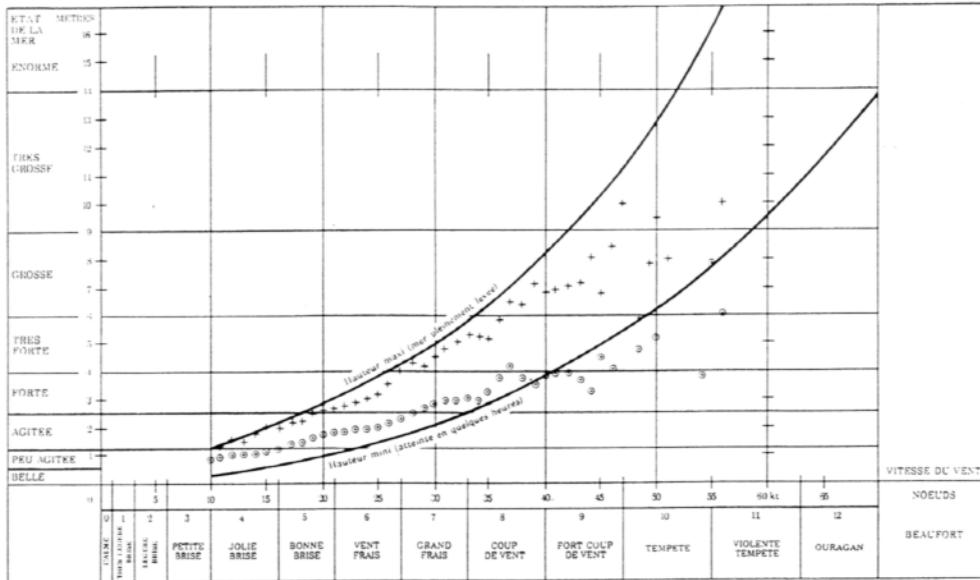


Figure 10.74

Diagramme n° 1

Hauteur des vagues ($H_{1/3}$) en fonction de la vitesse du vent.

Courbe du bas : la courbe du bas représente la hauteur minimale des vagues, celle qui est atteinte rapidement (moins de dix heures) et qui a donc toutes les chances d'être dépassée.

o : moyenne sur 3 ans de la hauteur des vagues observées en Manche Ouest par des navires marchands (petits fonds et proximité de la côte).

+ : moyenne sur 3 ans de la hauteur des vagues observées au point Roméo (47 N, 17 W, au large du golfe de Gascogne).

Courbe du haut : la courbe supérieure indique la hauteur des vagues ($H_{1/3}$) d'une mer pleinement formée. (On suppose que le vent a eu tout le temps et l'espace nécessaire pour lever la mer).

Exemple : un vent de 20 nœuds (force 5 beaufort) soulève rapidement des vagues d'un mètre (mer peu agitée). Mais si le vent ne fraîchit pas, la mer n'atteindra jamais 3 mètres (mer forte). De même, avec 30 nœuds de vent les vagues resteront comprises entre 2 mètres (mer agitée) et 5 mètres (mer très forte).

ABAUQUE DE BRETTSCHEIDER

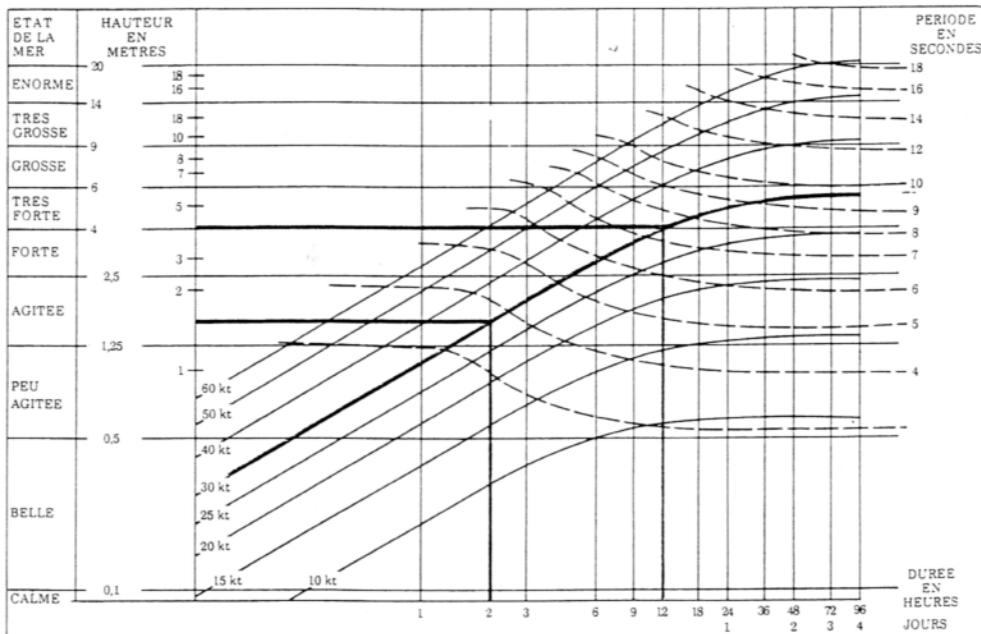


Figure 10.75

Diagramme n° 2

Hauteurs et périodes des vagues en fonction de la vitesse du vent et de son temps d'action.

Un vent de 30 nœuds lève une mer dont le $H_{1/3}$ atteint 1,5 mètres en 2 heures, 4 mètres en 12 heures puis se stabilise à 5 mètres (mer pleinement formée).



Photo 10.13
Arrivée de trains de houle dans une baie (photo Fons C.).



Photo 10.14 - Déferlement (photo Fons C.).

Les termes suivants, descriptifs de la houle, sont utilisés dans les bulletins de prévision.

LONGUEUR	HAUTEUR
courte : < 100 mètres	petite : < 2 mètres
moyenne : 100 à 200 mètres	modérée : 2 à 4 mètres
longue : > 200 mètres	grande : > 4 mètres

Les caractéristiques des vagues de la mer du vent dépendent :

- de la vitesse du vent,
- de la durée d'action du vent,
- du fetch.

Les diverses périodes de ces vagues se répartissent statistiquement autour d'une période dominante approximativement égale au dixième de la vitesse du vent exprimée en nœuds si le vent souffle depuis peu de temps (une heure ou deux) ou si le fetch est court.

Si le vent souffle longtemps sans limitation du fetch, on atteint l'état de mer entièrement levée. Le transfert d'énergie sera maximal pour un ensemble de vagues dont la période se situe dans une bande voisine du tiers de la vitesse du vent exprimée en nœuds. Ainsi un vent de 30 nœuds génère des vagues dont la période est de 10 secondes ; un vent de 60 nœuds génère des vagues dont la période est de 20 secondes.

Un vent de 60 nœuds devra souffler beaucoup plus longtemps qu'un vent de 30 nœuds pour transférer l'énergie

requis pour obtenir un système de vagues de 20 secondes de période. Pendant tout ce temps, les trains de vagues doivent rester dans l'aire génératrice afin de parvenir à la « saturation énergétique ». Mais, plus les vagues sont longues, plus elles se déplacent rapidement. Le fetch doit être étendu pour que les vagues aient le temps et la place nécessaires à leur plein développement. Or, fort heureusement le fetch est presque toujours limité et les vagues n'atteignent pas toujours les hauteurs maximales que pourrait théoriquement lever un vent de tempête.

Hauteur, longueur et période des vagues

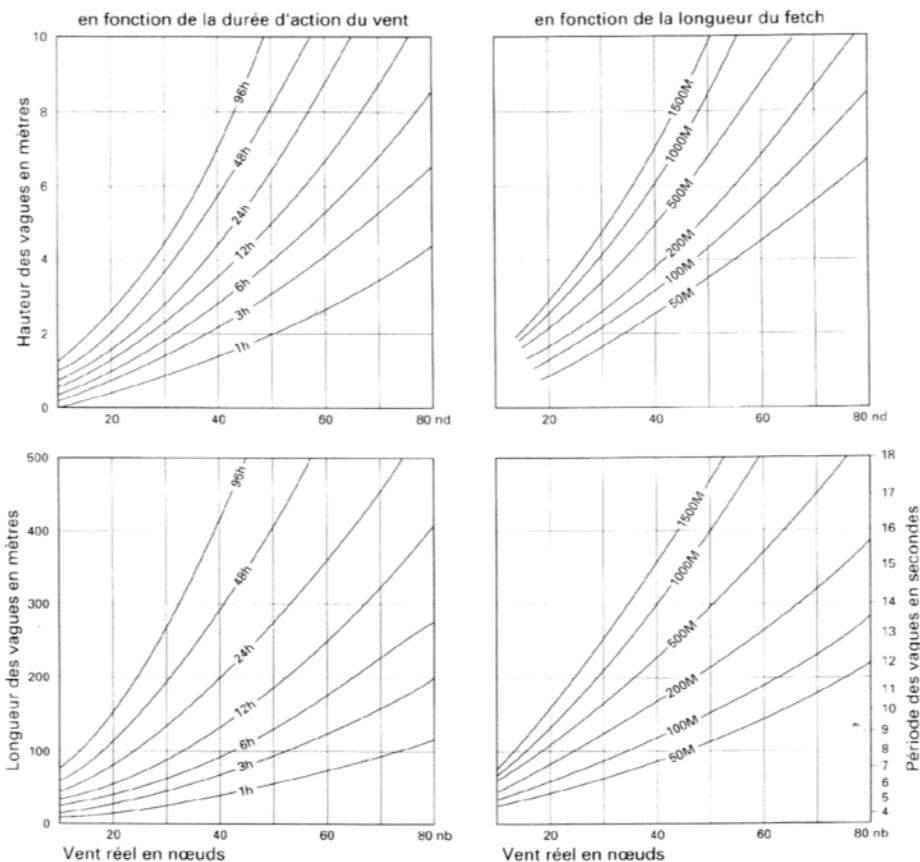


Figure 10.76
Graphique de synthèse de prévision de l'état de la mer (d'après Newman, Pierson, James).

L'exception du fetch mobile

Une dépression tempétueuse mobile entraîne le déplacement de l'aire génératrice si cette dépression se meut dans la direction du vent générateur. C'est dans le quadrant arrière droit que les vents ont une direction voisine de la trajectoire de la dépression.

Exemple :

- des vents de 60 nœuds soufflant dans le sens de la trajectoire de la dépression ont la potentialité requise pour générer des vagues de 20 secondes de période :
 - la vitesse de groupe de ces vagues en milieu dispersif est exprimée en nœuds : $V = 1,5.T$ soit 30 nœuds.
- Si la dépression se déplace elle aussi à 30 nœuds, soit à la moitié de la vitesse du vent, les vagues resteront dans l'aire génératrice ; elles atteindront dans ces conditions leur hauteur maximale (cf. figure 10.77).

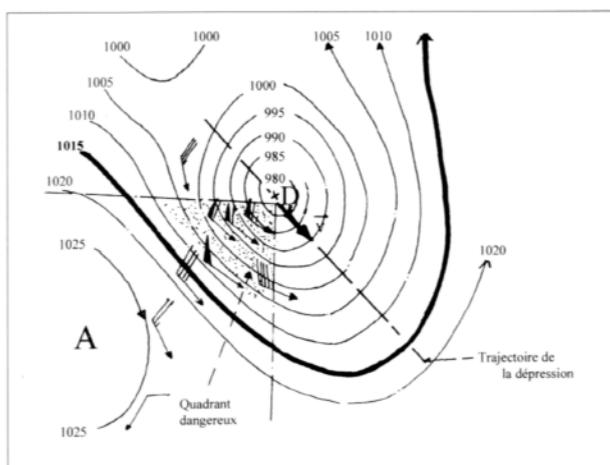


Figure 10.77 - Aire génératrice mobile

Danger, si la vitesse de déplacement de la dépression est égale à la moitié de la vitesse du vent dans le secteur grisé.

Les dissipations énergétiques par frottements internes (viscosité) amortissent progressivement la houle ainsi que les vents contraires à la direction de propagation des ondes. Les houles de courtes périodes seront détruites rapidement, ce qui n'est pas le cas des longues périodes. Les côtes marocaines atlantiques sont affectées par de longues houles qui prennent naissance au voisinage de Terre-Neuve.

Lorsqu'un courant rencontre des vagues, la période n'est pas modifiée, mais la longueur d'onde diminue et la hauteur augmente. La cambrure peut atteindre sa valeur limite, dans ce cas les vagues de forme trochoïdale déferlent.

Lorsque vagues et courant vont dans le même sens, les vagues s'allongent et leur amplitude diminue.

10.14.2.8 Quelques généralités sur les autres effets mécaniques du vent et de la pression sur la mer

Les **grands courants océaniques** sont des courants permanents qui ont une incidence directe sur les climats. Leur origine réside en grande partie dans l'inégale répartition des densités de l'eau, ainsi que dans le régime des vents dominants.

Les **courants de dérive** résultent des effets d'entraînement dus au vent dans les couches superficielles.

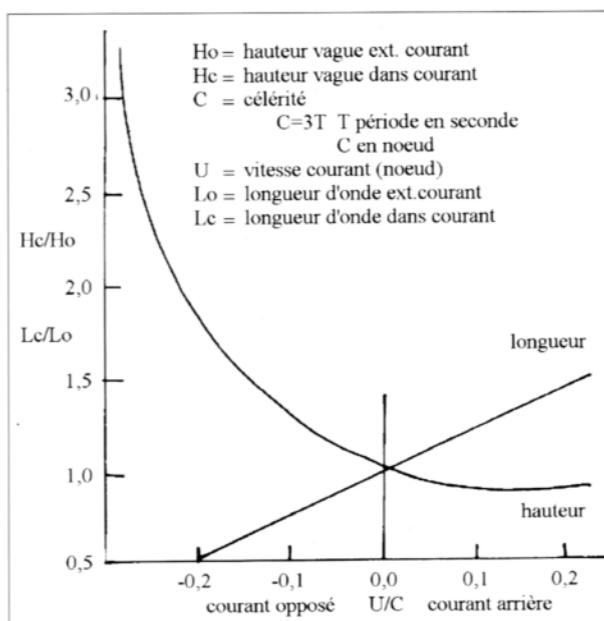


Figure 10.78

La figure 10.78 indique certaines correspondances issues des travaux de la Scripps Institution of Oceanography (États-Unis) ; on relève qu'effectivement les vagues peuvent augmenter rapidement de hauteur en présence d'un courant opposé de vitesse notable. Par exemple, une vague de 5 mètres, de période 8 secondes, pénétrant dans le Gulf-Stream venant d'une direction opposée à une vitesse de 3 nœuds, a un coefficient U/C de $-0,125$ ($C = 24$ nœuds). On voit que, d'une part la hauteur de cette vague est à multiplier par 1,35, c'est-à-dire que cette valeur passe à 7 mètres, d'autre part que sa longueur va décroître de quelque 30 %, de telle sorte qu'elle deviendra plus cambrée et même déferlante.

Le courant de dérive, par effet de Coriolis, porte en surface à 45° sur la droite du lit du vent dans l'hémisphère Nord (20° pour des fonds de moins de 100 m). Avec l'augmentation de la profondeur d'immersion, la rotation à droite se poursuit et le module du courant diminue. A la profondeur d'Ekman, le courant a une direction opposée au courant de surface.

Selon les cas, le courant s'annule pour une profondeur de 10 m à 140 m en fonction de la stratification de l'océan.

Le transport de masse, qui équivaut au courant moyen de la couche superficielle océanique, est dirigé vers la droite à 90° du vent de surface.

La vitesse du courant en surface peut atteindre les $1/30$ de la vitesse du vent pour des profondeurs supérieures à 100 m et jusqu'à $1/20$ de la vitesse du vent pour les faibles profondeurs.

Les **courants de pente ou courants de compensation** vont apparaître dès qu'une dénivellation se manifeste en surface ou en profondeur. Les principes du géostrophisme s'appliquent à ce courant. Il est généré à 90° sur la droite de la ligne de plus grande pente.

La résultante de ces courants de pente et de dérive due au vent va donner le courant réellement observé.

Les courants de dérive et les courants de pente sont la cause des upwellings qui s'observent sur les zones côtières situées sur les faces orientales des anticyclones subtropicaux (Portugal, Maroc, Pérou en situation normale) ou dans la zone de divergence équatoriale.

Les seiches

$$\text{(ondes longues : } h \leq \frac{L}{2} = \frac{C.T}{2} \Rightarrow T = \frac{2h}{C} = \frac{2h}{\sqrt{g.h}})$$

sont des oscillations qui apparaissent à la surface libre d'un bassin de port, voire d'un lac, lorsque l'étendue d'eau est soumise à une sollicitation sous forme de vent fort. Ces oscillations ont des caractéristiques imposées par les dimensions même du bassin (conditions de résonance) avec des périodes qui peuvent varier de quelques minutes à plusieurs heures suivant les bassins envisagés. Ce phénomène est souvent observé sur le lac Léman.

Les ondes de tempêtes : lorsqu'une dépression très creuse circule sur un bassin océanique, les effets conjugués de la pression (effet de baromètre inversé) et surtout du vent à grande échelle sont à l'origine d'une onde « solitaire » (qui élève et abaisse une seule fois le niveau de l'eau) qui se propage approximativement dans la même direction que la dépression. Cette onde peut s'amplifier avec des effets catastrophiques lorsque la profondeur diminue, lorsque l'onde entre en phase avec la marée astronomique ou lorsque la tempête à l'origine de l'onde se déplace à une vitesse voisine de la vitesse de propagation de celle-ci. De telles ondes sont à l'origine des inondations qui envahissent le Bengale, Venise ou les polders hollandais.

10.14.2.9 Vagues anormales ou "scélérates"

Certaines vagues, dites **vagues anormales**, ne rentrent dans aucune classification normalisée tant leurs caractéristiques de courbure et d'amplitude en même temps que leur individualité en font un phénomène à part.

Ces écueils, qui peuvent occasionner aux unités de toute taille des dégâts considérables, se rencontrent plus particulièrement à proximité des canyons sous-marins qui entaillent la pente continentale accore, quand le courant s'oppose aux déplacements des trains de houle.

Ces phénomènes se rencontrent ou sont susceptibles de se produire dans le golfe de Gascogne, au sud du Groenland, près des bancs de Terre-Neuve, dans la zone côtière autour de l'Islande et des Faeroe, dans la zone côtière de la mer de Norvège, en mer du Nord, en mer Baltique, dans la zone du Gulf Stream près des côtes américaines, dans le golfe du Mexique, au large de la Colombie britannique, autour du cap Horn, à l'est des côtes Sud africaines, dans le sud de la mer de Chine, dans la mer du Japon, à l'est des côtes du Japon, dans la zone côtière autour de l'Australie au sud du 40 °S.

Rappelons un rapport de la Jeanne d'Arc, qui en 1963 signalait :

« À 430 milles dans le sud-est de Tokyo, gros temps d'ouest, vent 30 à 40 nœuds, creux de 7 à 8 mètres, bâtiment à la cape tribord amure.

Vers 09 h 47, on aperçoit droit devant de grosses lames déferlantes à un demi-nautique environ. La barre est mise « à gauche 25 » afin de présenter le bâtiment dans une meilleure position.

On relève :

- la hauteur exceptionnelle des trois lames rencontrées, entre 15 et 20 mètres, et leur verticalité remarquable ;
- le faible écart séparant deux lames successives, une centaine de mètres ;
- la direction de ces vagues qui faisait avec la direction générale de la houle un écart de 20 à 30° ;
- la forme des lames qui ne présentait qu'un front très court, 600 à 800 mètres, terminé à chaque extrémité par une chute abrupte.

Il convient de noter que notre navire accompagnateur, le *Victor Schoelcher*, qui naviguait à la cape à deux nautiques sur notre arrière, a vu la *Jeanne d'Arc* disparaître à trois reprises dans les creux, mais n'a pas eu à affronter lui-même le phénomène.

La première lame soulève le bâtiment qui tombe dans le creux suivant avec une pointe de 15° et en se couchant sur bâbord avec une gîte de 30°.

Dans l'intervalle d'environ 100 mètres qui sépare la deuxième lame de la première, la *Jeanne d'Arc* a le temps de revenir à peu près dans ses lignes d'eau, mais elle est aussitôt couchée de nouveau sur bâbord par la deuxième lame jusqu'à prendre une gîte de 35° environ (inclinomètre sur butée à 30°).

Au cours du franchissement de ces deux lames, la plage avant et la plage arrière sont successivement submergées ; la mer recouvre les passavants du premier pont, l'eau atteignant au moment du roulis extrême, le haut des cloisons.

La troisième lame est franchie dans les mêmes conditions, mais avec des mouvements moins amples, sa hauteur étant légèrement inférieure à celle des deux premières.

La durée totale du franchissement des trois lames a été de 30 secondes au maximum. »

Étude de 11 cas de navires ayant subi l'effet de vagues anormales à proximité du Cap de Bonne Espérance (extrait d'un texte du Capitaine de Vaisseau J. K. Mallory, Met Mar n° 119) :

Les 11 navires faisaient route au sud, à l'exception d'un, la *Southern Cross*.

• Conditions météorologiques favorables :

Au cours des mois d'été, entre novembre et mai, une dépression thermique sur le sud du continent africain et les hautes pressions de l'océan. Cette disposition des isobares qui renforce les vents de secteur est à nord-est, accélère le courant des Aiguilles.

Au cours des mois d'hiver, la côte sud-est de l'Afrique est directement intéressée par le mauvais temps et on observe alors des vents violents qui soufflent pendant des périodes de 24 à 48 heures à la suite du passage de chaque perturbation (cf. figure 10.79).

• Quelques enseignements pratiques :

a) avant le passage d'un front froid le long de la côte sud-africaine, un fort vent de nord-est renforce le courant des Aiguilles. Ce dernier, pouvant atteindre 100 milles de large et 350 mètres d'épaisseur, porte au

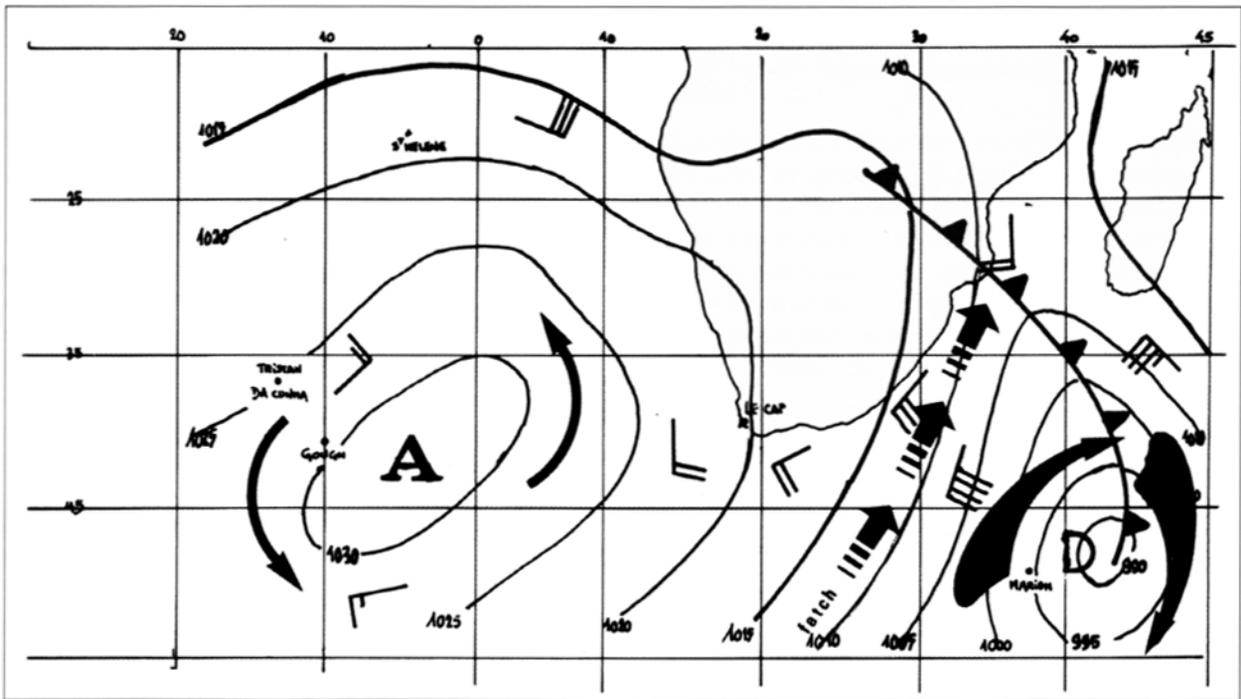


Figure 10.79 - Situation générale favorable à la formation de vagues anormales (document Météo-France, Met Mar).

sud-ouest à une vitesse de 3 à 4 nœuds, occasionnellement 5, entre Port-St-Johns et East-London ; sa vitesse maximale se situe légèrement au-delà de l'isobathe de 200 mètres, limite du plateau continental ;

b) au moment du passage du front froid, qui se déplace à quelque 25 nœuds le long de la côte, on observe un très rapide changement de direction du vent. On a vu celui-ci passer de nord-est force 6 à sud-ouest force 6 à 7 en quatre heures ;

c) le vent de sud-ouest s'établit d'une façon soudaine, pouvant vite atteindre le stade « coup de vent » (34-40 nœuds) ; il forme immédiatement une mer du vent avec des vagues qui, en moins d'une heure, ont une hauteur de 3 mètres, une longueur de 60 mètres et une période de 6 à 7 secondes ;

d) le contact entre le rapide courant des Aiguilles et le vent qui souffle en sens opposé a pour conséquence de cambrer ces vagues de la mer du vent, donc de modifier leur hauteur et leur longueur qui passent respectivement de 60 mètres à une cinquantaine de mètres, et de 3 mètres à près de 4 mètres ;

e) des vagues de houle de propagation atteignant 6 mètres ou plus, formées par les vents de sud-ouest agissant sur un fetch considérable, viennent renforcer les conditions liées à la mer du vent. Se déplaçant à 30 ou 35 nœuds, leur vitesse est ralentie au contact du courant des Aiguilles ;

leur hauteur passe à 8 mètres, leur longueur se situant alors à quelque 150 mètres ;

f) la superposition de plusieurs systèmes de vagues de longueurs d'onde différentes conduit à la formation, très temporaire, de l'ordre de quelques minutes ; d'une vague anormalement élevée, approchant la vingtaine de mètres ;

g) du fait de son mouvement contre le courant, cette vague anormale voit sa face exposée dans le sens de déplacement devenir extrêmement cambrée et à la limite du déferlement ;

h) un creux de grande longueur, anormalement profond, précède la vague ; il est vraisemblablement lié, lui aussi, à la superposition des systèmes en présence et à l'action du courant marin ;

i) huit sur dix des navires qui ont observé des vagues

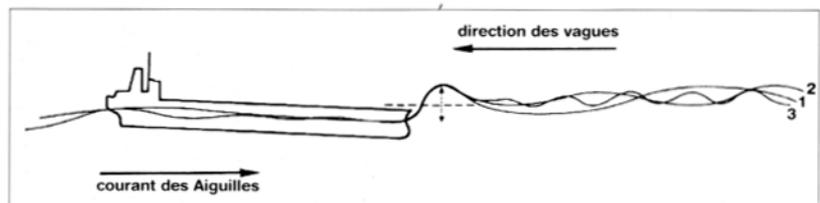


Figure 10.80 - (document Météo-France, Met Mar).

Ce grand pétrolier de 300 m de long rencontre une vague anormale de 20 m précédée d'un long creux. La vague naît de la composition, très temporaire, de trois systèmes :

1 - une houle de 600 m de longueur, vitesse de groupe de 30 nœuds,

2 - une houle de 150 m de longueur, vitesse 15 nœuds,

3 - une mer du vent de 50 m de longueur, vitesse 10 nœuds,

et de la rencontre du courant des Aiguilles qui porte à 4 ou 5 nœuds dans la direction opposée aux vagues.

anormales dans le cadre de l'étude se situaient dans la bande géographique étroite, deux ou trois milles, bordant vers le large le plateau continental (isobathe de 200 mètres). Aucun ne se trouvait sur ce dernier ;

j) au moment de l'observation, quatre de ces dix navires se situaient à proximité de l'un des canyons sous-marins qui entaillent la pente continentale ;

k) dans sept cas sur dix, une profonde dépression était centrée dans les parages de *Marion* au cours des 24 heures précédant l'observation. Dans les trois autres cas, la disposition des isobares était telle qu'elle favorisait des vents violents de sud-ouest sur une distance considérable en direction du point d'observation. En d'autres termes, dans tous les cas, l'observation d'une vague anormale est précédée de vents de sud-ouest qui soufflent d'une façon durable sur un fetch supérieur à 1000 milles ;

l) les navires naviguant dans la zone limitée par l'isobathe de 200 mètres (plateau continental) ont, dans les conditions générales évoquées ci-dessus (k), observé un état de la mer sévère avec des vagues s'élevant jusqu'à 8 mètres mais jamais de vagues anormales.

• La vague anormale et le navire :

Que se passe-t-il quand un bateau encaisse une vague anormale ?

Imaginons un navire avançant debout à la lame à vitesse réduite dans une mer grosse (vagues de 6 à 9 mètres) bien que l'on ait tendance à estimer, à bord des grandes unités, que l'on peut se frayer une route à vitesse normale dans de telles conditions.

Soudain, sans autre avertissement, l'étrave s'engage dans un creux très long, souvent plus long que le navire qui descend alors la pente à vitesse accrue (cf. figure 10.80). À l'extrême limite du creux, une véritable montagne liquide, très cambrée, à la limite du déferlement, d'une hauteur probable de près de 20 mètres, fonce sur l'étrave à plus de 30 nœuds.

Étant donné la position du navire à ce moment-là, rien ne peut être fait pour éviter les pressions énormes et la charge alors imposées à la coque qui ne remonte pas à la lame. Le navire s'immerge littéralement à l'intérieur de l'immense vague qui devient instable et qui déferle sur le pont avec fracas à une trentaine de mètres sur l'arrière de l'étrave. Puis l'avant du bateau remonte enfin, dans le même temps où la masse liquide atteint la partie arrière, exerçant ici encore des contraintes qui font souffrir le navire jusque dans ses membrures.



La bouée Gascogne par 45,25° N et 5° W (document Météo-France, Met-Mar, photo P. Taburet).