

Association Rigel
9 rue Albert 1er 35400 Saint-Malo
06-11-74-36-88
contact@rigelsaintmalo.fr
<http://rigelsaintmalo.fr>

Livret voile à l'intention des navigants.

Août 2016 : Version 2.00

1. Introduction

Ce document est une approche de la pratique de la voile dans le cadre de nos sorties associatives. Ainsi au cours de ces sorties on abordera les différents sujets suivants :

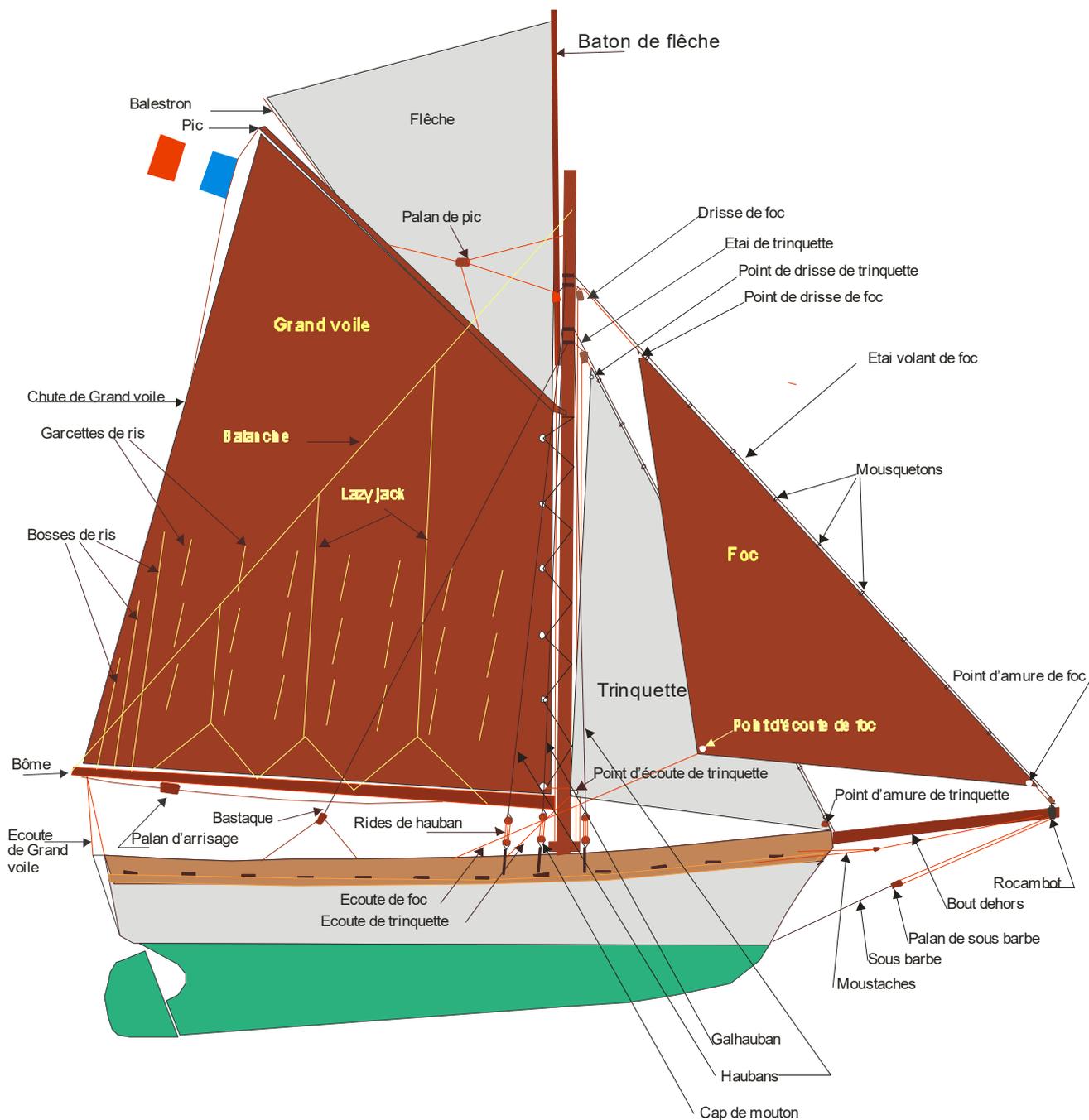
- Le voilier et ses différents éléments
 - Les voiles et leurs fonctions
 - Les cordages et leurs actions
 - La barre (le gouvernail) et son utilisation
- Les différentes manœuvres
 - Savoir barrer
 - Savoir exécuter un virement de bord.
- Le langage spécifique
- La découverte du milieu marin
 - Les vents
 - Les marées et les courants
 - La lecture du paysage côtier
 - Les systèmes de balisage
 - La lecture des cartes
- L'utilisation du GPS
 - Repérage sur la carte de la position du bateau
 - Calcul d'une distance à parcourir et d'une heure d'arrivée prévue.

Toutes ces notions peuvent être nouvelles pour des participants débutants et le langage spécifique des marins peut être un frein à l'apprentissage et à la compréhension.

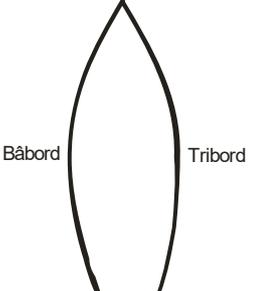
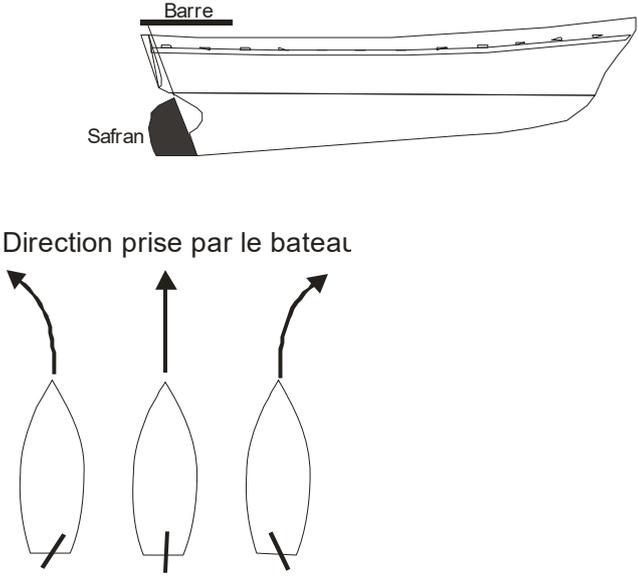
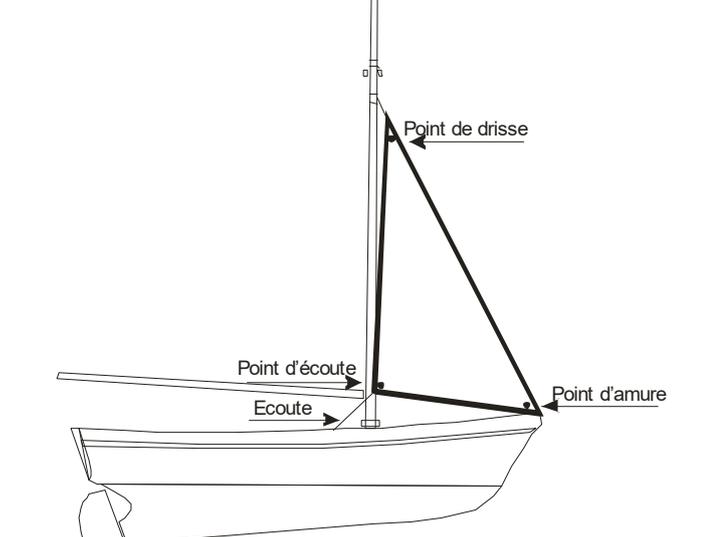
L'objet de ce livret est donc de faire une présentation, la plus simple possible, des connaissances nécessaires à la pratique de loisir d'un voilier traditionnel et éventuellement de permettre aux participants de conserver un document auquel ils pourront se référer au cours des navigations..

2. La Licorne

Cotre aurique à corne avec grandvoile, foc, trinquette et flèche gréé au tiers sur baton et balestron.
 Construit en 1973 au chantier Paraveau à Marennes.
 Poids 6,5 T - Longueur 9 m. - Longueur à la flottaison 7.70 m - Longueur hors tout 11,80 m
 Maître bau 3,00 m.
 Tirant d'eau 1,50 m. Tirant d'air sans flèche 10,20 m, avec flèche 11,30 m.
 Grandvoile 30,00 m²
 Trinquette 08,30 m²
 Foc 09,70 m²
 Flèche 10,00 m²
 Foc ballon 33,00 m²



3. Vocabulaire de base.

<p>Bâbord c'est le côté gauche du bateau quand on regarde vers l'avant. Tribord c'est le côté droit.</p>	
<p>Diriger le bateau. Pour diriger le bateau on utilise le gouvernail qui se compose de la barre et du safran. La barre est la partie que l'on actionne, le safran est la partie qui plonge dans l'eau et permet de faire évoluer le bateau.</p> <p>Quand on met la barre sur la droite le bateau part sur la gauche.</p> <p>Quand on met la barre sur la gauche le bateau part sur la droite.</p>	
<p>Points caractéristiques d'une voile : Point de drisse. C'est le point qui permet de fixer la voile en haut du mât. On hisse la voile à l'aide d'un cordage appelé drisse. Point d'amure. C'est le point qui permet de fixer la voile en bas. Point d'écoute. C'est le point qui permet d'écarter ou de rapprocher la voile de l'axe du bateau à l'aide d'un cordage appelé écoute. Il y a 2 écoutes, une à tribord et une à bâbord. Border c'est tirer sur l'écoute pour fermer la voile Choquer c'est lâcher de l'écoute pour ouvrir la voile.</p>	

Propulsion.

Le voilier avance par la force du vent.
En fonction de la direction dans laquelle on souhaite aller il reçoit le vent selon différents angles.

On a donné le nom d'allure à la façon dont le voilier reçoit le vent.

On distingue les allures suivantes :

Près ;

Près bon plein ;

Petit largue ;

Vent de travers ;

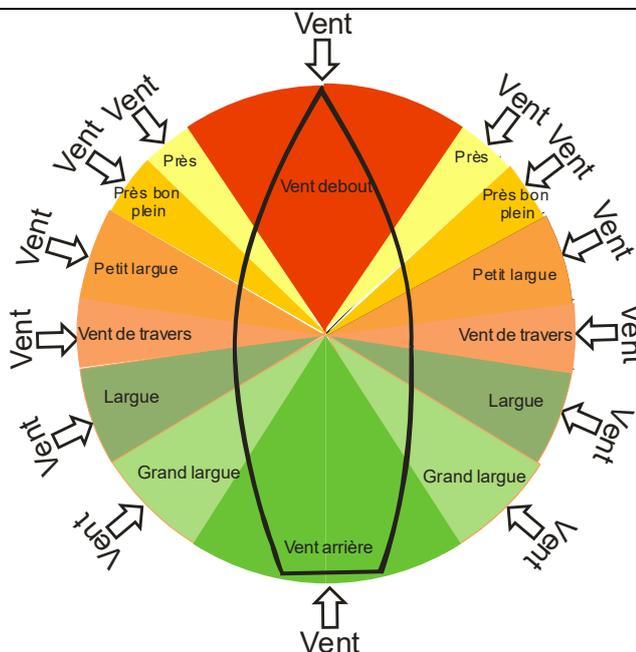
Largue ;

Grand largue ;

Vent arrière ;

Lorsque le vent vient de face, on dit aussi Vent debout, le bateau ne peut pas avancer.

Si on veut aller dans cette direction il faudra louvoyer (voir plus loin).



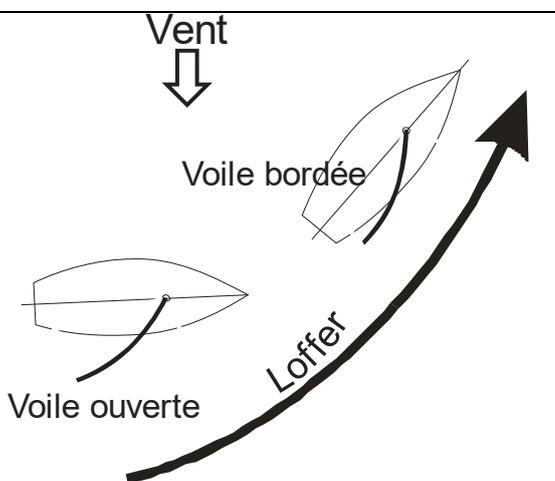
Loffer/Abattre

Loffer c'est se rapprocher de la direction d'où vient le vent.

Exemple : si on est vent de travers on va loffer pour venir au près bon plein.

On dit aussi serrer le vent.

On va border l'écoute. La voile est plus fermée.

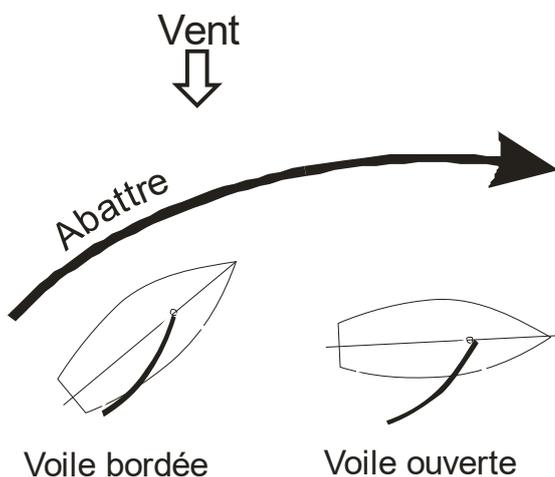


Abattre c'est s'écarter de la direction d'où vient le vent.

Exemple : si on est au près bon plein on va abattre pour venir au vent de travers.

On va choquer l'écoute.

La voile est plus ouverte.



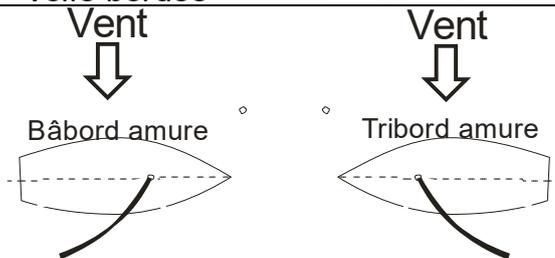
Amure.

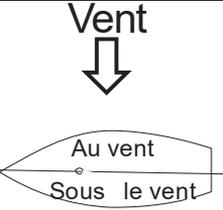
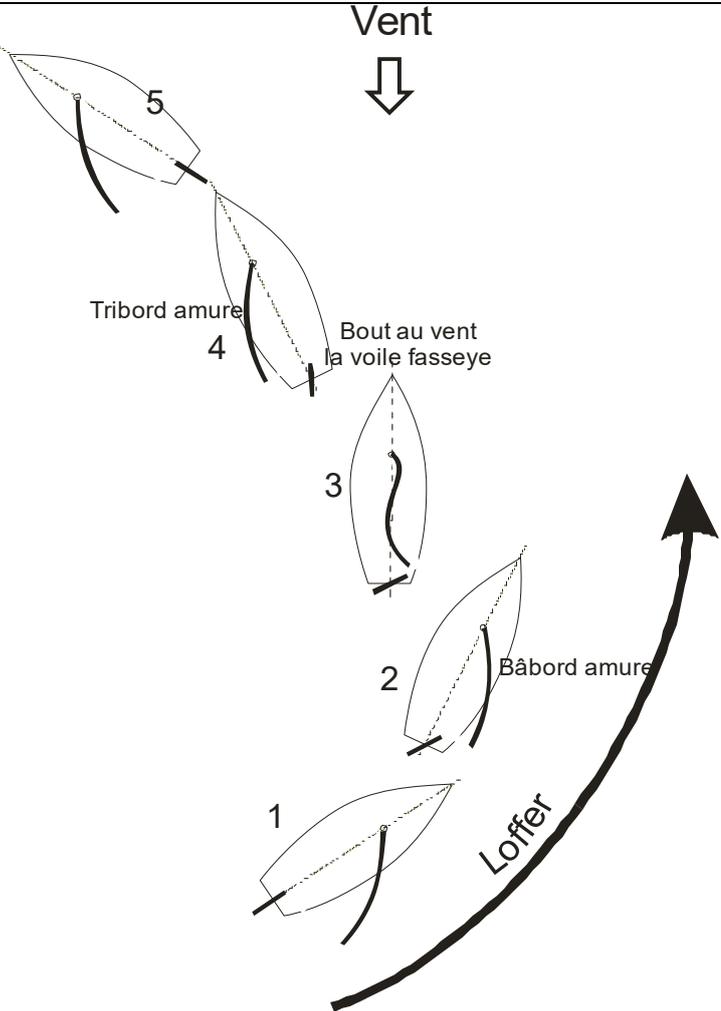
L'amure désigne le bord (le côté) d'où vient le vent.

Le bateau est :

- Soit bâbord amure, il reçoit le vent par son côté gauche.

- Soit tribord amure, il reçoit le vent par son côté droit.



<p>Au vent/Sous le vent. Le bord qui reçoit le vent en premier est dit « Au vent ». Le bord qui reçoit le vent en second est dit « Sous le vent ». Le barreur se tient au vent.</p>	
<p>Virement de bord. Virer de bord c'est changer d'amure en faisant passer l'avant du bateau au vent. <u>Position 1</u> le bateau fait route bâbord amure, au près bon plein, on décide de virer. <u>Position 2</u> On loffe en poussant la barre sous le vent et en bordant la voile. Le bateau amorce son auloffée. <u>Position 3</u> On passe bout au vent, la voile faseye et n'a plus d'action, le bateau continue à virer par son inertie. <u>Position 4</u> la voile a basculé et passe tribord amure, le bateau a viré. <u>Position 5</u> On choque la voile et on met la barre droite, le virement est terminé, on fait route dans la nouvelle direction tribord amure.</p>	

Virement lof pour lof.

C'est changer d'amure en faisant passer l'arrière du bateau au vent. On dit aussi empanner mais le vrai terme est virement lof pour lof.

Position 1 le bateau fait route tribord amure au large, on décide de virer vent arrière.

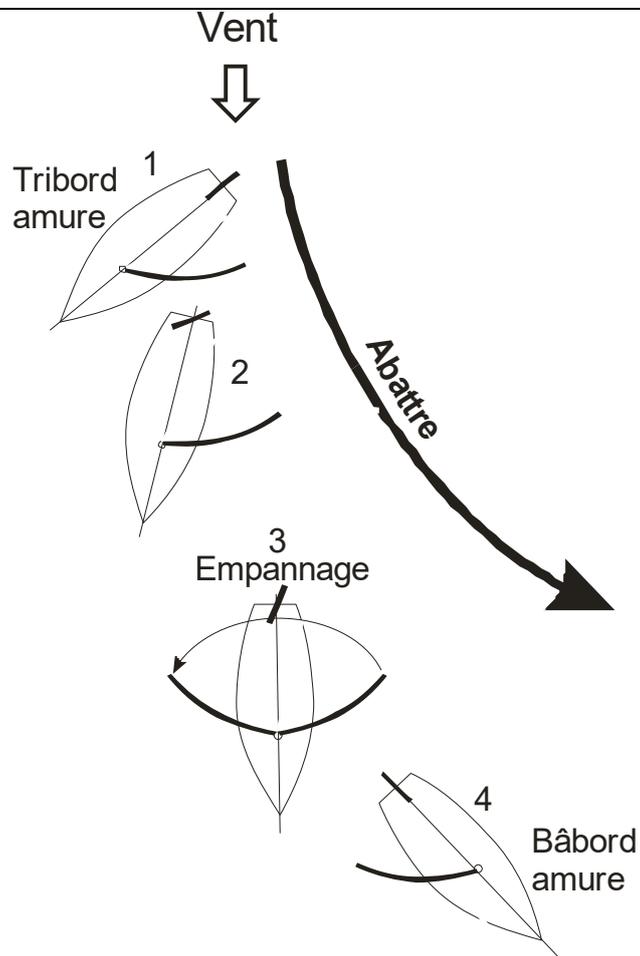
Position 2 On abat en tirant la barre au vent et en choquant la voile. Le bateau amorce son abattée.

Position 3 Le bateau passe vent arrière. On baisse alors la tête puis on borde alors rapidement à fond la voile qui empanne (change d'amure) et on choque à fond (attention au passage de la bôme).

On est toujours vent arrière mais bâbord amure.

On met la barre à tribord pour terminer le virement.

Position 4 Pour finir, on borde ce qu'il faut la voile et on met la barre droite. Le virement lof pour lof est terminé, on fait route dans la nouvelle direction bâbord amure.



Louvoyer ou tirer des bords.

On a vu qu'il était impossible d'avancer dans la direction d'où vient le vent.

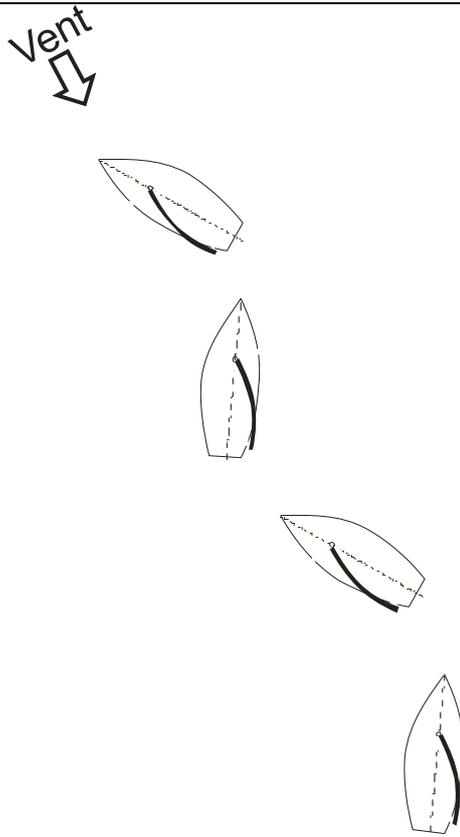
Si c'est la direction dans laquelle on désire aller il va falloir « tirer des bords » c'est-à-dire louvoyer et alterner tribord amure avec bâbord amure.

Dans ce cas on allonge la distance à parcourir.

Plus on serre le vent plus on réduit la distance. Mais moins on avance vite.

Inversement moins on serre le vent plus on augmente la vitesse mais plus on augmente également la distance.

Il y a donc un compromis à trouver entre le cap et la distance.



4. Le balisage

Le balisage en mer est l'équivalent des panneaux indicateurs qu'on rencontre en voiture sur la route. Le balisage est constitué principalement de marques qui indiquent des dangers et de marques qui indiquent des chenaux. Ces marques peuvent être des bouées flottantes, des tourelles ou des perches fixes.

Elles se repèrent par leurs formes, leurs chapeaux et leurs couleurs.

La nuit elles émettent des signaux lumineux qui permettent de les voir et de les reconnaître. On distingue plusieurs types de marques :

- Des marques latérales qui indiquent un chenal
- Des marques cardinales qui indiquent un danger et de quel côté franchir la marque.
- Des marques qui indiquent un danger isolé.
- Des marques spéciales.

Les marques latérales.

<p>Marques latérales Bâbord. Marque rouge avec un chapeau en forme de cylindre. En rentrant au port on doit laisser cette marque sur Bâbord.</p>	
<p>Marque latérale Tribord. Marque verte avec un chapeau en forme de cône. En rentrant au port on doit laisser cette marque à Tribord.</p>	
<p>Marques spéciales. Ces marques de couleur jaune peuvent indiquer des zones réservées ou des chenaux réservés aux engins de plage</p>	 <p>chenal Bâbord Chenal Tribord</p>

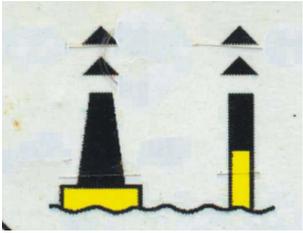
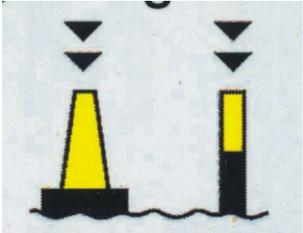
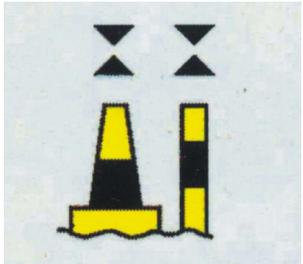
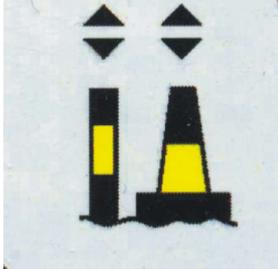
Pour se souvenir : BACYROUGE BAbord CYlindre ROUGE
 TRICOVERT TRiBord COne VERT

Les marques de danger

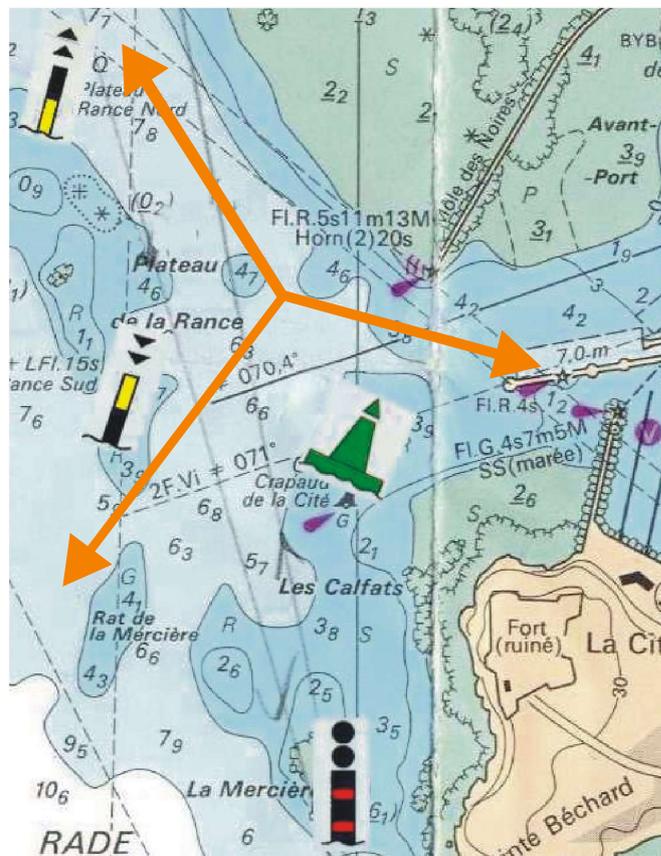
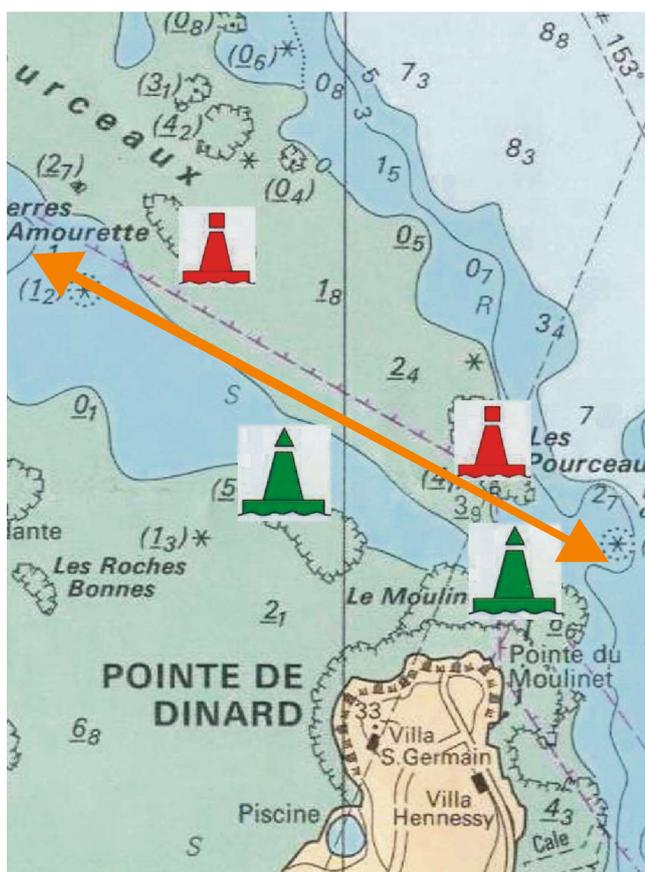
<p>Marque de danger isolé. Corps noir et rouge.. Chapeau : 2 boules noires. Ne pas s'approcher de cette bouée. Rester à bonne distance</p>	
---	---

Les marques cardinales.

Les marques cardinales indiquent un danger et le côté où il faut passer pour l'éviter.

<p>Les marques cardinales ont un corps de couleur jaune et noire et deux cônes de couleur noire.</p> <p>Marque cardinale Nord. 2 Cônes vers le haut. Partie noire du corps en haut. Partie jaune du corps en bas Le danger est dans le sud de cette marque. On doit donc passer au nord de cette marque. Je suis une Norddit la marque : passez dans mon Nord.</p>	<p>Franchir la marque de ce côté</p> <p>Nord</p>  <p>Sud</p> <p>Danger</p>
<p>Marque cardinale Sud 2 Cônes vers le bas Partie jaune du corps en haut. Partie noire du corps en bas. Le danger est dans le nord de cette marque. On doit donc passer au sud de cette marque. Je suis une Suddit la marque : passez dans mon Sud.</p>	<p>Nord</p> <p>Danger</p>  <p>Sud Franchir la marque de ce côté</p>
<p>Marque cardinale Ouest Le cône inférieur vers le haut, le cône supérieur vers le bas. Partie jaune du corps en bas et en haut. Partie noire du corps au milieu. Le danger est dans l'est de cette marque. On doit donc passer à l'ouest de cette marque. Je suis une Ouestdit la marque : passez dans mon Ouest.</p>	<p>Est</p> <p>Danger</p>  <p>Ouest</p> <p>Franchir la marque de ce côté</p>
<p>Marque cardinale Est La pointe haute vers le haut, la pointe basse vers le bas. Partie noire en bas et en haut. Partie jaune au milieu. Le danger est dans l'ouest de cette marque. On doit donc passer à l'est de cette marque. Je suis une Estdit la marque : passez dans mon Est.</p>	<p>Est</p> <p>Franchir la marque de ce côté</p>  <p>Ouest</p> <p>Danger</p>

A l'approche du port de Saint-Malo voici les marques que l'on rencontre et la façon de les franchir.



5. Comment se diriger en mer.

Plusieurs méthodes :

Si on est proche de la côte on observe le plan d'eau et on se réfère au balisage et à la côte.

Pour rentrer au port on utilise un chenal en laissant les marques latérales vertes à tribord et les marques latérales rouges à bâbord.

Pour s'en souvenir pensez à Bas si rouge (**B**abord **C**ylindre **R**ouge) et à Tricot vert (**T**ribord **C**ône **V**ert).

On peut aussi se référer à des alignements qui sont indiqués sur les cartes marines ou des alignements que l'on a trouvés soi même.

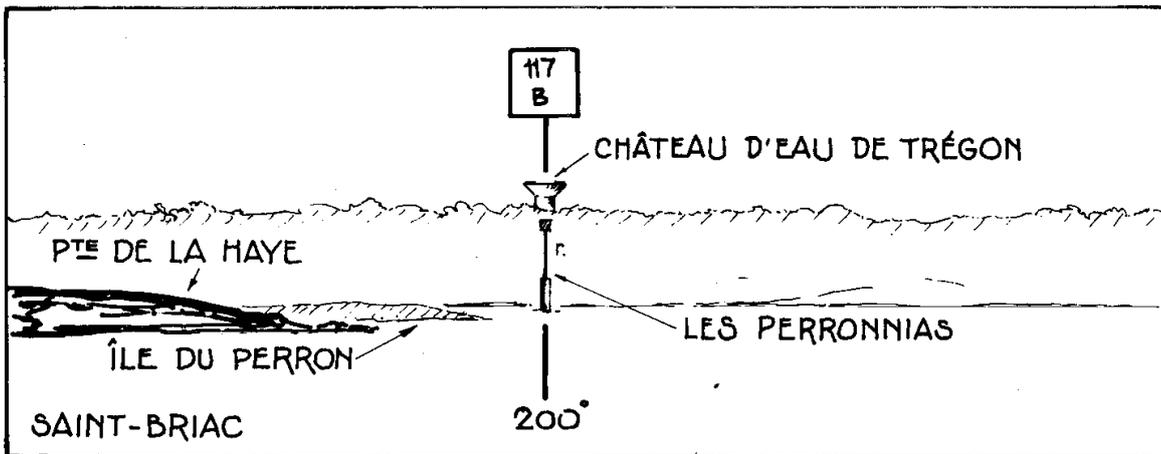
Alignements.

Un alignement est constitué de 2 ouvrages fixes que l'on peut observer :

des rochers, des clochers, des châteaux d'eau, des tourelles, des marques fixes, etc.

Exemple ci-dessous aligner le château d'eau avec la perche des Peronnias.

Cet alignement permet de passer entre l'île Agot et la côte.



Le compas.

Le compas est l'équivalent d'une boussole. C'est un instrument qui indique la direction prise par le bateau. En réalité le compas indique le nord et son aiguille aimantée est solidaire d'une rose des vents qui tourne donc avec l'aiguille. L'aiguille étant toujours orientée vers le nord c'est en fait le bateau qui tourne autour de l'aiguille.

La rose des vents est graduée de 0 à 360°

Le nord = 0°

L'est = 90°

Le sud = 180°

L'ouest = 270°



Le compas indique le cap suivi par le bateau mais ne tient pas compte du courant ni de la dérive due au vent..

Il convient donc d'effectuer la correction qui convient en fonction de la force et de la direction du courant et du vent pour arriver au point prévu.

6. Les marées.

Comme on peut le constater tous les jours à Saint-Malo, la mer « monte » et « descend » périodiquement recouvrant et découvrant plus ou moins la plage et les rochers.

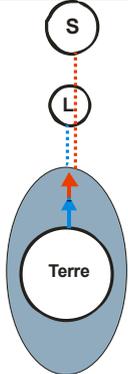
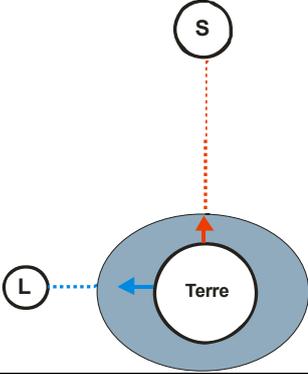
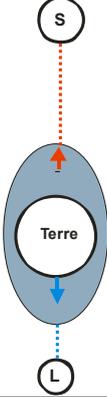
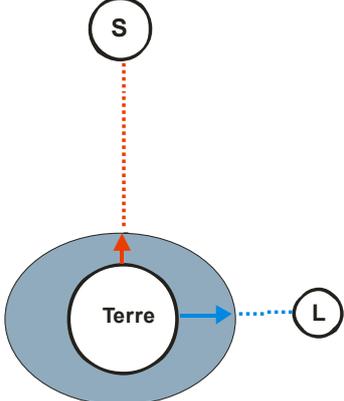
Ce phénomène se nomme la marée.

Ces variations de hauteur d'eau sont en relation avec les phases de la lune et sont fonction de la position relative des trois astres Terre, Lune, Soleil.

Ainsi la mer est attirée par le soleil et la lune.

Quand le soleil et la lune sont alignés l'attraction est maximum, on a une marée de vive eau.

Quand le soleil et la lune forment un angle droit avec la terre, l'attraction est minimum, on a une marée de morte eau.

<p>Alignement Soleil Lune Terre. Les 2 forces Lune et soleil s'ajoutent. Le renflement est maximum sur l'axe soleil lune terre. On est en grande marée de vive eau.. La mer monte très haut et descend très bas. C'est la nouvelle lune</p>	
<p>Soleil Lune et Terre forment un angle droit Les forces du soleil et de la lune se contrarient mais l'action de la lune est prépondérante car elle est très proche de la terre, le renflement est donc maximum sur l'axe terre lune. On est en petite marée de morte eau. La mer monte peu et descend peu. C'est le 1^{er} quartier</p>	
<p>Alignement Soleil Terre Lune On retrouve une situation analogue à l'alignement soleil lune terre avec une marée de vive eau C'est la pleine lune</p>	
<p>Soleil, Lune, Terre forment un angle droit On retrouve une situation analogue au 1^{er} quartier avec une marée de morte eau. C'est le dernier quartier</p>	

Evolution de la marée au cours de la journée.

Quand la mer est à son maximum de hauteur c'est la pleine mer (PM)

Quand la mer est à son plus bas niveau c'est la basse mer (BM)

La différence de niveau entre une pleine mer et une basse mer consécutives s'appelle le **marnage**.

Il y a 2 pleines mers et 2 basses mers au cours d'une journée.

Mais la journée ne fait pas 24 heures. Elle fait 24h50 soit environ 12h25 pour une marée complète (1 PM et 1 BM) il en résulte que les heures de PM et de BM se décalent tous les jours d'environ 50 minutes.

Et que l'**heure-marée** (durée d'une PM ou durée d'une BM divisée par 6) ne fait pas non plus une heure mais entre 0h54 et 1h06.

Voilà pour la théorie.

En pratique le marin a besoin de savoir la hauteur de la marée à une heure donnée.

Il va donc falloir faire quelques petits calculs.

Règles des douzièmes.

Pour compliquer un peu les choses la mer ne monte pas et ne descend pas à une vitesse uniforme.

Pour éviter de faire des calculs complexes on a observé ce qui se passe au cours d'une marée.

On a constaté que pendant la 1^{ère} heure-marée la mer monte ou descend de 1/12 du marnage puis de 2/12 pendant la 2^{ème} heure-marée puis de 3/12 pendant la 3^{ème} heure-marée pour redescendre de la même manière jusqu'à la 6^{ème} heure comme le montre le tableau ci-dessous.

Douzièmes						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8			3 douzièmes	3 douzièmes		
9						
10		2 douzièmes			2 douzièmes	
11						
12	1 douzième					1 douzième
Heures	1ère heure	2ème heure	3ème heure	4ème heure	5ème heure	6ème heure

Exemple de calcul de marée pour le 7 juin 2012.

L'annuaire des marées donnait les informations suivantes :

	Heures	Hauteur
BM	04h40	1,15 m
PM	10h01	12,10 m

A partir de ces données on doit calculer :

- La durée de la marée
- Le marnage.
- L'heure-marée.
- Le douzième.
- Les heures et hauteurs pour chacune des 6 heures-marées.

Calcul de marée - Méthode des douzièmes.		
Port : Saint-Malo journée du 7 juin 2012.		
	Heures	Hauteur
BM	04h40	1,15 m
PM	10h01	12,10 m
	Durée marée	Marnage
	10h01 - 4h40	12,10 - 1,15
	5h21	10,95 m
	Heure-Marée	Douzième
	5h21/6	10,95/12
	0h53	0,9125
	Heures	Hauteurs
BM	4h40	1,15
1ère heure	5h33	2,06
2ème heure	6h27	3,89
3ème heure	7h20	6,63
4ème heure	8h14	9,36
5ème heure	9h07	11,19
6ème heure	10h01	12,10

L'inconvénient de ce tableau est qu'il ne fournit des valeurs que toutes les heures et qu'il ne donne pas d'information directe sur les valeurs intermédiaires.

La méthode ci-dessous qui s'appuie sur la méthode des douzièmes, permet de réduire le nombre de calculs et de fournir les heures et hauteurs intermédiaires. On utilise pour cela le graphique ci-dessous qui affiche les hauteurs de la marée sur l'axe vertical et les heures sur un demi cadran d'horloge sur l'axe horizontal.

Voir page suivante comment remplir ce même graphique avec les éléments de la marée du 7 juin 2012.

Port de St Malo Marée du :

	Heures	Hauteurs
BM		
PM		

Durée de la marée (PM-BM)
 Heure marée (PM-BM) / 6

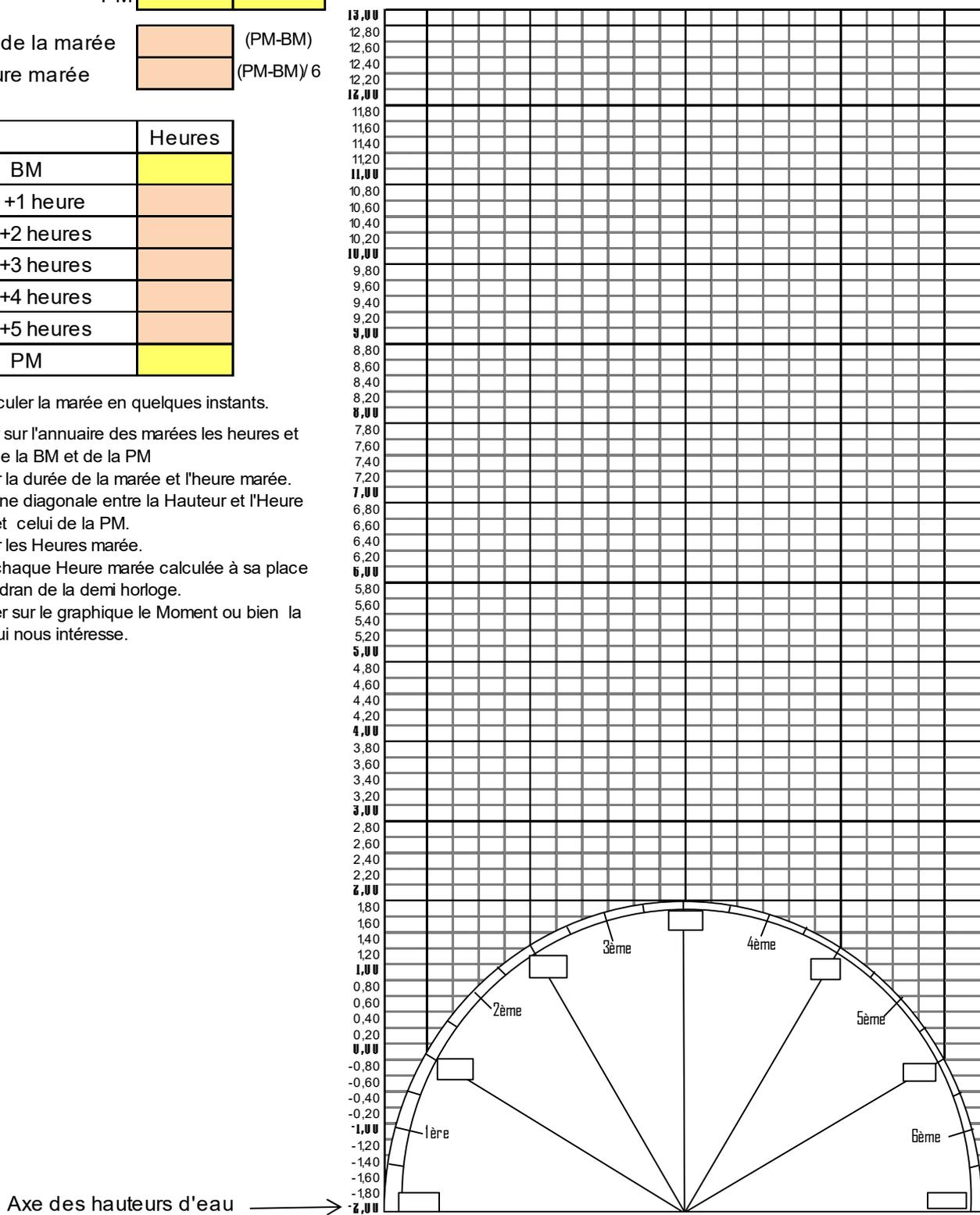
	Heures
BM	
BM +1 heure	
BM +2 heures	
BM +3 heures	
BM +4 heures	
BM +5 heures	
PM	

Calculer la marée en quelques instants.

- 1- Relever sur l'annuaire des marées les heures et hauteurs de la BM et de la PM
- 2- Calculer la durée de la marée et l'heure marée.
- 3-Tracer une diagonale entre la Hauteur et l'Heure de la BM et celui de la PM.
- 4- Calculer les Heures marée.
- 5- Placer chaque Heure marée calculée à sa place dans le cadran de la demi horloge.
- 6- Localiser sur le graphique le Moment ou bien la Hauteur qui nous intéresse.

Remplir les zones colorées :

Informations données par l'annuaire des marées
 Informations à calculer.



Le graphique ci-dessous donne l'exemple de la marée du 7 juin 2012.

On constate que la diagonale de marée donne un résultat assez proche du calcul théorique, largement suffisant pour les besoins du pêcheur ou du plaisancier.

Port de St Malo Marée du 7 juin 2012

	Heures	Hauteurs
BM	04:40	1,15
PM	10:01	12,10

Durée de la marée	05:21	(10 h 0 1 - 4 h 4 0)
Heure marée	00:53	(5 h 2 1 / 6)

	Heures
BM	04:40
+1 heure=4h40+0h53	05:33
+2 heures=5h33+0h53	06:27
+3 heures=6h27+0h53	07:20
+4 heures=7h20+0h53	08:14
+5 heures=8h14+0h53	09:07
PM	10:01

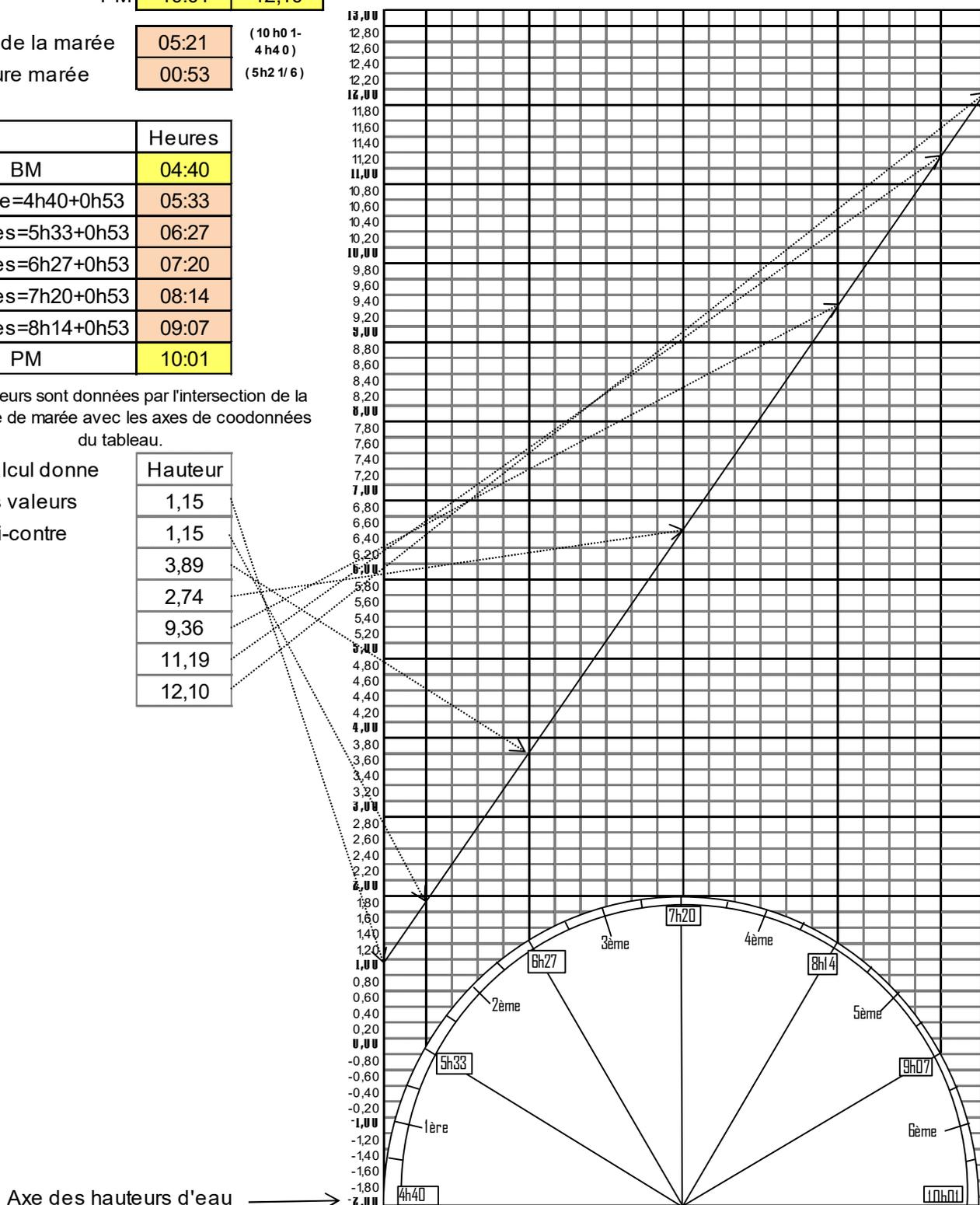
Les hauteurs sont données par l'intersection de la diagonale de marée avec les axes de coordonnées du tableau.

Le calcul donne les valeurs ci-contre

Hauteur
1,15
1,15
3,89
2,74
9,36
11,19
12,10

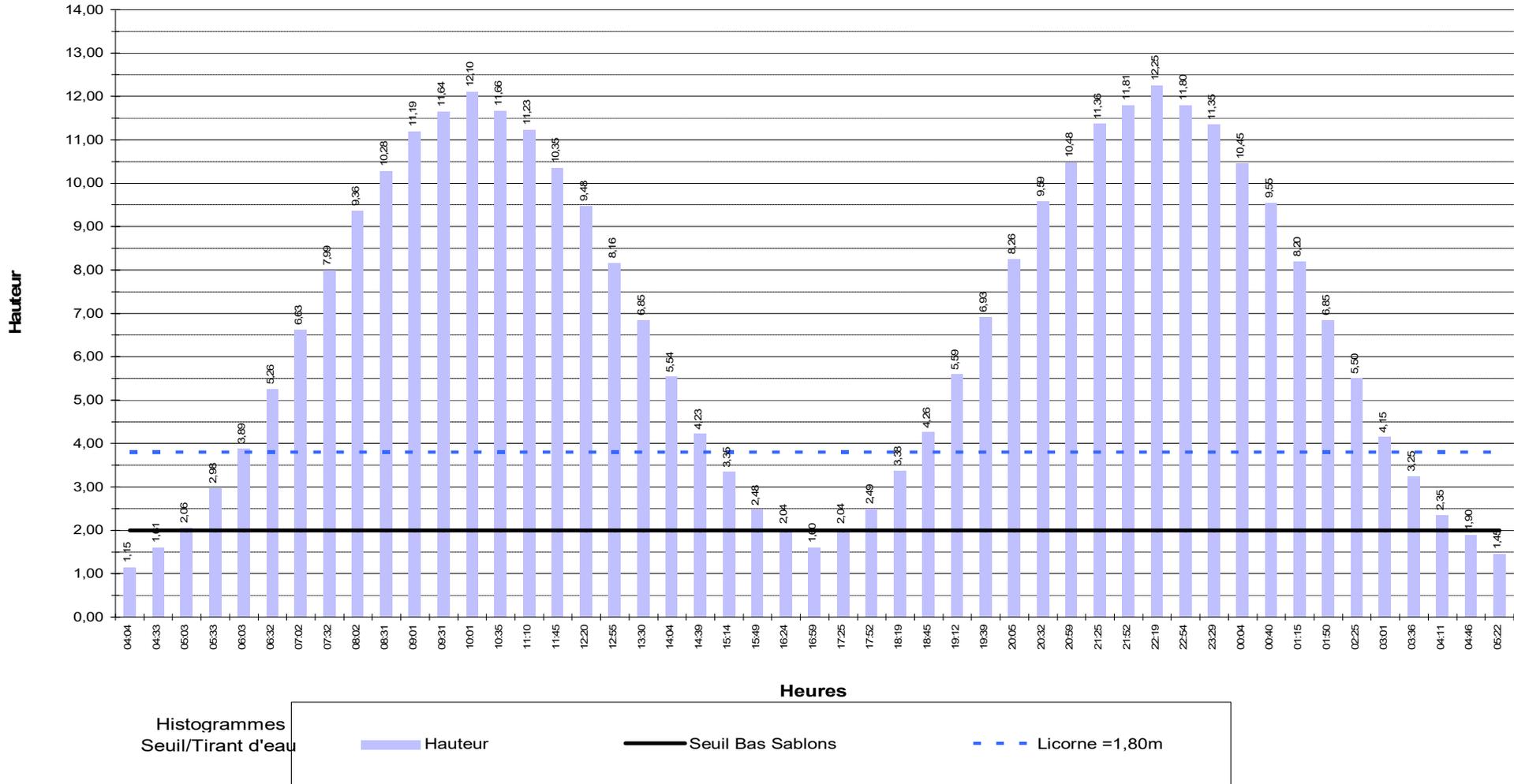
Remplir les zones colorées :

- Informations données par l'annuaire des marées
- Informations à calculer.



La courbe suivante montre les 2 pleines mers et les 2 basses mers pour la journée du 7 juin.2012.
 Les hauteurs d'eau sont données toutes les 30 minutes. Le seuil des Bas sablons qui est égal à 2 mètres est indiqué par le trait noir.
 La hauteur d'eau nécessaire pour que la Licorne puisse franchir le seuil (en prenant une marge de sécurité) est indiquée par le trait pointillé bleu.
 On voit que la Licorne ne peut ni entrer ni sortir entre 15h et 18h30.

Marée de Saint-Malo du 07 juin 2012



7. Les courants.

Les courants marins sont engendrés par le déplacement horizontal de la masse d'eau.

Ils se caractérisent par leur direction et leur vitesse en un point donné.

Des cartes spéciales donnent les informations nécessaires à la navigation (voir ci-dessous)

Pour ce qui concerne l'atelier voile on se limitera à la baie de Saint-Malo et on appliquera une règle simple qui sera suffisante pour nos navigations.

Pendant la durée d'une marée montante on considère que l'on remplit la baie du Mont Saint-Michel et que pendant la durée de la marée descendante on vide la baie du Mont Saint Michel.

Donc :

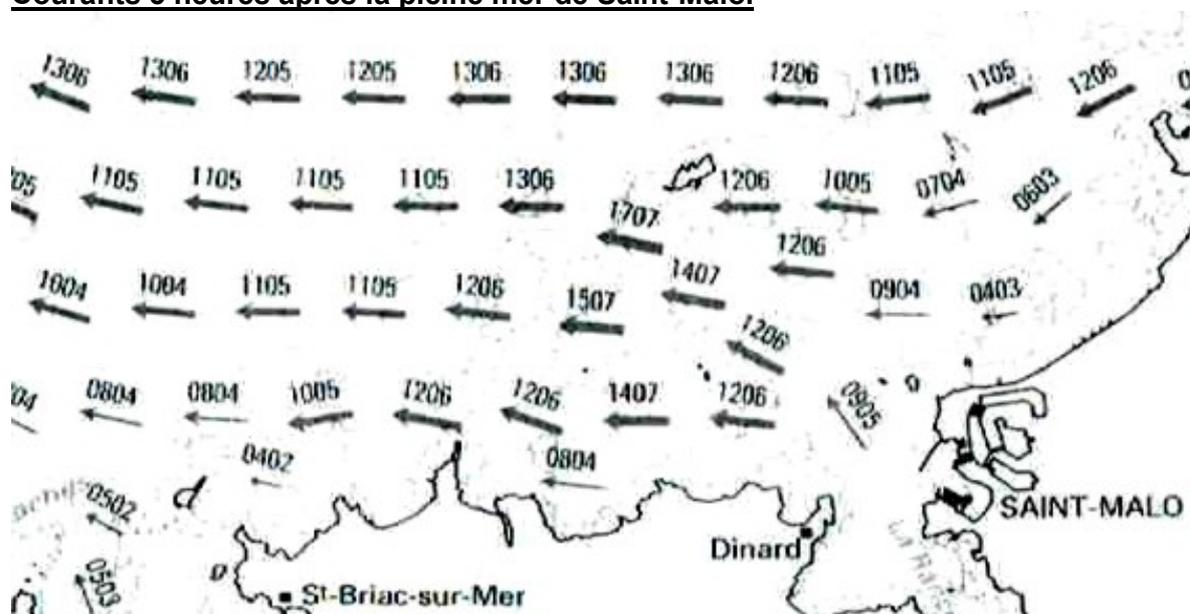
A marée montante les courants portent vers l'est c'est-à-dire vers la pointe du Grouin.

A marée descendante les courants portent vers l'ouest c'est à dire vers le cap Fréhel.

Dans la mesure du possible on naviguera dans le sens du courant.

Ci-dessous exemple de carte de courant. Les flèches indiquent la direction du courant et les chiffres la vitesse en dixième de nœuds 1306 = 1,3 nd en marées de vives eaux et 0,6 nds en marées de mortes eaux.

Courants 3 heures après la pleine mer de Saint-Malo.



Courants 3 heures avant la pleine mer de Saint malo



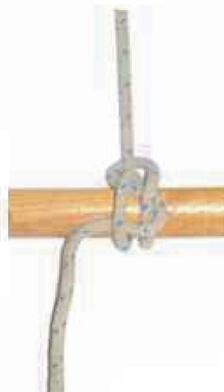
8. Matelotage.

Quelques nœuds à connaître.

Chaque nœud assure une fonction.

On distingue :

- Les nœuds d'arrêt (nœud de 8, nœud de capucin nœud de plein poing))
- Les nœuds d'amarrage (nœud de drisse de bonnette, nœud de cabestan)
- Les nœuds d'ajut qui permettent de raccorder 2 cordages (nœud de pêcheur, nœud plat)
- Les nœuds à boucle (nœuds de chaise)



Noeud de drisse de bonnette



Noeud de cabestan



1 tour mort et 2 demi clés



Noeud de grappin



Noeud de capucin



Noeud de bosse



Noeud de pêcheur



Noeud de 8



Noeud de chaise



Noeud de chaise double



Noeud de plein poing



Noeud plat

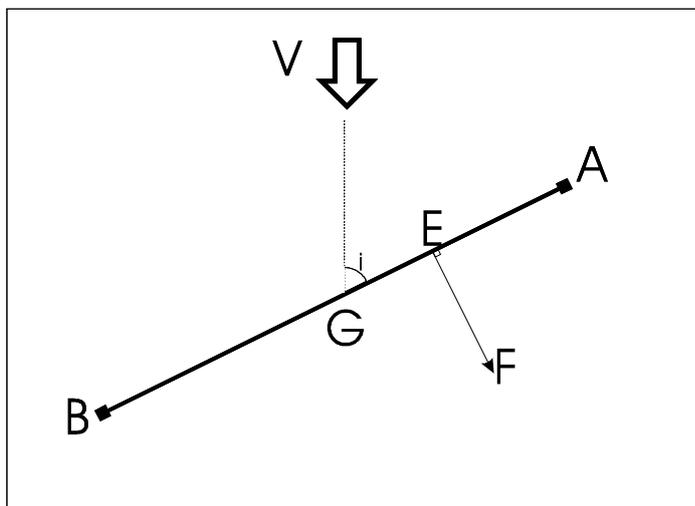
9. Fonctionnement d'un voilier.

Action du vent;

L'action du vent sur une voile AB est la résultante F des pressions exercées par l'air sur une de ses faces et par la dépression créée sur l'autre face.

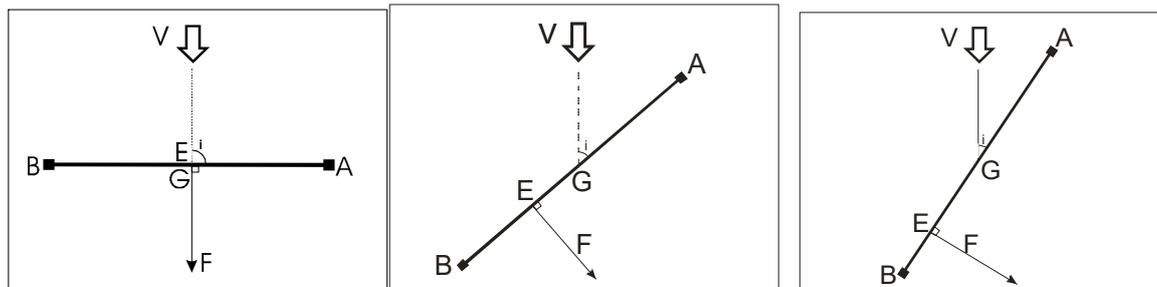
Cette force F appliquée sous le vent et perpendiculaire à AB est fonction de la surface S de la voile, de la vitesse V du vent apparent ainsi que de sa direction relative, autrement dit son angle d'incidence i avec la voile AB.

$$F = S.V^2.f(i)$$



Dans la pratique on admet que F reste constante pour tout angle $i > 25^\circ$. Elle tombe brutalement en dessous de 25° (décrochage des filets d'air par turbulence).

D'autre part le centre d'effort E, c'est à dire le point d'application de la force F (situé normalement au centre de gravité G de la voile quand le vent souffle perpendiculairement à celle-ci) se déplace vers la direction du vent à mesure que l'angle i décroît.



Le vent est perpendiculaire à la voile, l'angle $i = 90^\circ$, le centre d'effort E est appliqué au centre de gravité G, la distance $GE = 0$

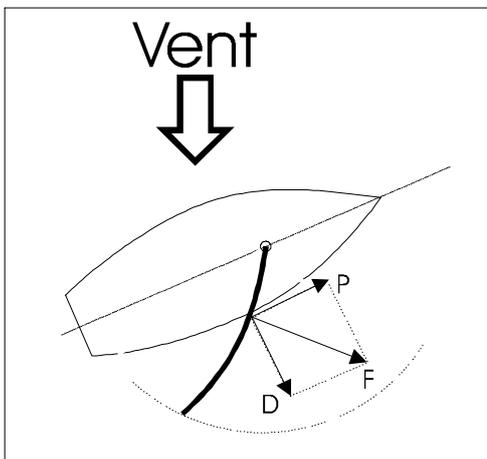
L'angle $i = 45^\circ$, le centre d'effort E s'est déplacé vers l'arrière.
La distance $GE = 0,5 GA$

L'angle $i = 25^\circ$, le centre d'effort E s'est déplacé encore plus vers l'arrière.
La distance $GE = 0,75 GA$

La force F reste constante.

Propulsion et dérive.

La force F travaille en se décomposant sur 2 axes rectangulaires passant par le centre d'effort E. L'un de ces axes est parallèle à la quille.

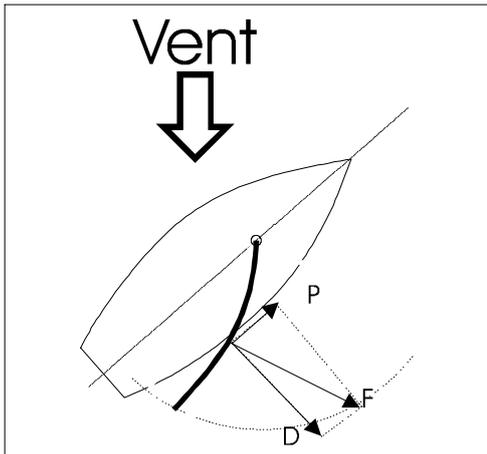


1^{er} cas.

Voile bordée sous le vent.

La force F projetée sur l'axe perpendiculaire à la quille donne une force D agissant transversalement et engendrant une dérive.

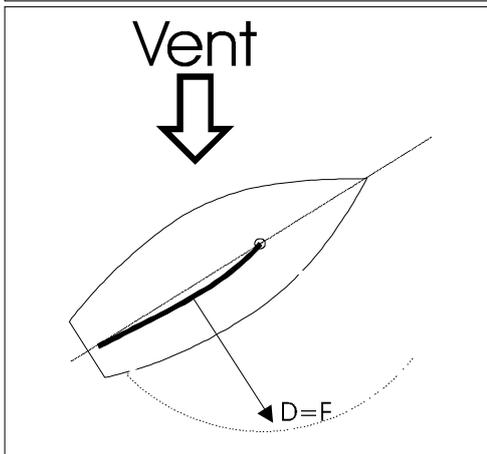
La force F projetée sur l'axe parallèle à la quille donne une force P agissant vers l'avant et engendrant une propulsion.



En bordant davantage la voile, la force F, toujours perpendiculaire à la voile s'écarte de l'avant.

Sa projection P diminue et sa projection D augmente.

Tant que l'angle du vent et de la voile reste inférieur à 25° incidence de cet angle est pratiquement sans effet. Donc plus on borde une voile, plus on diminue sa force propulsive et plus on augmente sa force de dérive.

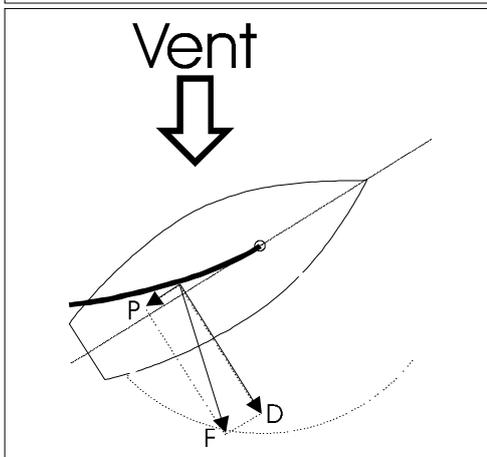


2^{ème} cas

Voile bordée plat.

La force propulsive P est nulle et la dérive D maximale est devenue la force F.

Une voile bordée plat ne provoque qu'une forte dérive.

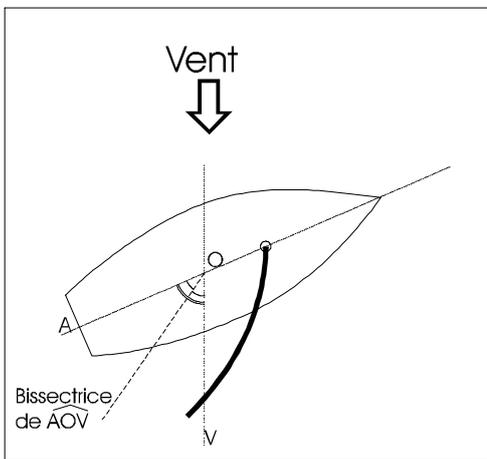


3^{ème} cas

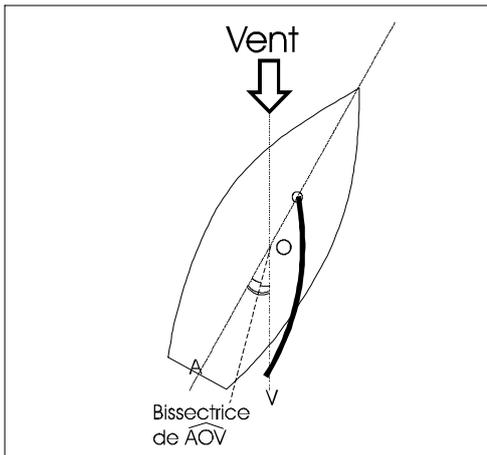
Voile bordée au vent.

En continuant à déplacer la bordure au delà de l'axe longitudinal du bateau, la dérive D commence à décroître au profit la force propulsive P qui au contraire augmente.

La force propulsive est maintenant dirigée vers l'arrière et le bateau se met donc à culer

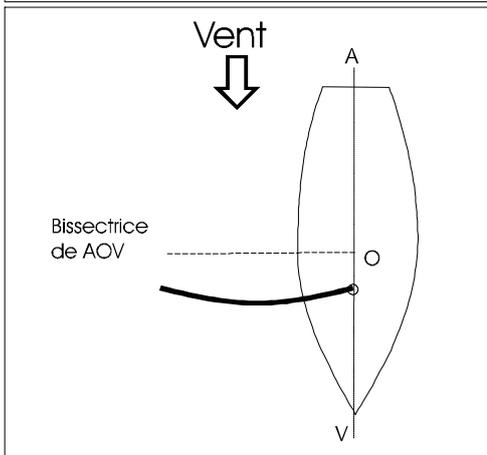


Dans la pratique on peut considérer que le rendement maximum d'une voile est obtenu quand celle-ci est orientée au voisinage de la bissectrice de l'angle, formé sous le vent, par la direction du vent **vrai** et la direction d'où vient le bateau.
Angle AOV sur le schéma ci-contre.



Au près serré l'angle AOM est très fermé.
La bissectrice se rapproche de l'axe du bateau.

La voile parallèle à la bissectrice est bordée au maximum.



Au vent arrière l'angle AOM devient un angle plat (180°)
Sa bissectrice forme donc un angle droit avec l'axe du bateau.
La voile parallèle à la bissectrice est alors débordée au maximum.

10. Notions de Météorologie

Principes physiques de base

Pression atmosphérique.

C'est le poids de la colonne d'air par unité de surface dans un lieu donné.

L'unité de pression est le Pascal (Pa)

1 Pascal = une force de 1 newton sur 1 m² soit 101.325 Pa au niveau de la mer.

On utilise l'hecto Pascal qui vaut 100 Pascal pour des raisons de facilité.

La valeur moyenne de la pression au niveau de la mer = 1013,25 hPa.

Cette valeur correspond à une pression de 1 kg/cm² en unité non normalisée.

1 hPa = 1 mb (millibar).

La valeur moyenne de la pression atmosphérique dans nos régions tempérées varie de 950 hPa à 1040 hPa.

Les valeurs extrêmes relevées = 1085 hPa en Sibérie et 870 hPa dans un typhon dans le Pacifique ouest.

La pression étant la conséquence du poids de la colonne d'air, elle diminue donc quand on s'élève :

1 hPa pour 8,40 mètres ou encore 1,2 hPa tous les 10 mètres, ce qui donne :

850 hPa à 1.500 mètres

500 hPa à 5.500 mètres.

Densité de l'air.

La pression atmosphérique dépend de la densité de l'air et de sa température.

La densité de l'air = 1 mais elle varie avec la température.

1 m³ d'air = 1,3 kg au niveau de la mer.

La densité de l'air augmente quand la température diminue.

La densité de l'air diminue quand la température augmente.

Conséquence :

L'air chaud monte et l'air froid descend.

L'air est donc plus dense dans les couches basses et moins dense dans les couches hautes.

Température.

La température de l'air diminue avec l'altitude dans la troposphère.

Ex : de 6° de 0 à 1.000 mètres.

A la limite de la troposphère (tropopause) on rencontre les températures suivantes :

-50° au pôles entre 4.000 et 8.000 mètres

-80° à l'équateur entre 15.000 et 17.000 mètres.

- Au-delà de la tropopause la température ré augmente jusqu'à 0° à 80.000 mètres.

L'Hygrométrie.

C'est la mesure de l'humidité de l'air, c'est à dire la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air.

La quantité de vapeur d'eau pouvant être contenue dans l'air est fonction de la pression atmosphérique et de la température :

4 grammes par kg à 0°

27 grammes par kg à 30°

A 20° et pour une pression de 1.000 hPa, 1 kg d'air peut contenir 15 gr de vapeur d'eau. C'est le maximum (pour ces conditions) on dit qu'il est saturé.

Au-delà, il y a condensation, c'est à dire transformation en eau (pluie, neige ou brouillard).

Circulation générale de l'atmosphère.

L'atmosphère est mise en mouvement par l'énergie apportée à la terre par le soleil.

L'énergie reçue varie en fonction de la latitude.

La quantité d'énergie reçue par unité de surface est plus importante à l'équateur qu'aux pôles.

Il fait donc très froid aux pôles et très chaud à l'équateur.

Au milieu, où nous sommes, c'est la zone tempérée, où naissent les perturbations.

A l'équateur l'air surchauffé par l'énergie solaire s'élève dans l'atmosphère en créant des dépressions : le célèbre Pot au noir.

L'air en s'élevant se refroidit et redescend sur les tropiques et contribue à la création des zones désertiques. L'air chaud s'échappe des zones de tropiques et remonte vers les latitudes tempérées.

Aux pôles, l'air de plus en plus froid crée une zone de haute pression, sous la pression des masses d'air froid s'échappent et descendent vers les latitudes tempérées.

Une circulation générale théorique s'établit donc :

- En surface, du nord au sud, dans l'hémisphère nord et inversement dans l'hémisphère sud ;
- En altitude, du sud au nord dans l'hémisphère nord.

Si la terre ne tournait pas on aurait toujours des vents de nord mais elle tourne et la force de Coriolis dévie les particules en mouvement vers la droite en regardant vers le sud.

Les masses d'air s'échappant du pôle nord sont donc déviées par la force de Coriolis et entraînées vers la droite en provoquant des vents de nord est.

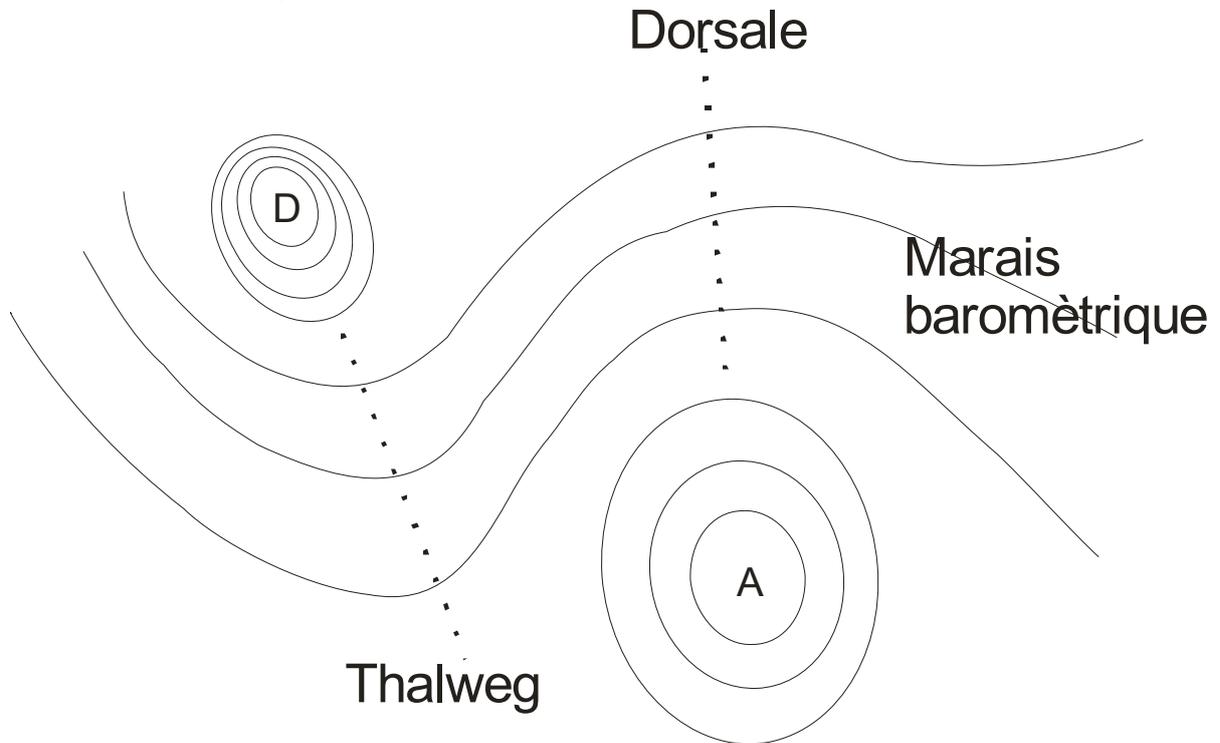
Au niveau de la zone tempérée les masses d'air froid descendant du pôle rencontrent les masses d'air chaud remontant des tropiques en provoquant des tourbillons et des contre courants.

A ce niveau la circulation générale devient un flux d'ouest en est.

Cartes isobariques.

- Elles représentent les champs de pressions au moyen de lignes appelées ISOBARES qui relient les points de l'atmosphère de même valeur de pression, ramenées au niveau de la mer.
- Les phénomènes atmosphériques sont souvent liés à des formes particulières du champ des isobares :
 - Dépressions
 - Thalweg
 - Anticyclone
 - Dorsale

Marais barométrique.



- Les basses pressions entraînent des mouvements horizontaux qui se traduisent par du vent. Et des mouvements verticaux ascendants qui se traduisent par des précipitations.
- Les zones de basses pressions sont des zones perturbées de mauvais temps.
- Les hautes pressions entraînent des mouvements horizontaux faibles Et des mouvements verticaux descendants (subsidiants)
- Les zones de hautes pressions sont des zones calmes de beau temps.

Carte de fronts.

- Elles montrent les fronts et leurs mouvements et sont préparées par le prévisionniste à partir des cartes de données brutes dessinées par le calculateur qui ne montre pas les fronts.

Les fronts.

- Ce sont les surfaces de séparation entre 2 masses d'air de caractéristiques différentes.
- On distingue :
- Des fronts froids ;
- Des fronts chauds ;
- Des fronts occlus.
- Des fronts stationnaires.

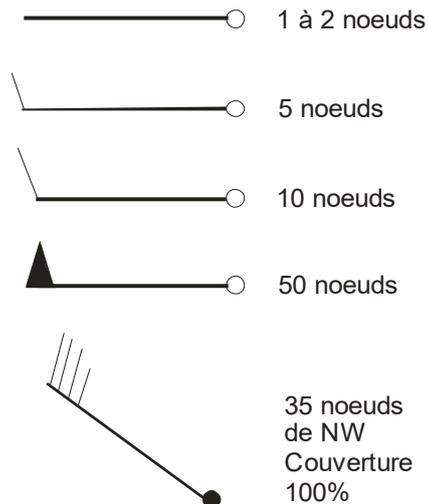


Le prévisionniste détermine les fronts en fonction :

- De la forme des isobares
- Des photos satellitaires (bande frontale souvent visible)
- Des cartes 500 hPa
- Des prévisions de couverture nuageuses (données sur certaines cartes).

Informations des cartes de surface.

- Un fond de carte avec grille de latitude longitude et ligne de côte.
- Des isobares.
- Des centres d'action et des fronts.
- Des observations (Vent force/vitesse)
-



Force et direction du vent

Force de Coriolis.

C'est une force qui s'exerce sur tout corps en mouvement à la surface terrestre, et produite par l'accélération complémentaire due à la rotation de notre planète. Cette force dévie les corps vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud.. La force de Coriolis est d'une importance capitale car elle agit sur le vent, les courants océaniques et les trajectoires des missiles et des fusées.

Loi de Buys-Ballot.

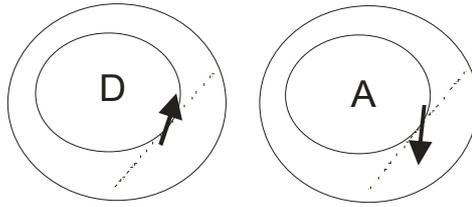
La loi de Buys-Balot s'énumère ainsi :

- La direction du vent (en atmosphère libre), suit la tangente aux isobares.
- Sens du vent :
Face au vent (dans l'hémisphère nord), les basses pressions sont à droite.
Donc le vent tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre dans les dépressions (dans l'hémisphère nord) Et dans le sens des aiguilles d'une montre dans les anticyclones.
- La force du vent est directement proportionnelle à l'écartement des isobares. Plus les isobares sont serrées plus le vent est fort.

Aménagements de la loi de Buys-Ballot.

Frottement.

Au voisinage du sol le frottement diminue la force du vent et dévie le vent vers les basses pressions. Le vent rentre dans les dépressions et sort dans les anticyclones.



La déviation est de 20° en mer et de 40° sur terre.

La vitesse est réduite de 2/3 par rapport à ce qu'elle serait en atmosphère libre.

Stabilité.

Flux stable = enlever 5 nœuds.

Flux instable = ajouter 5 nœuds.

Courbures.

Courbure anticyclonique = ajouter 5 nœuds.

Courbure cyclonique = retrancher 5 nœuds

10 nœuds si la courbure est importante.

Calcul de la vitesse du vent.

Méthode de calcul de la vitesse du vent à partir des cartes d'isobares.

- Relever le gradient de pression.
- Voir la correspondance dans les tableaux $f(\text{lat})$ et $f(\Delta \text{ press})$
- Prendre les 2/3 de la valeur.
- Effectuer les corrections.

Exceptions à la loi de Buys-Ballot.

En dessous de 20° de latitude.

A proximité des reliefs.

Dans les détroits.

Formation des dépressions.

Les perturbations se forment préférentiellement dans les zones à fort contraste de température donc de densité.

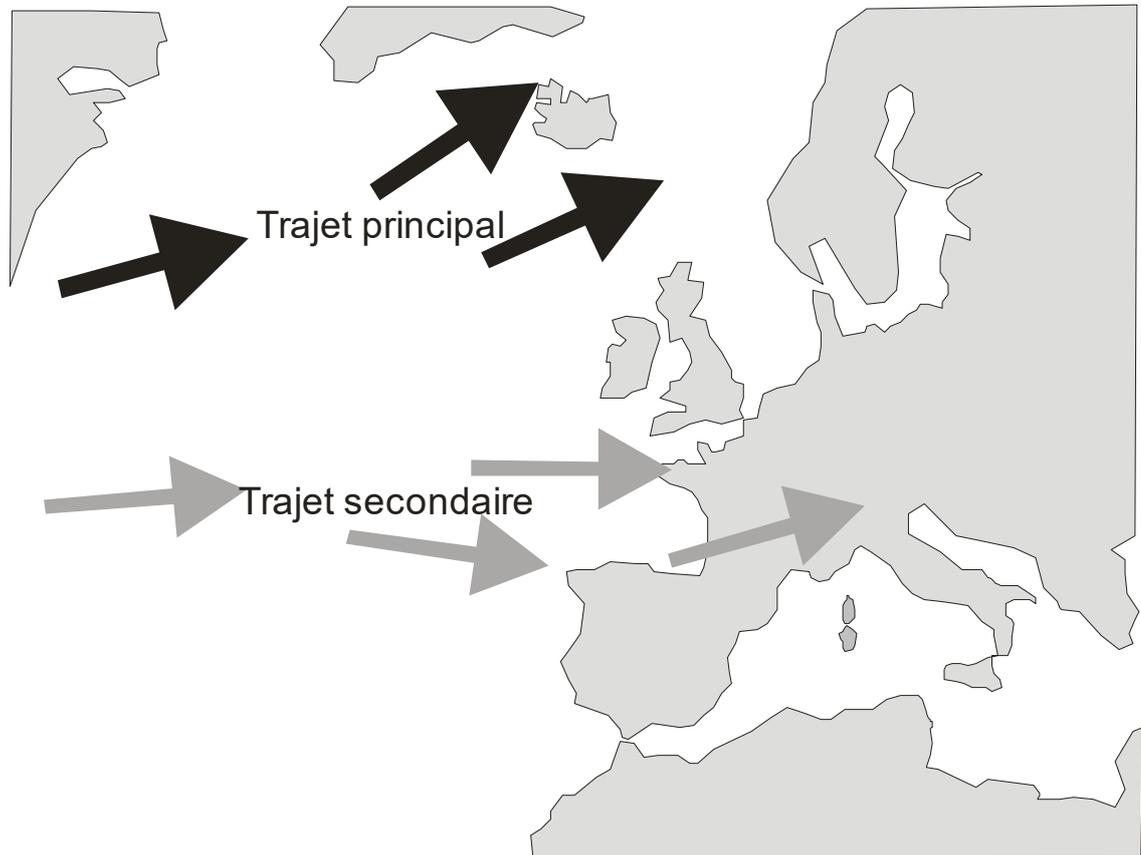
C'est le cas de nos zones tempérées où voisinent des masses d'air polaire et tropical.

La circulation est imposée par la rotation de la terre qui amplifie les contrastes thermiques et favorise le creusement des dépressions.

Le trajet principal dans l'atlantique nord est un flux d'ouest en est axé au niveau du 60^{me} parallèle.

Un trajet secondaire est observé au niveau du 50^{ème} Sa direction est plus Est

Déplacement à la vitesse de 15 à 40 nœuds.



Naissance de la dépression.

- Apparition d'une structure nuageuse en S avec un déplacement faible.

Jeunesse de la dépression.

- Les fronts se mettent en place
- L'angle entre le front chaud et le front froid est très ouvert.
- Le déplacement est rapide.
- Le centre dépressionnaire est superposé avec le point de rencontre des fronts, l'enroulement commence à apparaître.

Maturité de la dépression.

- Le creusement s'accroît.
- Les fronts sont bien individualisés.
- Le front froid rattrape le front chaud.
- L'angle se ferme, la zone centrale s'étend et commence à donner un front mixte = front occlus.
- Le front froid est marqué par une courbure brutale des isobares et une bascule du vent au nord ouest précédée d'une bascule sud ouest ou sud sud ouest 1 heure avant à l'approche du front froid (le vent s'oriente parallèlement au front froid et tourne temporairement à gauche).

Vieillessement de la dépression.

- C'est la phase d'occlusion fréquente à l'approche des côtes européennes.

Signes annonciateurs de gravité.

- Le baromètre descend de + de 5 hPa en 3 heures
- La pression du baromètre se rapproche ou devient inférieure à la valeur du centre prévu de la dépression : elle a accéléré et/ou elle s'est creusée.
- La pression baisse et le vent reste au Sud-Est : le centre de la dépression est encore loin et la pression y est basse.

Unités de mesure de la vitesse du vent.

Plusieurs unités de mesure sont employées :

- Le nœud = 1 mille à l'heure et dont l'abréviation est souvent Kt (de l'Anglais Knot)
- Le mètre/seconde = à 2 nœuds
- Le Beaufort qui est une échelle de mesure de 1 à 12.

Jusqu'à 8 Beaufort :

Vitesse en Kt = 5 (Bf - 1)

Vitesse en Bf = (Vitesse en Kn / 5) - 1

Au-delà de force 8 :

Kt = 5 Bf

Bf = Kt/5

Remarques.

- Le front froid est plus redoutable que le front chaud.
- On rencontre un calme au centre de la dépression
- Le vent est plus violent dans la moitié sud de la dépression.

Il est donc important :

- De bien situer le centre de la dépression.
- De connaître sa vitesse de déplacement.
- De bien étalonner son baromètre.

Attention au front froid secondaire plus violent que le principal.

Il faut s'attendre à un front froid secondaire violent si après le passage du front froid principal le vent ne remonte pas au nord et pire encore s'il redescend au sud.