The background of the top section is a light blue map with various navigation diagrams overlaid. On the left, a large blue arrow points upwards, with labels 'a', 'b', and 'c' along its path. In the center, there is a compass rose labeled 'Nord' (North). To the right, a circular diagram shows a compass rose with several lines radiating from the center, labeled 'a', 'b', and 'c'. A small number '3' is visible in the top left corner of the map area.

Emmanuel Chazard

Navigation en catamaran de sport, pratique et théorie

Le cours complet et didactique pour connaître le catamaran, réaliser les manœuvres de base et avancées, comprendre la théorie, comprendre le plan d'eau et entretenir son matériel.



<http://editions.chazard.org>



Emmanuel Chazard est Professeur de Médecine à l'Université de Lille et au CHU de Lille. Il est titulaire de trois masters, une thèse de Médecine en Santé Publique, une thèse d'Université en biostatistique et informatique médicale, une Habilitation à Diriger des Recherches, et tout le tralala. Il occupe de nombreuses responsabilités (directions d'équipes, Conseil de l'Ordre des Médecins, collège d'enseignants CIMES, congrès EMOIS, etc.). Lorsqu'il s'ennuie, il se remémore le temps où, lycéen puis étudiant, il enseignait le catamaran... Il se décrit lui-même comme « un mec cool », ce qui est sa seule blague drôle. Il parle de lui à la troisième personne, et est vraisemblablement l'auteur de ces quelques lignes. Il n'a pas d'humour.

Trèves de plaisanteries, ce cours a été entièrement rédigé et illustré par l'auteur. La première version a été terminée en 1999, puis de nombreuses versions en ligne se sont succédé entre 2002 et 2024. En 2024, le cours a été complètement repris et transformé en ouvrage édité par <http://editions.chazard.org>. Il existe en une version PDF gratuite et une version papier couleur qui peut être commandée en ligne.

© 2024 Emmanuel Chazard

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tout pays. En application de la loi du 1^{er} juillet 1992, il est interdit de reproduire, même partiellement, la présente publication sans l'autorisation de l'auteur.

Dépôt légal auprès de la BnF 10000001041810

ISBN 978-2-9579934-0-6



Sommaire

Sommaire	3
Sigles	8
Préambule	9
Préparer le catamaran à terre	11
1 Désignation des axes, plans et directions	11
2 Anatomie d'un catamaran	12
3 Gréer, dégréer, en bref	14
4 Gréer un spinnaker asymétrique ou un gennaker	15
4.1 Définitions, cadre	15
4.2 Tangon	16
4.3 Spi dans un sac sur le trampoline.....	16
4.4 Spi avec avaleur de spi.....	18
4.5 Spi sur enrouleur	20
4.6 Comparaison des trois modes de gréement.....	22
5 Équipement de sécurité	23
5.1 Équipement personnel.....	23
5.2 Équipement du catamaran.....	23
Naviguer, manœuvrer	24
1 Notions de base	24
1.1 Allures et réglages de voiles.....	24
1.2 Manœuvres, changements de direction.....	27
2 Virement de bord.....	30
2.1 Préambule	30
2.2 Virement de bord standard	30
2.3 Virement en finesse	32
2.4 Virement de bord par vent faible.....	34
2.5 Virement par vent fort	34
3 Empannage.....	35

3.1	Préambule	35
3.2	Empannage standard	35
3.3	Empannage par vent fort	38
3.4	Empannage par vent faible.....	39
4	Sécurité.....	40
4.1	Resalage	40
4.2	Démâtage	46
4.3	Remorquage.....	46
4.4	Manœuvres avancées	47
5	Marche arrière classique, face au vent	48
5.1	Principes.....	48
5.2	Pourquoi les safrans vous veulent du mal	48
5.3	Position.....	49
5.4	Chronologie d'une mise en marche arrière face au vent	50
5.5	Chronologie d'un retour en marche avant.....	51
6	Départ et arrivée	52
6.1	Principes généraux des départs	52
6.2	Principes généraux des arrivées	52
6.3	Exemples de situations.....	52
7	Arrêt à la cape.....	57
7.1	Manœuvres d'arrêt à la cape et de départ.....	57
7.2	Applications à des cas particuliers.....	63
8	Remontée au vent, descente sous le vent	71
8.1	Graphiques polaires de vitesse en fonction de la direction.....	71
8.2	Louvoyage, gain au vent.....	73
8.3	Gain sous le vent.....	77
9	Navigation sous spi.....	80
9.1	Préambule, définitions	80
9.2	Envoyer et affaler en navigation	80
9.3	Manœuvrer sous spi.....	82
10	Marche arrière dos au vent.....	84
10.1	Intérêt.....	84
10.2	Position et fonctionnement	84
10.3	Chronologie d'une mise en marche arrière dos au vent.....	85
10.4	Chronologie d'un retour en marche avant	86

11	Navigation en solitaire.....	87
11.1	Sécurité et préparation du matériel	87
11.2	Départ et arrivée de plage	87
11.3	Virement de bord.....	87
11.4	Empannage	88
11.5	Arrêt à la cape	88
11.6	Marche arrière face au vent.....	88
11.7	Utilisation du spi	88
	Améliorer la pratique grâce à la théorie.....	90
1	Vent réel, vent vitesse, vent apparent	90
1.1	Définitions	90
1.2	Applications	92
1.3	Vent apparent courant	97
2	Aérodynamique : écoulement de l'air sur les voiles	100
2.1	Écoulement turbulent et laminaire	100
2.2	Écoulement sur une voile en fonction de l'incidence	100
2.3	Les rôles du foc et des voiles d'avant en général	103
2.4	Vent arrière : l'écoulement turbulent est inévitable	104
2.5	Remarque : application aux coques asymétriques	104
3	Réglage des voiles	106
3.1	Régler l'incidence de la voile	106
3.2	Régler la forme de la voile	107
3.3	La quête du mât.....	112
4	Forces de translation.....	113
4.1	Présentation générale.....	113
4.2	Force aérodynamique / Poussée vélique.....	113
4.3	Force hydrodynamique	115
4.4	Conséquences : forces et réactions, translation et rotation	115
5	Couples de rotation	118
5.1	Définition préalable.....	118
5.2	Plan frontal : prévention du dessalage.....	119
5.3	Plan sagittal : prévention de l'enfournement.....	122
	Comprendre l'environnement de navigation	126
1	Genèse des vents	126

1.1	A l'échelle planétaire.....	126
1.2	Système anticyclone / dépression	127
1.3	Brises thermiques	128
2	Marées, courant, lecture de cartes marines	131
2.1	Marées.....	131
2.2	Courants	138
2.3	Lecture de cartes marines	142
3	Balisage en mer	146
3.1	Préambule	146
3.2	Marques cardinales	147
3.3	Marques latérales	148
3.4	Marques ponctuelles.....	149
3.5	Balisage des plages.....	150
4	Priorités en mer.....	154
5	Navigation en milieu hostile.....	156
5.1	Navigation dans les mouillages	156
5.2	Navigation près des rochers	157
5.3	Navigation au-dessus des casiers de pêche	157
5.4	Navigation au-dessus des parcs à huîtres	158
	Comprendre, entretenir et améliorer le matériel	160
1	Mieux hisser et affaler la grand' voile	160
1.1	Hisser la GV	160
1.2	Renverser le catamaran à terre	161
1.3	Systèmes de hook (crochet) de grand' voile.....	162
1.4	Au sujet du palan de grand' voile.....	166
2	Comprendre et utiliser les comes de safrans	167
2.1	Fonctionnement.....	167
2.2	Problèmes et solutions	168
2.3	Réglages	169
3	Entretien ou restaurer une plateforme	170
3.1	La surface des coques.....	170
3.2	Les traverses en aluminium.....	173
4	Améliorer une mise à l'eau.....	176

4.1	Retenir votre mise à l'eau sans timon.....	176
4.2	Concevoir une remorque avec votre mise à l'eau.....	176
4.3	Bers légers	178
5	Installer un spi.....	179
5.1	Fournitures	179
5.2	Quelques pièces en particulier	180
6	Fabriquer une barre de redressement.....	183
6.1	Objet.....	183
6.2	Matériel requis	183
6.3	Situation générale.....	183
6.4	Détail des cordages.....	184
6.5	Utilisation	187
	Table des illustrations	190

Sigles

BM	Basse mer (marée basse)
Bf	Beaufort
E	Est
GV	Grand' voile
HLM	Homme à la mer
N	Nord
NE	Nord-Est
NW	Nord-Ouest
PM	Pleine mer (marée haute)
S	Sud
SE	Sud-Est
SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
SW	Sud-Ouest
UV	Ultra-violets
VDB	Virement de bord (virement face au vent)
W	Ouest

Préambule

Ce message s'adresse à toi, le Jeune. Si tu veux dominer le monde et asservir l'humanité, tu dois d'abord apprendre à piloter ton catamaran. C'est là que j'interviens : lis bien mon cours, ensuite seulement tu accompliras ton destin !

Je suis moniteur de voile depuis 1995. Ayant encadré (et subi) des stages de formation moniteur, j'ai souhaité mettre à votre disposition un cours illustré à la fois didactique et complet.

Pour ce qui concerne le niveau requis, nous supposerons que vous avez déjà réalisé au moins un stage de voile. Eventuellement, pour un adulte, la lecture de ce cours peut précéder le premier stage de voile, mais ne doit pas être considérée comme un prérequis. Pour ce qui concerne le niveau cible, ce cours correspond au niveau théorique et pratique de la formation de moniteur (il ne porte pas sur la formation pédagogique).

Ce cours présente la théorie utile à la pratique de la voile. Il tire parti d'une longue expérience en pédagogie. A divers endroits, j'attire votre attention sur des aspects pratiques ou théoriques particuliers : des "trucs" qu'on enseigne rarement. Ce sont des conseils très pratiques, que je vous recommande d'appliquer. En contrepartie, il faut être conscient (ce sera répété au besoin) que ce cours propose des explications simples et opérationnelles, mais parfois approximatives d'un point de vue physique. Ce risque est pris car les explications apportées ont une répercussion pratique immédiate.

Depuis sa mise en ligne en octobre 2002, ce cours s'est rapidement imposé comme étant la référence francophone sur internet. La première version de ce cours sous forme de livre a été préparée en 2024 seulement. Il existe désormais deux versions de ce cours : **une version PDF en téléchargement gratuit** sans inscription, et **une version papier couleur reliée**. Si vous appréciez cet ouvrage, n'hésitez pas à en parler et à la diffuser ! Les deux versions de ce cours sont disponibles sur <http://editions.chazard.org>.

Préparer le catamaran à terre

1 Désignation des axes, plans et directions

Dans l'ensemble de ce cours, nous définirons des axes plans et directions permettant une description univoque des structures, forces, déplacements, etc. Cette terminologie est celle utilisée en anatomie.

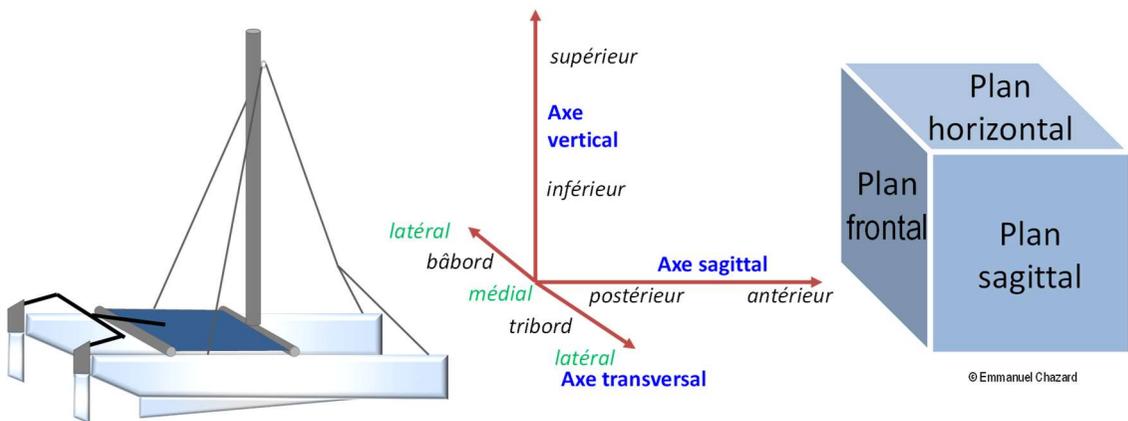


Figure 1. Axes, directions et plans

L'**axe vertical** est l'axe allant de bas en haut (celui du mât). Il détermine les directions « **inférieur** » et « **supérieur** ».

L'**axe sagittal** est l'axe allant d'arrière en avant (celui du tangon). Il détermine les directions « **antérieur** » et « **postérieur** ».

L'**axe transversal** est l'axe allant d'un côté à l'autre (celui des traverses). On parle de **bâbord** pour désigner le côté gauche du bateau, lorsque l'observateur est sur le bateau et regarde en avant. On parle de **tribord** pour le côté droit du bateau. Il est à noter que les termes bâbord et tribord, contrairement aux termes gauche et droite, s'entendent par rapport au bateau et non à l'observateur. En ce sens, ils sont nettement moins ambigus, et doivent systématiquement être préférés. La direction « **médiale** » correspond au centre du bateau, et s'oppose à la direction « **latérale** », qui désigne indifféremment bâbord ou tribord. On peut également parler du **côté sous le vent** pour désigner le côté du bateau duquel se trouvent les voiles, et du **côté au vent** pour désigner le côté du bateau le plus proche de l'origine du vent. Cette terminologie est plutôt utilisée pour décrire théoriquement le bateau gréé ou les manœuvres, indépendamment de l'amure du bateau (côté duquel le vent vient).

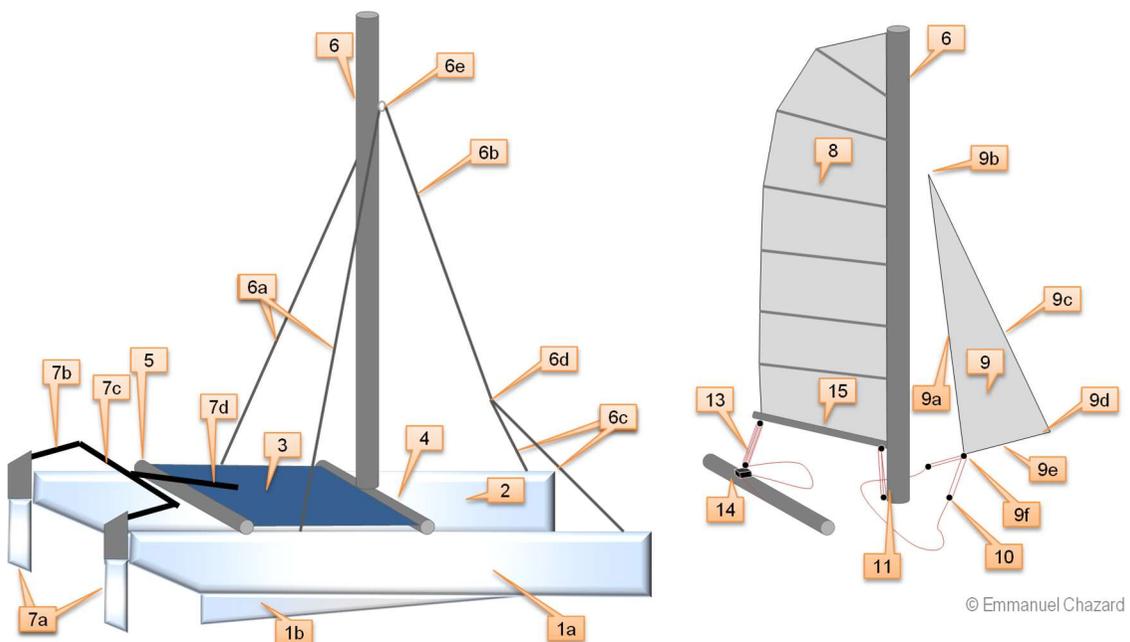
L'axe vertical et l'axe sagittal déterminent le **plan sagittal** (plan formé par l'arc et la flèche du sagittaire ; celui de la grand' voile lorsqu'elle est bordée à plat).

L'axe transversal et l'axe sagittal déterminent le **plan horizontal** (celui du trampoline).

L'axe transversal et l'axe vertical déterminent le **plan frontal**.

2 Anatomie d'un catamaran

Cette partie est supposée acquise, et nous nous contenterons de rappeler les principaux termes.



© Emmanuel Chazard

Figure 2. Anatomie descriptive d'un catamaran

Le texte ci-dessous constitue la légende de la Figure 2. La structure d'un catamaran est constituée de deux coques (1a : coque tribord, 2 : coque bâbord), éventuellement munies chacune d'un plan antidérive (1b) ou d'une dérive pivotante ou sabre (non-représentées ici). Ces deux coques sont reliées par une traverse avant (4) et une traverse arrière (5), elles-mêmes reliées entre elles par un trampoline (3). Le mât (6) est maintenu par deux câbles arrière et latéraux nommés haubans (6a), et en avant par un câble unique médial nommé étai (6b). A son extrémité inférieure, il se divise en deux pantoires (6c) au niveau de la patte d'oie (6d).

Le gouvernail est constitué de deux safrans immergés dans l'eau (7a), guidés par des barres (7b) reliées entre elles par une barre de liaison (7c), elle-même actionnée via un stick articulé (7d).

La grand' voile ou GV (8) est située en arrière du mât. Elle est le plus souvent tendue par des lattes elles-mêmes insérées dans des fourreaux. Elle est parfois rigidifiée en sa partie inférieure par une bôme (15). Son incidence est réglée à l'aide d'un palan d'écoute de GV (13), fixé à un chariot d'écoute (14). Le guindant de la GV peut être étarqué à l'aide du Cunningham (11). Le foc (9) est la voile d'avant. Il est réglé à l'aide d'écoutes de foc (10). Nous décrivons ses angles et bords, sachant que ces termes sont applicables à toutes les voiles. Le coin avant est le point d'amure (9d), le coin supérieur est le point de drisse (9b) et le coin postérieur est le point d'écoute (9f). Le bord antérieur est le guindant (9c), le bord postérieur est la chute (9a) et le bord inférieur est la bordure (9e).

3 Gréer, dégréer, en bref

Nous supposons que vous maîtrisez ces parties, et présenterons quelques brefs rappels.

Gréer consiste à hisser les voiles, installer les différents cordages à leur poste, et fermer les bouchons des coques. En cas de difficultés pour hisser la grand' voile, visitez le chapitre [Mieux hisser et affaler la grand' voile en page 160](#). Le catamaran doit impérativement être disposé **face au vent**. L'opération de gréer doit être réalisée assez près du rivage de manière que, une fois le bateau gréé, il puisse être transporté sur une courte distance et en restant principalement face au vent. Cette condition, assez souple par petit temps, devient intangible par fort vent. Certaines opérations seront réalisées de manière ultime une fois sur l'eau : fixer le palan de grand' voile, étarquer le cunningham et, le cas échéant, dérouler le foc.

Dégréer consiste à réaliser l'opération inverse. De la même manière que précédemment, une première série d'opérations est réalisée tant que le bateau est sur l'eau : détacher le palan de grand' voile, choquer le cunningham et, le cas échéant, enrouler le foc. Le bateau est ensuite sorti de l'eau face au vent. Dès que possible, la grand' voile doit être affalée. Les autres opérations peuvent être légèrement différées s'il est nécessaire de déplacer le bateau à terre : affalement du foc, retrait des différents cordages, vidange des coques, etc.

4 Gréer un spinnaker asymétrique ou un gennaker

4.1 Définitions, cadre

Le catamaran peut être équipé d'un spinnaker asymétrique, voire d'un gennaker (voile similaire mais plus petite et moins creuse). Nous appellerons ces deux voiles indifféremment « spi » dans la suite de cet ouvrage.

Cette section n'est pas destinée à des débutants : si vous débutez en catamaran, nous vous conseillons de passer directement à la section suivante : [Équipement de sécurité en page 23](#).

Si vous souhaitez installer une première fois le matériel (poulies, etc.) des indications vous seront données dans la section [Installer un spi en page 179](#).

Le spi est une voile d'**usage temporaire** utilisée uniquement au portant (grand largue, vent arrière). Le spi peut être maintenu sans difficulté durant les empannages. Les spis doivent être gréés à terre puis rangés (enroulés, ferlés, avalés, etc.) pour n'être sortis que temporairement une fois sur l'eau et lors d'un bord adapté. Ils sont « envoyés » sur des bords de portants. Si on souhaite lofer, ou si le vent est trop fort, ou pour anticiper toute manœuvre autre qu'un empannage, le spi doit être ensuite immédiatement affalé en navigation. Le fait de dégréer le spi se fait à terre et « à froid ».

Le terme de « spi » désigne initialement les spinnakers. Les spinnakers sont des voiles symétriques en forme de cloche coupée en deux par un plan vertical. Ces voiles sont anciennes et n'ont jamais été adaptées à des catamarans : leur utilisation requiert une manœuvre complexe à chaque empannage : il faut décrocher le tangon (qui est alors mobile) et l'installer de manière qu'il soit toujours du côté au vent du bateau. Les spis utilisés en catamaran sont des **spis asymétriques** ou des **gennakers**, utilisés avec un **tangon fixe** toujours dans l'axe sagittal et vers l'avant. Le spi d'un catamaran sera empanné un peu comme le foc, sans permutation entre le point d'amure et le point d'écoute, contrairement à un spi symétrique.

Dans cette partie, nous expliquerons le gréement mis en place à terre, dans trois configurations possibles. Par la suite, dans la partie [Navigation sous spi en page 80](#), nous évoquerons l'utilisation du spi sur l'eau.

Nous distinguerons **trois types d'installation** du spi :

- l'installation « historique », le spi étant disposé dans un sac sur le trampoline
- l'installation avec avaleur de spi, ou « trompette », qui date des années 1990
- l'installation du spi sur enrouleur, qui date des années 2000

4.2 Tangon

Dans tous les cas, l'installation du spi nécessite de disposer d'un tangon fixe (Figure 3).

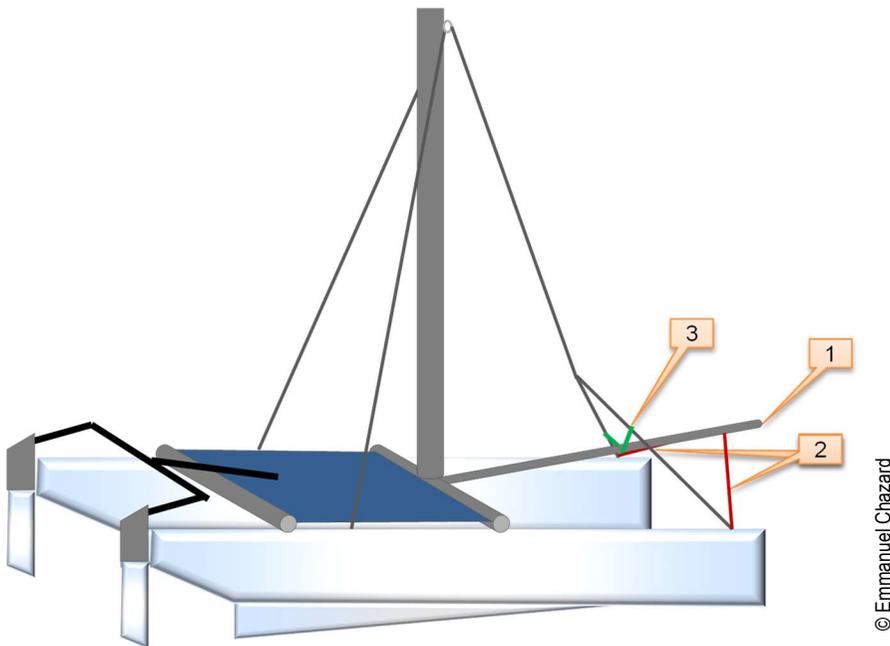


Figure 3. Positionnement du tangon

Le texte qui suit légende la Figure 3. Le tangon est un tube en aluminium d'environ 2,5 m de long (1). Il est positionné dans l'axe sagittal. Son extrémité postérieure est articulée sur la traverse avant (bien que l'articulation soit théoriquement mobile, le tangon est fixe à l'usage). Il passe sous la patte d'oie, et est retenu par deux pantoires qui empêchent son ascension en utilisation (2). Pour éviter qu'il ne tombe à l'eau lorsqu'il n'est pas utilisé, il est habituellement retenu par une sangle élastique qui le tire vers le haut (3). A l'extrémité antérieure du tangon se trouve tantôt une poulie fixe, tantôt un enrouleur.

4.3 Spi dans un sac sur le trampoline

De manière historique, le spi peut être gréé de telle manière que, affalé, il soit disposé dans un sac sur le trampoline (Figure 4). Cette configuration est difficile à gérer en navigation en solitaire.

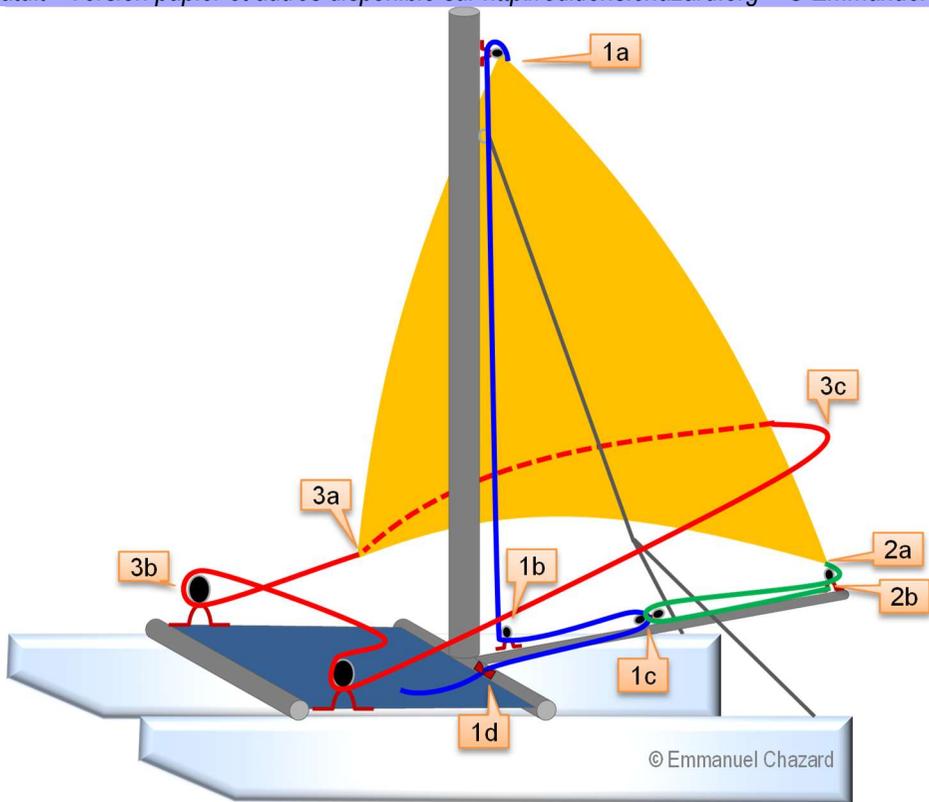


Figure 4. Grément du spi avec un sac sur le trampoline

Le texte ci-dessous légende la Figure 4.

La **drisse principale** part du point de drisse du spi (1a). Elle passe dans une poulie située en haut du mât, au-dessus de la manille de capelage. Elle descend et passe dans une poulie située à l'extrémité postérieure du tangon (1b). Elle part vers l'avant, passe dans une double poulie mobile (1c) puis revient en arrière et passe dans un taquet (1d).

La **drisse d'amure** part du point d'amure du spi (2a). Elle passe dans une poulie située à l'extrémité antérieure du tangon. Elle part vers l'arrière, passe dans une double poulie mobile (1c) puis revient en avant et est nouée à un ponté (2b). L'équipier n'a ainsi jamais la drisse d'amure en main : lorsqu'il hisse le spi, la drisse principale finit par tirer sur la drisse d'amure. De même, lorsqu'il affale le spi et tire dessus, la drisse principale est détendue et libère la drisse d'amure.

L'**écoute de spi** est montée en boucle fermée. L'écoute sous le vent (3a) est frappée sur le point d'écoute, passe dans les deux poulies. Ces poulies étant généralement munies de cliquets anti-retour, il faut faire attention au sens de circulation de l'écoute. L'écoute au vent, ou contre-écoute, passe généralement devant le guindant du spi (3c) puis rejoint le point d'écoute du spi (3a). Ce montage suppose que, lors de l'empannage, on laisse le temps au spi de se retourner vers l'avant du bateau. Certains équipiers préfèrent forcer le passage du spi tel un foc,

PDF gratuit - Version papier et autres disponible sur <http://editions.chazard.org> - © Emmanuel Chazard
et préféreront faire passer la contre-écoute en arrière du spi, entre l'étai et le guindant du spi.

Une fois le spi en place, il faut choisir une amure, qui est la première amure sur laquelle on pense envoyer le spi pour la première fois lors de la navigation. On prend alors le spi en vrac dans les bras, en étant devant le bateau, puis on amène le tout sur le trampoline en passant dans le polygone formé par les écoutes de foc, le mât et la poutre avant. On passera du côté opposé à l'amure choisie : comme nous le rappellerons, il ne sera possible d'envoyer le spi que sur l'amure initialement choisie pour le gréer.

4.4 Spi avec avaleur de spi

Dans les années 1990 sont apparus les spis avec un avaleur, fixé au tangon (Figure 5). Il s'agit généralement d'une pièce plastique ou en fibre de verre et résine polyester, en forme d'écouvillon de trompette, prolongée par un sac en tissu permettant de stocker le spi affalé. Le grément reprend le principe du montage précédent, sauf qu'en plus une drisse d'aleur (généralement en continuité avec la drisse principale) permet de tirer le spi dans la trompette. Le spi est pour ce faire doté d'anneaux permettant une traction sans dommage.

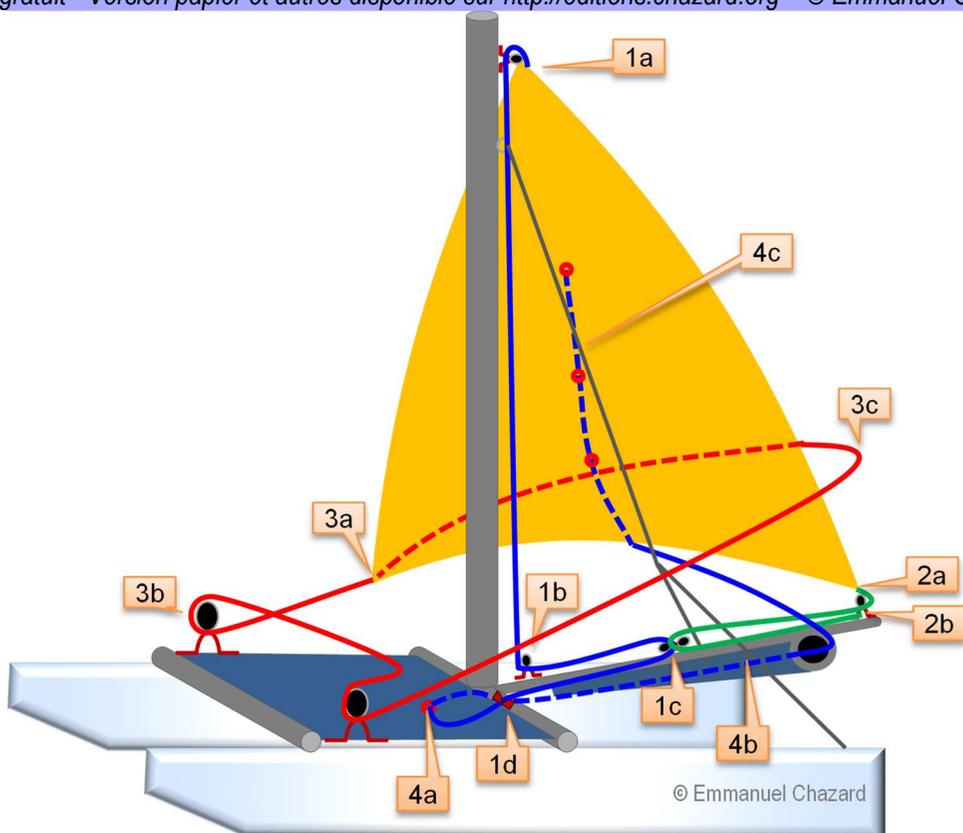


Figure 5. Grément du spi avec avaleur

Le texte ci-dessous légende la Figure 5.

La **drisse principale** part du point de drisse du spi (1a). Elle passe dans une poulie située en haut du mât, au-dessus de la manille de capelage. Elle descend et passe dans une poulie située à l'extrémité postérieure du tangon (1b). Elle part vers l'avant, passe dans une double poulie mobile (1c) puis revient en arrière et passe dans un taquet (1d). Elle peut se prolonger et donner suite à la drisse d'avaleur, décrite ci-dessous.

La **drisse d'avaleur** passe sous le trampoline (4a), entre dans l'avaleur par son extrémité postérieure, longe l'avaleur (4b), ressort par la trompette et longe le spi, sur une face ou l'autre. Elle passe par les différents anneaux prévus (4c) et est nouée au plus haut d'entre eux.

La **drisse d'amure** part du point d'amure du spi (2a). Elle passe dans une poulie située à l'extrémité antérieure du tangon. Elle part vers l'arrière, passe dans une double poulie mobile (1c) puis revient en avant et est nouée à un ponté (2b). L'équipier n'a ainsi jamais la drisse d'amure en main : lorsqu'il hisse le spi, la drisse principale finit par tirer sur la drisse d'amure. De même, lorsqu'il affale le spi et tire dessus, la drisse principale est détendue et libère la drisse d'amure.

L'**écoute de spi** est montée en boucle fermée. L'écoute sous le vent (3a) est frappée sur le point d'écoute, passe dans les deux poulies. Ces poulies étant généralement munies de cliquets anti-retour, il faut faire attention au sens de circulation de l'écoute. L'écoute au vent, ou contre-écoute, passe généralement devant le guindant du spi (3c) puis rejoint le point d'écoute du spi (3a). Ce montage suppose que, lors de l'empannage, on laisse le temps au spi de se retourner vers l'avant du bateau. Certains équipiers préfèrent forcer le passage du spi tel un foc, et préféreront faire passer la contre-écoute en arrière du spi, entre l'étai et le guindant du spi. ATTENTION : la contre-écoute ne devra jamais passer entre la drisse d'avaleur et l'étai.

Le montage d'un spi avec avaleur est plus complexe : il est vivement conseillé de tenter un envoi et un affalement du spi à terre, le catamaran étant dos au vent, pour vérifier que tout est en ordre.

Contrairement au montage précédent, le montage en avaleur n'impose aucune amure pour le lancement du spi. Pour l'affalement du spi, les deux amures sont possibles mais l'avalemment est généralement plus aisé lorsque la drisse d'avaleur se trouve sur la face du spi au vent : elle coulisse plus aisément et ne frotte pas la toile du spi.

4.5 Spi sur enrouleur

Les spis sur enrouleur sont récents (années 2000). Il s'agit plutôt de gennakers, plus petits et plus plats que les spinnakers asymétriques habituels. On ne parlera plus d'envoyer et d'affaler le spi, mais respectivement de le dérouler et de l'enrouler.

Le montage est nettement plus simple (Figure 6). Le spi est monté comme le serait un foc sur enrouleur, à ceci près que la drisse n'est pas retenue dans le guindant du spi, mais revient simplement contre le mât. Elle est dotée d'un émerillon. On grée entièrement le spi, puis on l'enroule. Une fois enroulé, s'il est en toile fine, le spi peut également être affalé ou hissé tel quel.

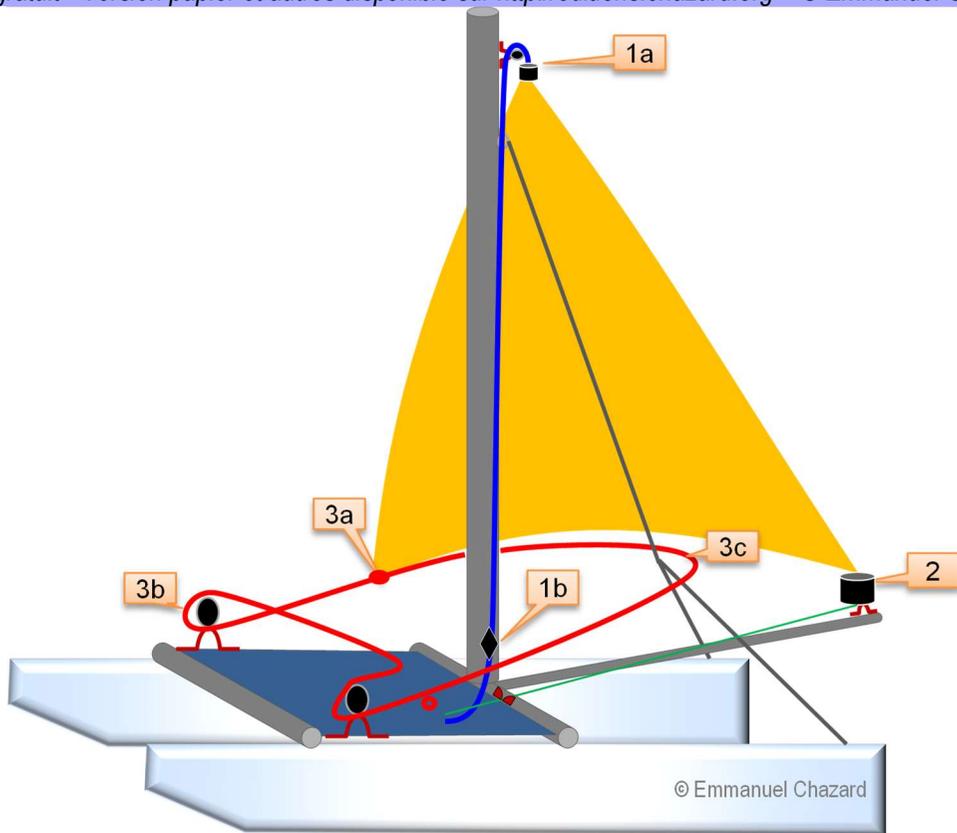


Figure 6. Grément du spi sur enrouleur

Le texte ci-dessous légende la Figure 6.

La **drisse** part du point de drisse du spi et comporte un **émerillon**, permettant la rotation du point de drisse (1a). Elle passe dans une poulie située en haut du mât, au-dessus de la manille de capelage. Elle descend puis est frappée sur le mât à l'aide d'un taquet (1b) ou tout système équivalent.

Le point d'amure est directement frappé sur un **enrouleur** (2), actionné par un bout qui peut être fixé par un taquet coinçant sur la traverse avant.

L'**écoute de spi** est montée en boucle fermée. L'écoute sous le vent (3a) est frappée sur le point d'écoute, passe dans les deux poulies. Ces poulies étant généralement munies de cliquets anti-retour, il faut faire attention au sens de circulation de l'écoute. L'écoute au vent, ou contre-écoute, passe entre l'étai et le guindant du spi (3c) puis rejoint le point d'écoute du spi (3a). Ce montage suppose que, lors de l'empannage, on force le passage du spi tel un foc.

Le montage sur enrouleur n'impose aucune amure, ni pour dérouler, ni pour enrouler le spi.

4.6 Comparaison des trois modes de gréement

Le Tableau 1 ci compare les différentes modalités de gréement.

Tableau 1. Comparaison des trois manières de gréer un spi

Configuration	Sac sur le trampoline	Avaleur "trompette"	Enrouleur
Caractéristiques de la voile	Fine	Fine avec anneaux pour l'affalement	Fine ou épaisse, et plate : gennaker
Amure pour envoyer le spi	Celle choisie au gréement, ou celle de l'affalement précédent	Libre	Libre
Amure pour affaler le spi	Libre	De préférence du côté des anneaux sur le spi	Libre
Utilisation solitaire	Très difficile	Possible	Facile
Coût de l'installation	Faible	Élevé	Moyen

Ce tableau explique pourquoi le montage sur enrouleur est de plus en plus populaire.

5 Équipement de sécurité

5.1 Équipement personnel

L'équipement des coéquipiers (barreur ou équipier) doit obligatoirement être constitué de :

- Une combinaison néoprène (avec un coupe-vent par-dessus) ou une combinaison sèche, même par beau temps car dans l'eau, peu importe la couleur du ciel
- Une brassière (aide à la flottaison ne constituant pas à proprement parler un gilet de sauvetage) fermant bien, avec la sous-cutale mise et un sifflet fonctionnel
- Le harnais de trapèze qui doit être porté par au moins un des deux coéquipiers afin de faire face à une risée mais aussi pour pouvoir resaler même quand les coéquipiers sont exténués
- Des gants de voile, indispensables
- Des chaussures adaptées
- Des lunettes de soleil

5.2 Équipement du catamaran

Le catamaran doit être équipé :

- D'un bout de resalage et d'un bout de remorquage **correctement arrimés à la poutre avant** (pas seulement au pied de mât)
- Si possible, d'un mouillage léger
- Idéalement, d'une ou deux rames

Naviguer, manœuvrer

1 Notions de base

1.1 Allures et réglages de voiles

On distingue 5 allures principales :

- **Bout au vent**, ou **vent debout** : le bateau est face au vent, les voiles faseillent, il ne peut pas avancer. Généralement, il recule spontanément.
- **Près** : le vent vient de l'avant du bateau à 45°, les voiles sont **bordées** à fond (cela signifie que les écoutes sont tirées au maximum)
- **Travers** : le vent aborde le bateau par le côté à 90°, les voiles sont en position intermédiaire, plutôt bordées.
- **Grand large** : le vent vient de l'arrière du bateau à 45°, les voiles sont **choquées** (cela signifie que les écoutes sont relâchées).
- **Vent arrière** : le vent vient en arrière du bateau, les voiles sont entièrement choquées et peuvent être indifféremment laissées sur bâbord ou sur tribord. On peut même les disposer « en ciseaux » : une voile d'un côté, l'autre de l'autre.

Dans tous les cas, hormis le vent arrière, les voiles se positionnent spontanément du côté **sous le vent**. Lorsqu'on borde une écoute, cela ramène la voile vers le plan sagittal médian. Lorsqu'on choque une écoute, cela laisse la voile s'écarter du plan sagittal médian, par l'action du vent.

Ces allures peuvent être représentées par rapport au bateau comme suit, les flèches symbolisant la direction du vent (Figure 7).

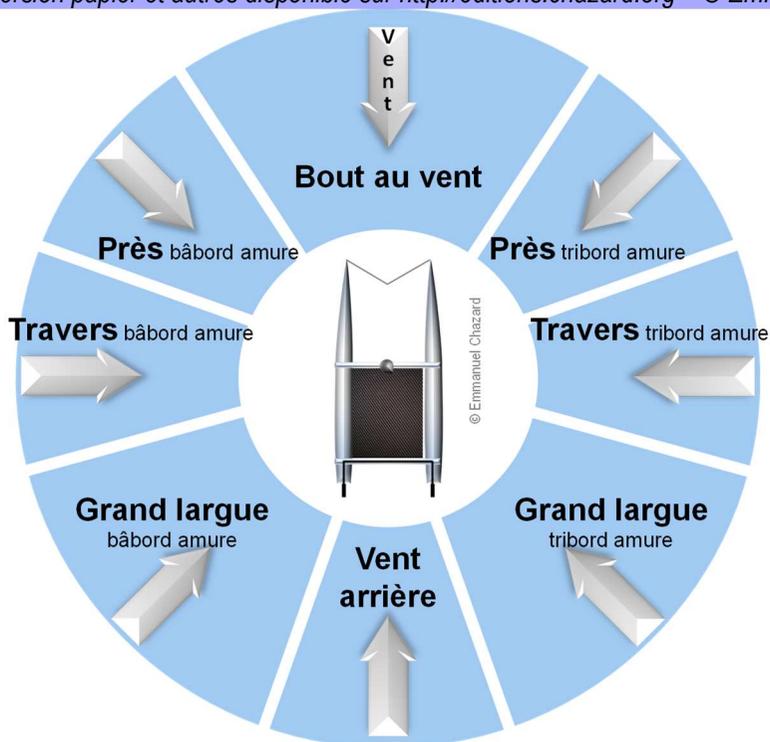


Figure 7. Allures en fonction de la direction du vent

Cependant, comme il est nécessaire de se repérer sur le plan d'eau, on préférera le schéma suivant, représentant les allures du bateau par rapport au vent. On observe sur ce schéma un aperçu du réglage des voiles : bordées au maximum au près, modérément bordées au travers, choquées au grand largue, et entièrement choquées voire en ciseaux au vent arrière.

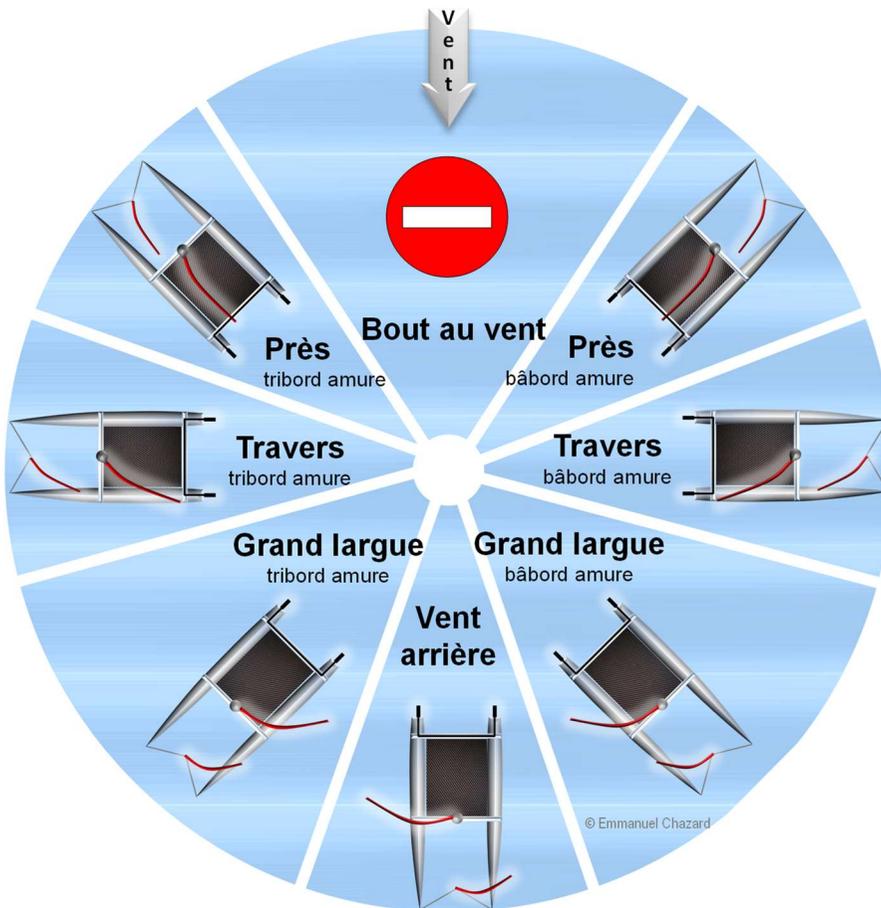


Figure 8. Allures en fonction de la direction du catamaran

En réalité, les allures peuvent être sous-divisées comme suit (Figure 9), mais il n'est pas nécessaire de le retenir (retenez quand même la notion de près serré pour la suite). On notera que le petit largue est situé entre le près bon plein et le travers (anciennement, le largue désigne le travers, avec ses variantes petit largue et grand largue).

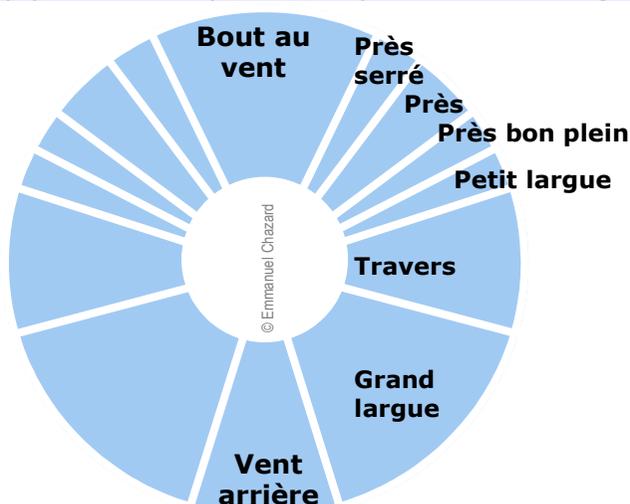


Figure 9. Allures détaillées

1.2 Manœuvres, changements de direction

Le bateau navigue **bâbord amure** lorsque le vent vient de bâbord (de la gauche), les voiles sont alors à tribord.

Le bateau navigue **tribord amure** lorsque le vent vient de tribord (de la droite), les voiles sont alors à bâbord.

On appelle **abattée** un changement de direction sans changement d'amure (les voiles restent du même côté), lorsqu'on **s'éloigne** du vent. Il faut alors **choquer** les voiles (relâcher les écoutes).

On appelle **lof** ou **auloffée** ou **aulofée** un changement de direction sans changement d'amure (les voiles restent du même côté), lorsqu'on se **rapproche** du vent. Il faut alors **border** les voiles (tirer sur les écoutes).

On appelle **virement de bord** la manœuvre qui consiste à changer d'amure en passant **face au vent**.

On appelle **empannage** la manœuvre qui consiste à changer d'amure en passant **dos au vent**.

Ces quatre changements de direction sont représentés de manière conceptuelle sur la Figure 10.

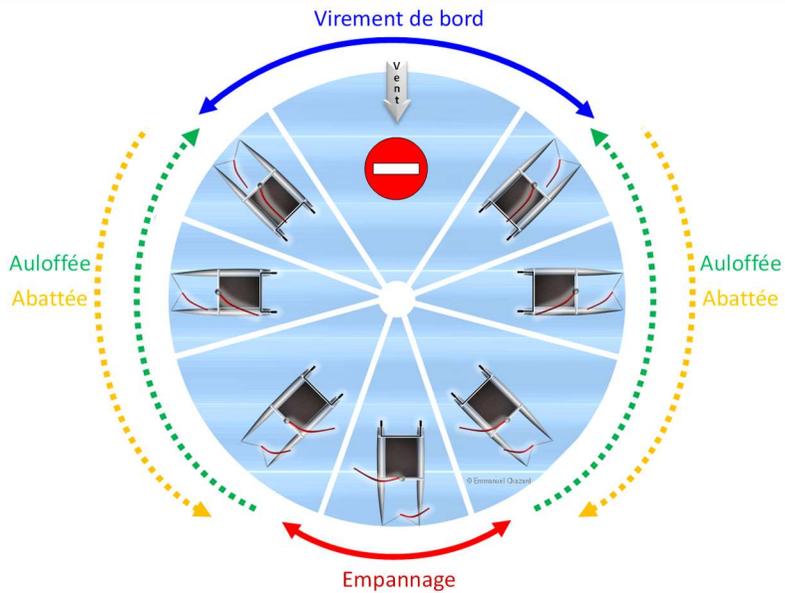


Figure 10. Quatre types de changement de direction (vue conceptuelle)

La Figure 11 présente ces 4 changements de direction de manière plus pragmatique, en tenant compte du déplacement linéaire du bateau.

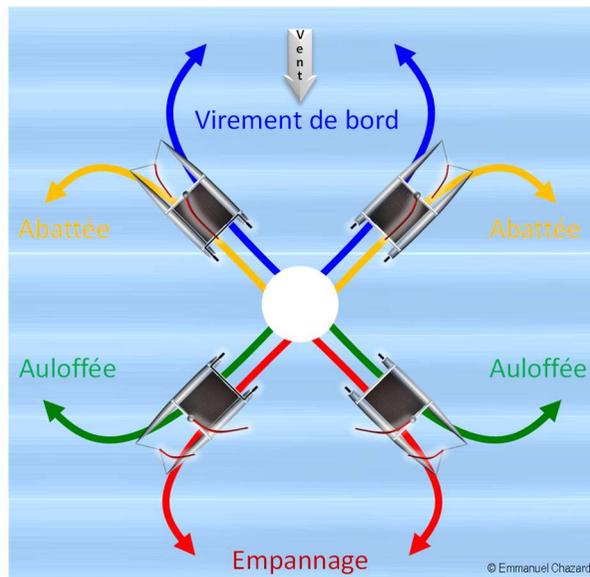


Figure 11. Quatre types de changement de direction (vue pragmatique)

Il est fondamental de bien retenir le schéma ci-dessus. Vous noterez ainsi que changement de direction ne signifie pas nécessairement manœuvre. Aussi la question à se poser sans arrêt est-elle : « les voiles vont-elles changer de côté ? ».

2 Virement de bord

2.1 Préambule

Définition : Le **VDB** (virement de bord) est la manœuvre qui permet, au décours d'un changement de cap, de changer d'amure en tournant face au vent. On parle également de **virement face au vent**, pour le différencier de l'empannage.

Problématique : il s'agit de faire tourner le catamaran d'au moins 90° alors que le vent n'apporte plus de propulsion, mais au contraire freine le catamaran. De surcroît, les catamarans possèdent une faible inertie et, du fait de leur forme, n'ont pas naturellement de point de pivot. A un niveau supérieur, le but est de virer sans trop perdre de vitesse.

2.2 Virement de bord standard

2.2.1 Rôle des voiles

Lorsque la grand' voile (GV) est bordée, parce qu'elle est placée à l'arrière du bateau, elle tend à le replacer face au vent, à le faire lofer (Figure 12). Son action est comparable à celle d'une girouette, ou des ailerons d'une fusée.

Lorsque le foc est bordé, parce qu'il est placé à l'avant du bateau, il tend *a contrario* à le faire s'éloigner du vent, à le faire abattre. Cependant, à l'inverse de la GV, le foc ne peut pas se gonfler lorsque le vent est trop près de l'axe du bateau (les deux points de traction des écoute sont décentrés). Il se gonfle alors à contre. Le foc gonflé à contre permet également de faire abattre le bateau, mais en le ralentissant alors que le foc gonflé du bon côté propulse le bateau.

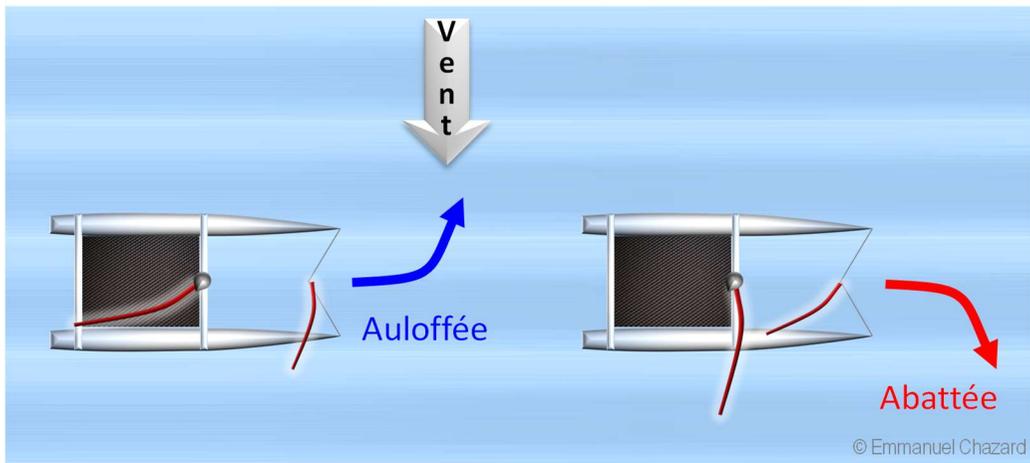


Figure 12. Rôle de la GV et du foc dans les changements de direction

2.2.2 La manœuvre de base

La manœuvre de VDB comprend tour à tour une auloffée (on privilégiera alors la GV), un état face au vent, puis une abattée sur l'autre amure (dans laquelle le rôle du foc sera déterminant). Elle est résumée en Figure 13.

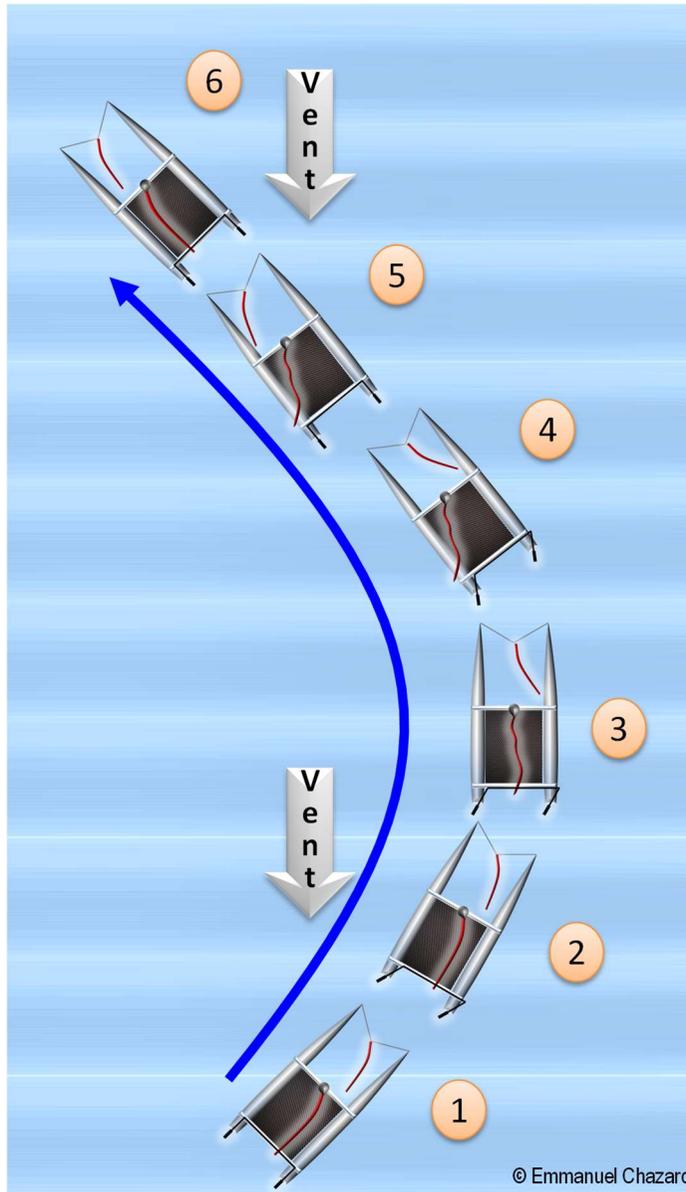


Figure 13. Le virement de bord

Le texte qui suit légende la Figure 13.

Le VDB est idéalement lancé depuis le près (1). La GV doit être bien bordée en prévision de l'auloffée, et le foc également pour d'autres raisons, exposées par la suite.

L'auloffée est lancée en poussant la barre, progressivement mais fermement et jusqu'au bout (2). Il faut si nécessaire finir de border la GV.

L'état « vent debout » est indiqué par le gonflement du foc à contre (3). On entre alors dans la phase d'abattée : il faut **immédiatement choquer la GV**.

Il s'agit maintenant de s'écarter du vent. La barre est maintenue dans la même direction, la GV est bien choquée, et le foc doit être maintenu à contre (c'est la raison pour laquelle il devait être bien bordé) jusqu'à ce que le bateau soit bien écarté du lit du vent (4).

Une fois seulement le bateau hors du lit du vent, le foc est changé d'amure (5). C'est fréquemment le moment que choisit l'équipage pour changer de côté.

Une fois seulement que le bateau avance, la GV est rebordée en fonction de l'allure adoptée (6).

2.2.3 Sources d'échec

Les raisons possibles d'un échec lors du VDB sont nombreuses. Elles sont ici énumérées en rapport avec chaque étape décrite sur la Figure 13. Il faut garder à l'esprit le rôle de la GV en faveur du lof et celui du foc en faveur de l'abattée.

Le bateau **n'atteint pas le lit du vent** (reste sur l'amure initiale) parce que :

- le bateau est trop loin du près (1)
- la GV n'est pas bordée à fond (1-2)
- la barre est poussée violemment, ou pas jusqu'au bout (2)
- la GV est choquée trop tôt (3)

Le bateau **ne repart pas sur l'autre amure** / reste dans le lit du vent / reste au près serré sur l'autre amure / se remet face au vent car :

- la GV n'est pas choquée à temps (3)
- le foc n'était pas assez bordé (1), il ne prend donc pas à contre et l'action de la GV, même choquée, prédomine.
- le foc est passé trop tôt et ne se regonfle pas, ou se regonfle à contre sur l'autre amure (5)
- le barreur, en changeant de côté, pousse la barre au lieu de la tirer (5)
- la GV est bordée trop tôt (6)

2.3 Virement en finesse

Le but est ici de parvenir à virer de bord par temps médium le plus rapidement possible, sans perte d'élan. Aux contrôles précédents, nous ajouterons le poids de l'équipage sur le bateau.

2.3.1 Le rôle du poids de l'équipage

Nous avons vu précédemment comment faire changer la direction du bateau en modifiant l'équilibre entre les voiles : foc et GV. Le changement de direction était la conséquence d'un déséquilibre entre le centre de poussée vélique, et le métacentre de carène, qui est le centre moyen sur lequel s'applique la force antidérive des dérives ou du plan antidérive. Nous avons obtenu des changements de direction en avançant ou en reculant le centre de poussée vélique, tandis que le métacentre de carène restait fixe.

Il est possible d'amplifier ces changements de direction en déplaçant le métacentre de carène : pour ce faire, il faut déplacer le poids de l'équipage, ce qui enfoncera plus ou moins les parties de coque concernées, et déplacera le métacentre de carène. Ainsi :

- Si le métacentre de carène est à hauteur du centre de poussée vélique (au milieu), le bateau avance tout droit
- Si l'équipage avance, le métacentre de carène est avancé par rapport au centre de poussée vélique, et le bateau lofe
- Si l'équipage recule, le métacentre de carène est reculé par rapport au centre de poussée vélique, et le bateau abat

Une modulation similaire est possible sur l'équilibre latéral¹ :

- Si le centre de métacarène est à hauteur du centre de poussée vélique (au milieu), le bateau avance tout droit
- Si l'équipage pèse au vent, le métacentre de carène est décalé au vent du centre de poussée vélique, et le bateau lofe
- Si l'équipage pèse sous le vent, le métacentre de carène est décalé sous le vent par rapport au centre de poussée vélique, et le bateau abat

2.3.2 Manœuvre

Reprenez la manœuvre de base.

Dans la première phase du virement, l'auloffée, l'équipage restera bien **à l'avant du côté au vent**. L'équipier restera le cas échéant le plus longtemps possible au trapèze.

Dans la deuxième phase du virement, l'abattée, l'équipage se placera **en arrière tout en restant du même côté**, alors devenu côté sous le vent. Le changement de côté sera réalisé une fois dans la bonne direction, en passant le foc pour l'équipier et en rebordant la GV pour le barreur.

¹ En dériveur, l'action est inverse de celle-ci car le déplacement du centre de poussée vélique est supérieur à celui du métacentre de carène en cas de gîte ou de contre-gîte

2.4 Virement de bord par vent faible

Par vent faible, l'auloffée ne pose pas de problème en raison de l'importance de l'élan (erre) du bateau par rapport au ralentissement imposé au bateau par le vent. En revanche, l'abattée peut poser problème. Il est primordial de bien choquer la GV et de bien positionner l'équipage en arrière sous le vent après passage des voiles.

Outre la manœuvre de base :

- pour lancer le VDB, poussez la barre doucement et non d'un coup franc (contrairement à ce qui peut être fait en dériveur)
- dès que le foc est à contre, **choquez la GV et tirez-la rapidement et profondément de votre côté** afin de la choquer en grand et, avec un effet de girouette, forcer le bateau à virer. La GV doit être choquée de manière très active dans ce cas.

2.5 Virement par vent fort

Trois problèmes se posent par vent fort (5 Bf et plus, soit aux alentours de 20 nœuds) :

- Les **manque-à-virer** sont fréquents car les GV ne sont généralement pas assez bordées. Nous recommandons aux équipages de se positionner à un près très serré, auquel la GV pourra être bordée à fond sans surpuissance (le foc doit même faseyer), après quoi le virement pourra être lancé. Si la GV n'est toujours pas bordée à fond, il faut achever de la border tout en poussant la barre (c'est plus facile, sans danger mais moins efficace). Si les membres de l'équipage sont au trapèze, il est possible de faire rentrer l'équipage, et se positionner au près très serré puis border à fond la GV sans contrepoids.
- L'abattée se fait souvent en **marche arrière** : le bateau recule dès que le foc prend à contre. Il faut alors inverser la barre. On peut observer le recul par rapport à l'eau ou le sentir à la barre (qui a tendance à partir d'un côté ou de l'autre) ou parce que le bateau se cabre.
- Enfin, plus rarement, le bateau peut **dessaler en arrière** pendant qu'il recule. Pour éviter cela, l'équipage doit rester en avant, bien choquer la GV et le barreur doit maintenir la barre en position intermédiaire alors qu'elle tendrait à partir toute seule en position extrême.

3 Empannage

3.1 Préambule

Définition : l'empannage est la manœuvre qui permet, au décours d'un changement de cap, de changer d'amure en tournant dos au vent. (On parle également de **virement lof pour lof** sur les gréments anciens).

Problématique : l'empannage ne représente pas une difficulté en soi. Cependant, c'est une manœuvre parfois violente qu'il faudra contenir en épargnant le matériel.

3.2 Empannage standard

3.2.1 Manœuvre

La manœuvre est présentée en Figure 14.

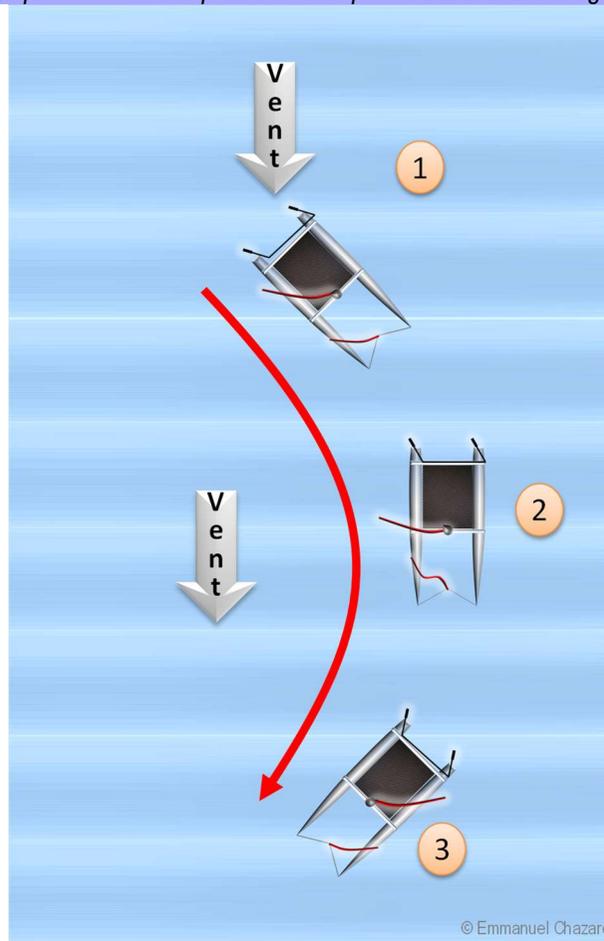


Figure 14. La manœuvre d'empannage

Le texte suivant légende la Figure 14.

L'empannage est idéalement lancé depuis le grand largue, mais sera également réussi (avec plus ou moins de risque) depuis toute autre allure. Le barreur tire la barre afin de finir d'abattre (1).

L'état dos au vent est identifié par le retournement spontané du foc. L'équipier doit impérativement le signaler au barreur. Il change le foc de côté (2).

Le barreur aide alors la GV à passer tout en provoquant l'empannage par une ultime inflexion de la barre. Le bateau repart spontanément au grand largue sur l'autre allure (3).

3.2.2 Problèmes rencontrés

- Le bateau réagit violemment à l'abattée précédant l'empannage : l'empannage doit être lancé depuis le grand largue, faute de quoi le bateau accélère violemment et aborde l'empannage avec trop de vitesse.

- « Le bateau ne veut pas empanner » est une réflexion qui blesse trop souvent les chastes oreilles de vos moniteurs. Le barreur, trop occupé à se suspendre à la GV, en oublie de tirer la barre.
- L'empannage de la grand' voile est violent
- Le cap n'est pas contrôlé en sortie de manœuvre : le barreur doit rester attentif car le bateau tend à accélérer fortement et lofer de manière incontrôlable en sortie de manœuvre. Ceci est aggravé par une GV mal choquée ou un empannage abordé depuis le travers, avec trop de vitesse.

3.2.3 Position et gestes du barreur

Afin de contrôler le passage de la GV, le barreur doit le provoquer dès que le foc se retourne. Cependant, dans une position classique, le bras tenant la barre est emporté par le passage du palan ; de plus le passage provoqué de la GV ne sera pas efficace. C'est la raison pour laquelle les barreurs de catamaran utilisent une position très spéciale, contrintuitive, mais très vivement conseillée (Figure 15).

Le barreur **tourne le dos** à la route. Il borde le **chariot de GV en position médiane**, en maintenant la GV choquée. Il fait passer le stick de l'autre côté et le saisit par la **main sous le vent, qu'il passe sous le vent du palan**. Il attrape le palan de GV sous la poulie du haut à l'aide de la main au vent, celle qui auparavant tenait la barre, et le **tire vers le bas** pour faire passer la GV doucement. Rien ne sert de tirer si la GV paraît trop résistante : ce geste est évidemment caduc si le barreur ne fait pas empanner le bateau à l'aide de la barre. Plus le vent est fort, plus il faut tirer fort la GV vers le bas : l'objectif est de ramener toute la chute de la GV sur le plan sagittal, en particulier la chute de la partie haute de la voile, pour ralentir le changement brutal d'amure de la GV.

Tout au long de cette manœuvre, le barreur **surveille le cap** en regardant les vagues aborder l'arrière du bateau. Si la GV empanne brutalement, le **départ au lof** du catamaran en sortie d'empannage sera difficilement contrôlable. Inversement, si la GV est « étouffée » efficacement par le barreur, il sera très aisé de maintenir un cap de grand largue en sortie d'empannage.

Une fois que la GV a changé d'amure, le barreur choque en grand le chariot de GV et reprend une position normale, tout en surveillant le cap.

Dans tous les cas, comme l'empannage est une manœuvre dans laquelle le catamaran accélère et dont le contrôle de cap en sortie n'est pas évident, l'empannage doit toujours être réalisé **à distance raisonnable** des autres navires, des mouillages, des rochers, ou de tout autre obstacle.

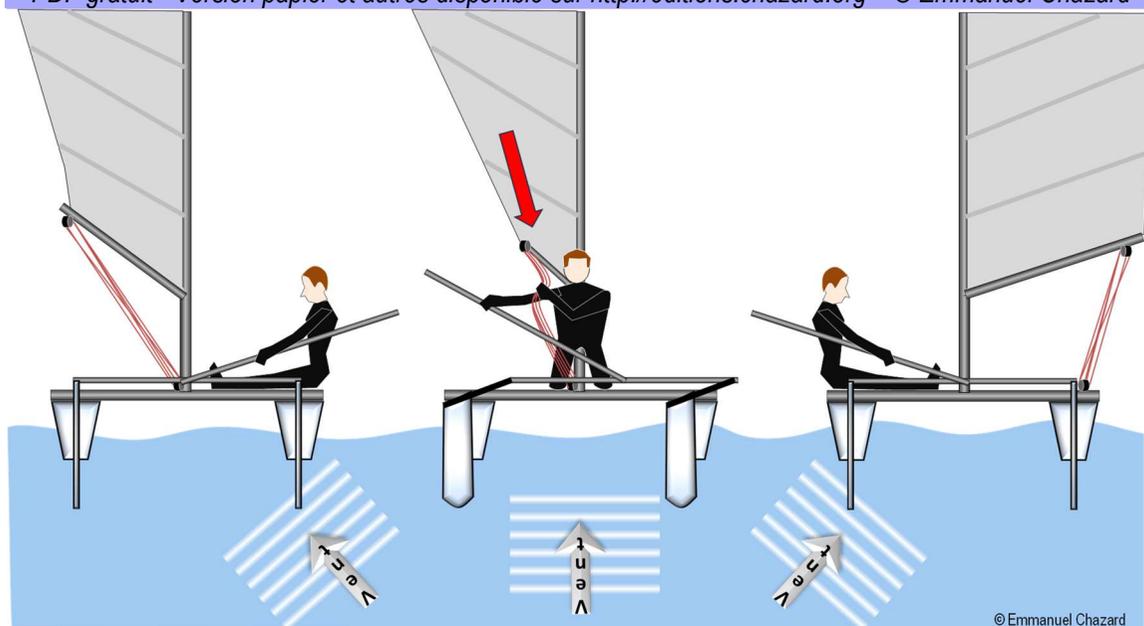


Figure 15. Position du barreur pendant l'empannage

3.3 Empannage par vent fort

Les problèmes spécifiques au vent fort sont :

- La dangereuse **abattée** (risque de dessalage par enfournement)
- La **violence** du passage de la GV (risque de blessure et de casse)
- L'irrésistible **auloffée** en sortie de manœuvre (risque de dessalage par gîte et de collision avec un bateau ou un obstacle)
- Plus généralement, le **risque de collision** lié à la prise de vitesse et à la difficulté à contrôler le cap

Le choix de l'empannage doit être sérieusement examiné. S'il est maintenu, il faudra veiller à :

- bien se mettre au vent arrière, et ne plus changer de direction pendant quelques secondes
- tirer très fort la GV vers le bas afin de l'étouffer
- empanner de seulement quelques degrés : maintenir le bateau au vent arrière sur l'autre amure quelques secondes, résister à l'auloffée
- laisser le poids bien en arrière pour éviter l'enfournement et limiter l'auloffée
- s'assurer que la GV est bien choquée, libérer le chariot
- enfin seulement, la situation étant pacifiée, lofer doucement sans border la GV

3.4 Empannage par vent faible

Deux problèmes minimes se posent :

- Il est difficile d'abattre par très petit temps. L'équipage devra bien peser en arrière sous le vent, GV choquée.
- Les repères indiquant la direction du vent risquent de manquer : il faut être vigilant au plan d'eau, faute de quoi l'équipage risque de faire un détour.

4 Sécurité

4.1 Resalage

Il est impératif de savoir resaler un catamaran avant d'aller sur l'eau. Le resalage est le redressement du bateau après un dessalage.

4.1.1 Dessalage classique

4.1.1.1 Manœuvre

Par définition, c'est la perte de contact stable, durable et spontanément irréversible, entre la surface de l'eau et une des deux coques (celle au vent la plupart du temps). Fort heureusement cet état est artificiellement réversible dans la plupart des cas.

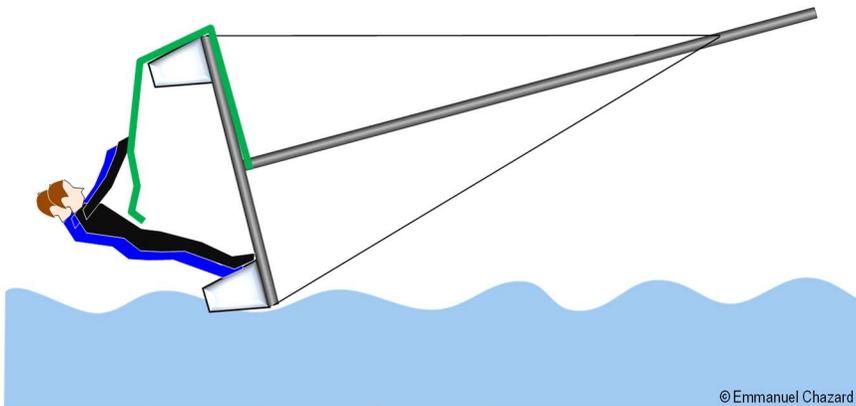


Figure 16. Manœuvre de resalage

Pour resaler le catamaran, l'équipage doit rapidement effectuer cette manœuvre (Figure 16) :

- rapidement **choquer toutes les écoute**s (chariot, palan, foc). Il ne suffit pas de défaire les taquets, il faut en outre donner du mou aux écoutes.
- faire tourner le catamaran **face au vent** (il est inutile de tenter de le redresser si sa position est incorrecte, cf. plus bas)
- monter sur la coque qui flotte. Attention, des gestes inadaptés ou trop lents peuvent faire capoter le bateau. Il est donc recommandé de ne pas prendre appui sur la coque en l'air, les haubans, ou le trampoline.
- faire passer le **bout de resalage** (en vert Figure 16) par-dessus la coque en l'air et s'y suspendre. Le harnais de trapèze et une bonne paire de gants seront les bienvenus. Évitez toutefois pour des raisons de sécurité de faire un nœud à votre harnais.

Pendant cette manœuvre, surtout par gros temps, il ne faut surtout **pas lâcher** le bateau : dans cette position, il a une forte prise au vent et dérive très vite sur le plan d'eau. Par gros temps, la vitesse de dérive est nettement supérieure à celle d'un nageur.

Une fois le catamaran à plat, l'équipage (encore à l'eau) doit tenir le bateau **par l'avant** pour éviter qu'il parte dos au vent. Ensuite, le premier coéquipier à bord doit avoir le réflexe d'immobiliser le catamaran face au vent à l'aide de la barre.

Avant de partir, contrôler les écoute, le cunningham et les drisses.

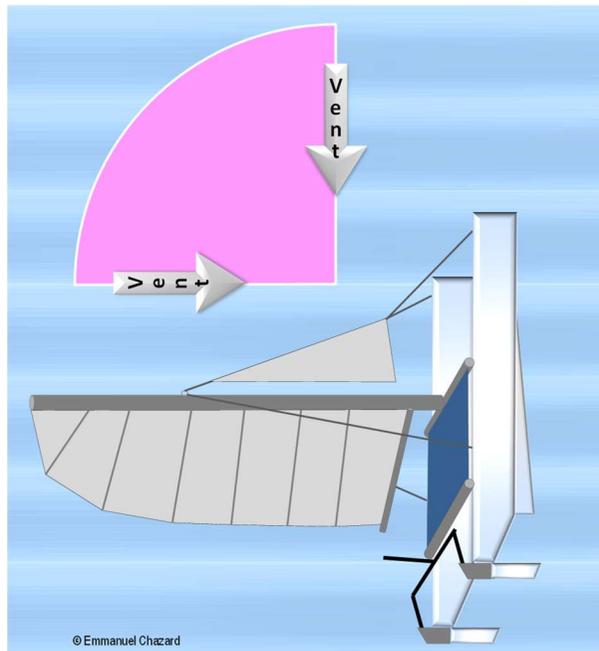


Figure 17. Orientations possibles du catamaran pendant un resalage

Concernant l'orientation du catamaran pendant le resalage, deux attitudes extrêmes sont possibles (Figure 17) :

- Vous êtes légers ou en solo, ou bien le vent est faible : vous pouvez utiliser le vent en orientant le mât dans son axe. Attention toutefois à attraper la martingale au moment du resalage pour éviter de dessaler dans l'autre sens.
- Vous êtes en poids suffisant ou par vent médium ou fort : vous devez maintenir le bateau face au vent. Cela ne vous dispense pas d'attraper la martingale en temps voulu.

Ainsi le cadran rose en Figure 17 indique-t-il les directions possibles du vent par rapport au catamaran. Toute autre orientation est illogique ou dangereuse.

4.1.2 Capotage

On dit **capoter**, **faire capot**, ou improprement **faire chapeau** ou **chapoter**, lorsque le catamaran est retourné tête de mât en bas. Ces deux derniers termes sont inexacts, et sont la conséquence d'un glissement phonétique associé à une analogie géométrique fantaisiste.

C'est, malheureusement, la position de plus grande stabilité du catamaran : les deux coques posées sur le plan d'eau, et le mât orienté verticalement et vers le bas. Cependant cette position est assez peu adaptée au déplacement rapide 😊 . Il faut donc y remédier.

Le capotage survient volontiers par gros temps, dès lors que l'équipage commet certaines erreurs comme peser sur la coque opposée, rester assis sur la voile, peser sur les haubans, choquer trop tard les voiles... ou d'emblée en particulier dans le dessalage en arrière (lors d'un virement de bord).

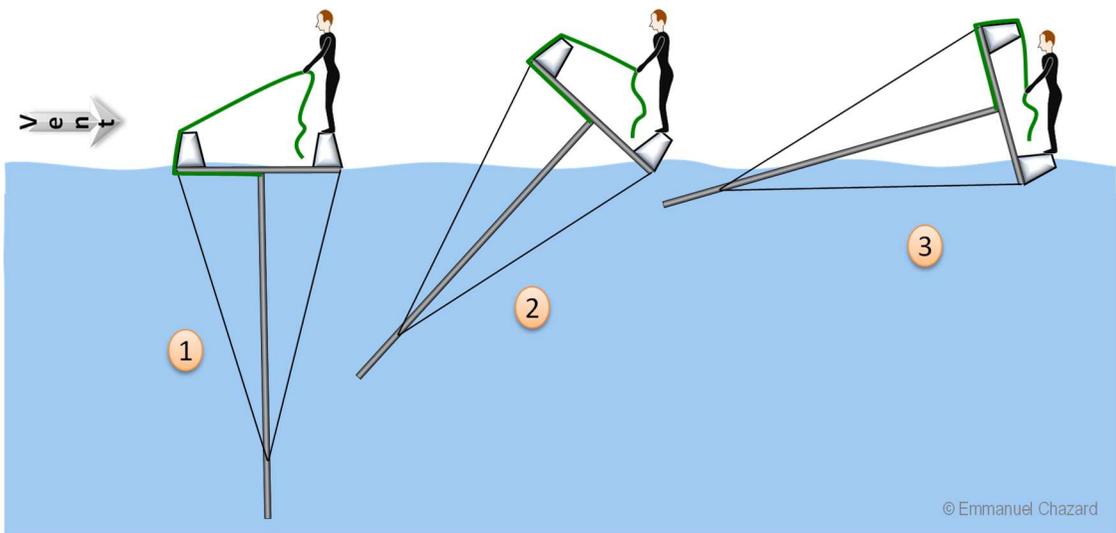


Figure 18. Redresser un catamaran après capotage

L'équipage doit peser sur un des quatre coins de l'embarcation pour remettre le catamaran dans la configuration précédente. Le plus logique est de peser sur l'arrière de coque qui est le plus sous le vent (1 sur Figure 18) : cela permettra au vent de pousser sous le trampoline dès que celui-ci se décollera de la surface de l'eau (2 et 3 sur Figure 18). Si le vent est important, on se retrouve très rapidement dans la configuration classique. Il faudra ensuite, au besoin, faire tourner le catamaran pour le mettre face au vent, ou au moins s'assurer qu'il ne tourne pas dos au vent.

4.1.3 Plantage du mât dans le fond

4.1.3.1 Circonstances

Ce cauchemar survient lors d'un dessalage en vent de travers par fort vent, si le catamaran commence à capoter et que le mât se plante dans le fond. Rappelons que le capotage survient si l'équipage pèse sur le trampoline pour amortir sa chute, ou bien si un coéquipier tombe sur la voile, ou encore si les voiles ne sont pas choquées rapidement.

4.1.3.2 Phase d'état, diagnostic

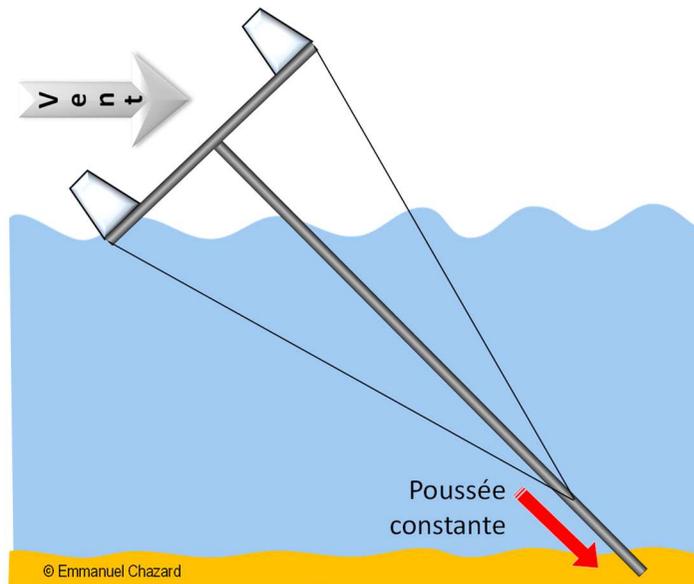


Figure 19. Plantage du mât dans le sol

Le mât se plante dans le fond, tandis que le vent continue à pousser sur un trampoline qui n'est pas réellement à plat faute de profondeur suffisante pour capoter (Figure 19). Le plantage du mât empêche naturellement le catamaran de tourner pour se mettre dans l'axe du vent. Le diagnostic est porté sur les critères suivants :

- le bateau est impossible à resaler
- étrangement, malgré le vent, le bateau ne dérive pas alors qu'un bateau dessalé a tendance à glisser rapidement sur l'eau
- il n'est pas possible de faire tourner le bateau, ni en faisant ancre flottante, ni en nageant
- le bateau est relativement stable lorsque l'équipage marche le long de la coque

4.1.3.3 Traitement

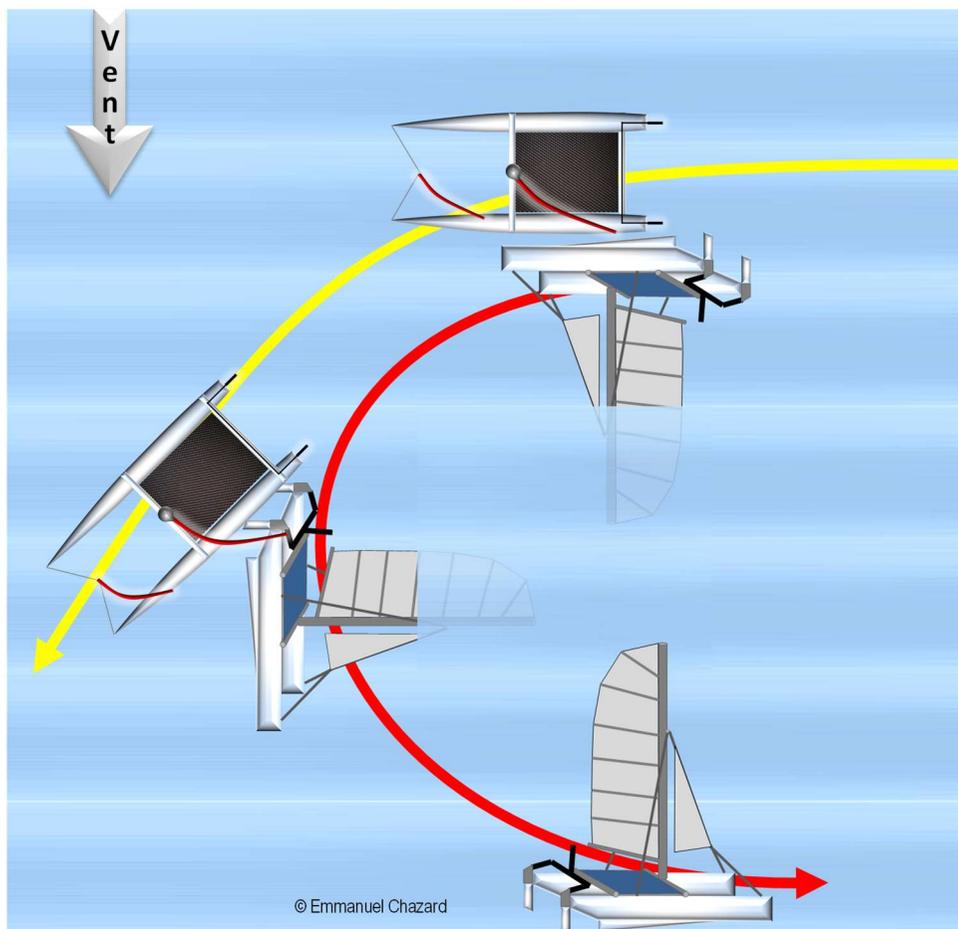


Figure 20. Extraire un mât planté dans le fond pour resaler

Le traitement est aussi brutal que difficile (Figure 20). Il s'agit, pour une seconde embarcation, de passer à pleine vitesse en vent de travers près du catamaran et de l'agripper. Là, il faudra tenir fort car rien n'est facile. Le catamaran en péril finit par pivoter (tout en faisant abattre le secourant). Dès que le mât est libéré, en raison du vent important, le catamaran se place immédiatement dans une position propice au resalage.

Notez que, pour des raisons évidentes de traînée inhérente à la grand' voile, le catamaran devra être **abordé par l'arrière** et non par l'avant. En outre, pendant la phase de traction du bateau, il faut veiller à ne pas se faire coincer les mains, ce qui pourrait entraîner des amputations de doigts.

4.1.3.4 Prévention

Nous rappellerons ici des règles bien connues à propos du dessalage :

- choquer les voiles immédiatement
- ne pas se retenir au trampoline
- ramener le bateau face au vent
- se dégager rapidement en cas de chute sur la voile

4.1.4 Coque pleine d'eau

4.1.4.1 Diagnostic

Il est présumé devant l'impossibilité de ressaler un catamaran du fait de mouvements pendulaires incessants. Les causes sont simples : bouchons oubliés, coque non vidée régulièrement, trou dans la coque. Le problème est particulièrement sensible lorsque la coque pleine se retrouve en position haute après un dessalage.

4.1.4.2 Traitement

Tenter tout d'abord de faire tourner le bateau pour mettre la coque pleine vers le bas, en espérant que l'autre coque, elle, soit vide.

S'il n'est pas possible d'inverser le bateau, ou si les deux coques sont pleines, la solution consiste à retirer le bouchon de la coque située en hauteur, et, sans le perdre, à faire pencher la coque vers l'arrière afin qu'elle se vide. Reboucher puis procéder à la manœuvre habituelle. Il faut faire très attention à ne pas perdre le bouchon...

4.1.5 Resalage en solitaire

Resaler un catamaran seul peut être impossible pour un barreur léger. On ne devrait pourtant jamais naviguer sans être certain de pouvoir faire face à un dessalage. Voici quelques recommandations :

- Plus que jamais, prenez garde au positionnement du catamaran par rapport au vent
- Utilisez votre harnais de trapèze : sans faire de nœud, passez-y une boucle du bout de resalage, afin de descendre au plus près de l'eau sans vous fatiguer
- Ensuite, essayez de peser par à-coups

Le plus prudent est d'équiper votre catamaran d'un dispositif de resalage. On pourra citer :

- Une barre de redressement : nous vous indiquons comment en fabriquer une dans la section [Fabriquer une barre de redressement en page 183](#)
- Un sac à eau, réalisable avec un sac étanche et un bout

- Des haubans extensibles (avec un risque de démâtage)

4.2 Démâtage

Le démâtage survient le plus souvent par rupture d'un hauban abîmé, d'où la nécessité de les contrôler régulièrement. Plus rarement, on assiste à un démâtage partiel par rupture de l'étai, des pantoires, ou de l'une de leurs attaches. Souvent, il faut alors tout retirer pour obtenir un démâtage complet.

Il faut ramener le mât sur le catamaran, puis affaler les voiles sur place en les calant bien sous le mât, qui sera disposé transversalement. Puis procéder au remorquage.

Nous insisterons sur le fait que dans ces conditions, si le bout de resalage ou de remorquage est fixé sur le seul pied de mât, il risque d'être perdu ! C'est pourquoi ces bouts doivent être fixés autour de la traverse antérieure.

4.3 Remorquage

Nous envisagerons sa réalisation sur un bateau dont les organes sont sains. Dans le cas contraire il faudra s'adapter.

Selon les circonstances, il faudra peut-être affaler les voiles et les ranger. Ensuite, installer le bout de remorquage. Le bout de remorquage prolonge le bout de resalage à l'aide d'un « nœud d'écoute » qui est en fait un nœud de chaise réalisé avec deux bouts différents (Figure 21). Attention au sens de la boucle de début.

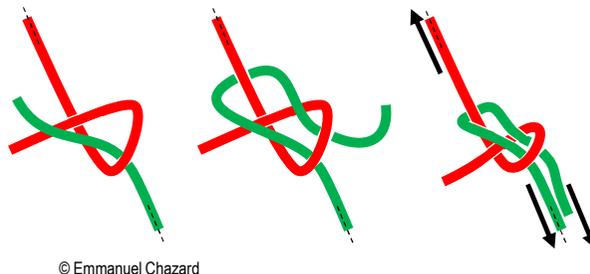


Figure 21. Le nœud d'écoute

Il doit ensuite passer sous la patte d'oie. Mais afin d'éviter qu'il ne passe sous les coques à chaque changement de trajectoire, on réalise un polygone à l'aide d'un petit bout (ici en bleu sur la Figure 22).

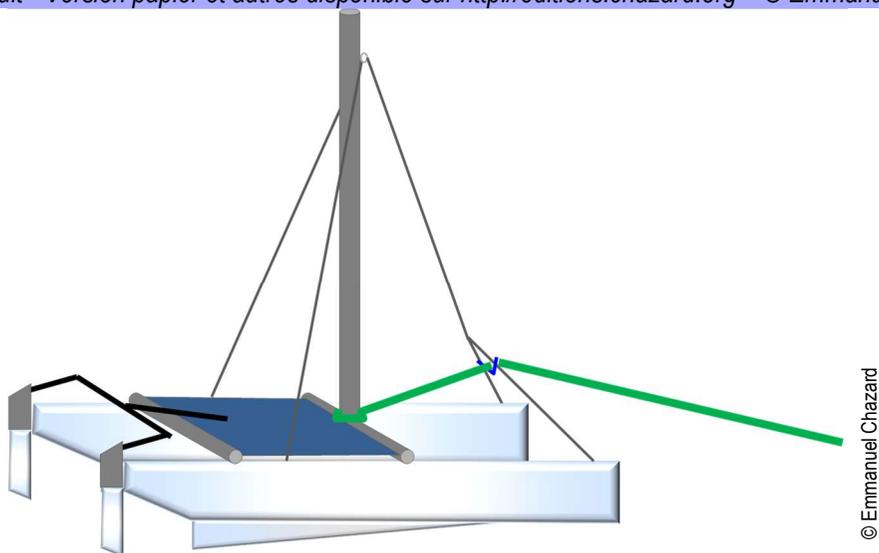


Figure 22. Passage d'un bout de remorquage sous la patte d'oie

Il est ensuite attaché à l'embarcation qui remorque. S'il s'agit d'un autre catamaran, il utilise son propre bout de remorquage qui pend dans l'eau en passant sous le trampoline. Un des équipiers restera à la barre afin d'accompagner la trajectoire. Dans le cas contraire, il faudra relever les safrans et les éventuelles dérives.

4.4 Manœuvres avancées

Les manœuvres de récupération d'un homme à la mer et de prise de mât seront évoquées dans le chapitre [Arrêt à la cape en page 57](#).

5 Marche arrière classique, face au vent

5.1 Principes

L'intérêt de la marche arrière face au vent est qu'elle constitue l'unique moyen de se déplacer dans l'axe du vent en conservant la possibilité de s'arrêter instantanément et sans manœuvre. En termes de trajectoire, cette marche arrière permet de suivre la même trajectoire qu'un bord de vent arrière, mais avec la possibilité de s'arrêter instantanément (Figure 23).

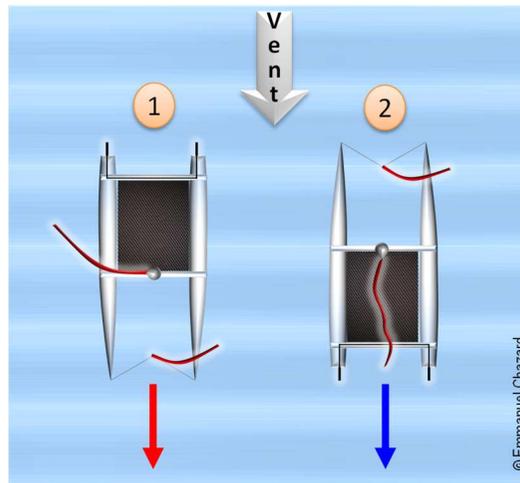


Figure 23. Vent arrière (1) et marche arrière face au vent (2) suivent la même trajectoire

Sa mise en œuvre repose sur un trépied logique :

- La propulsion est assurée en maintenant à la main le foc gonflé à contre
- Les safrans doivent impérativement être hors de l'eau : il faudra les relever et soulever les tableaux arrière des coques en se plaçant en avant.
- Le bateau est maintenu dans l'axe en bordant la GV à plat, le centre de gravité du catamaran étant avancé au maximum.

Une chronologie est proposée plus bas (arrivée sur plage par un vent de mer).

Il résulte de ces éléments la position présentée en 3° partie.

5.2 Pourquoi les safrans vous veulent du mal

Dans une marche avant, la position des safrans dans l'axe des coques est un équilibre stable : si on les écarte de l'axe en lâchant la barre, ils tendent à y revenir.

Dans la marche arrière, cette position est un équilibre instable. Les safrans tendent *a contrario* à adopter une position extrême (soit à bâbord, soit à tribord).

Les safrans, une fois perpendiculaires à l'axe de la coque, font cabrer le catamaran, mais surtout l'écarteront à coup sûr de l'axe du vent. Le bateau se retrouve alors travers au vent, et la GV reprend son rôle de propulsion.

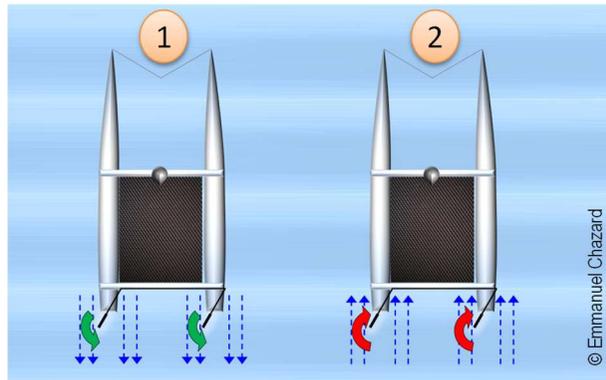


Figure 24. Effet du sens de la marche, avant (1) ou arrière (2), sur le comportement des safrans

La Figure 24 montre le catamaran vu de dessus. Les flèches bleues pointillées représentent le flux de l'eau par rapport au bateau. Les flèches courbes représentent le mouvement imprimé aux safrans. En marche avant (1) les safrans tendent à rejoindre le plan sagittal, tandis qu'en marche arrière, les safrans tendent à s'en écarter.

Dans une marche arrière face au vent, il est donc impératif de sortir entièrement les safrans de l'eau.

5.3 Position

Lors de la marche arrière conventionnelle, le catamaran est face au vent.

Les coéquipiers sont debout chacun sur l'avant d'une coque. L'équipier (ici en noir) tient le foc à contre, le barreur tient l'écoute de la GV, laquelle GV est bordée à fond. Le barreur (ici en bleu) doit être prêt à la choquer rapidement à proximité du bord. Les safrans sont, faut-il le rappeler, relevés (Figure 25).



Figure 25. Marche arrière face au vent : position de l'équipage

5.4 Chronologie d'une mise en marche arrière face au vent

Pour mettre un catamaran en marche arrière face au vent, il faut suivre ces étapes dans l'ordre :

- Mettre le catamaran **au près**, avec notamment la GV bien bordée
- **Remonter entièrement les safrans** tant que le bateau avance (c'est plus facile !). Les safrans ne seront pas utiles pour terminer de lofer. Il est risqué et plus difficile de remonter les safrans plus tard, nous vous conseillons vraiment de le faire avant que le bateau recule. Il faut noter également que, en navigation en solitaire, commencer par remonter les safrans est probablement la seule manière de réussir sans complication cette manœuvre
- Terminer de lofer pour mettre le bateau face au vent, sans les safrans :
 - **choquer le foc**
 - **border la GV** à plat
 - déplacer le poids de l'équipage **vers l'avant** du trampoline
- L'équipier se positionne sur l'avant d'une coque et tient le **foc à contre** à la main
- Le barreur se positionne sur l'avant de l'autre coque, en **tenant l'écoute de GV** à la main, et en terminant le cas échéant de border la GV.

Une fois dans cette position, le catamaran recule strictement dans l'axe du vent. Il n'est pas possible de guider le catamaran, il suit précisément la direction du vent. Le barreur doit toujours **garder l'écoute de GV en main** pour être prêt à choquer la GV au moindre incident (ex : un safran descend dans l'eau et fait tourner le bateau, entraînant un risque de dessalage).

5.5 Chronologie d'un retour en marche avant

Le retour en marche avant est immédiat et sans difficulté. L'ordre des opérations n'est pas très important, si ce n'est qu'il faut en priorité choquer la GV pour éviter de dessaler. On peut proposer la chronologie suivante :

- Le barreur **choque la GV** à distance
- Le barreur et l'équipier retournent sur le trampoline
- Le barreur descend les safrans en imposant tout de suite la direction correspondant à l'amure souhaitée
- Le barreur vérifie que la GV est bien choquée, pour permettre une abattée efficace
- L'équipier borde le foc du côté souhaité
- Dès que le bateau avance, le barreur inverse sa barre, puis borde progressivement la GV

6 Départ et arrivée

6.1 Principes généraux des départs

La chose est simple, le bateau est déchargé de la mise à l'eau face au vent et il faut ensuite abattre (s'écarter du vent) afin de prendre de la vitesse, puis se diriger où l'on souhaite. Rappelons seulement que, pour abattre, il faut (cf. le chapitre [Virement de bord en page 30](#)) :

- tirer la barre, mais, les safrans n'étant pas entièrement baissés, des mesures adjuvantes sont indispensables
- bien border le foc
- ne surtout pas border la grand' voile : c'est une erreur classique, qui remet le bateau face au vent
- répartir le poids de l'équipage en arrière, éventuellement sous le vent (du côté des voiles)

6.2 Principes généraux des arrivées

Là encore, de manière générale, le but sera de faire lofer le bateau le plus rapidement possible, pour s'arrêter **face au vent** à l'endroit choisi : un endroit où, sans que les coques ne touchent le sable, l'équipier aura pied. Rappelons que pour faire lofer rapidement un bateau, il faut :

- pousser la barre, mais, les safrans étant partiellement relevés, des mesures adjuvantes sont indispensables
- **border la grand' voile !** On aurait tendance à choquer la GV pour ralentir, mais c'est une erreur que les coques paient souvent cher !
- choquer le foc (ou l'enrouler si vous disposez d'un enrouleur de foc)
- avancer le poids de l'équipage sur le trampoline et du côté au vent (côté opposé aux voiles)

6.3 Exemples de situations

6.3.1 Départ et arrivée avec un vent parallèle au rivage

Le cas d'un vent parallèle au rivage est le cas le plus facile.

Pour le départ (partie gauche de la Figure 26) :

- Le bateau est au départ face au vent. L'équipier reste dans l'eau et tient le bateau par l'avant, du côté qui sera le côté au vent après le départ
- Le barreur monte à bord et prépare le bateau : il baisse les safrans, prépare la GV (accroche le palan, étarque le cunningham et la bordure, vérifie que tout est en ordre etc.), et choque en grand la GV
- Le barreur borde le foc sur l'amure souhaitée

- Le barreur tire la barre
- L'équipier pousse le catamaran latéralement vers le large et monte immédiatement à bord
- Par la suite, une fois au travers, le barreur remet la barre droite, termine d'abaisser les safrans si nécessaire, puis seulement borde la GV

Pour l'arrivée (partie droite de la Figure 26) :

- Le bateau navigue initialement au travers
- Selon la profondeur d'eau, le barreur peut débloquer les safrans pour qu'ils remontent au contact du sol
- L'équipier choque en grand le foc
- Le barreur borde la GV et pousse la barre
- Lorsque le catamaran est face au vent ou presque, l'équipier descend dans l'eau et tient le bateau par l'avant, côté au vent
- Le barreur choque la GV puis remonte entièrement les safrans

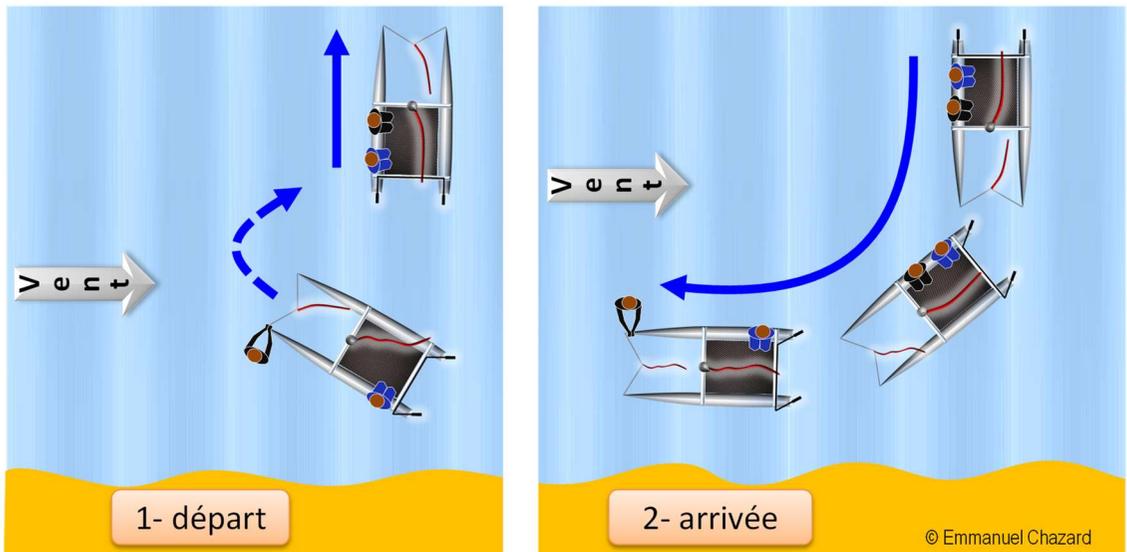


Figure 26. Départ et arrivée par vent latéral

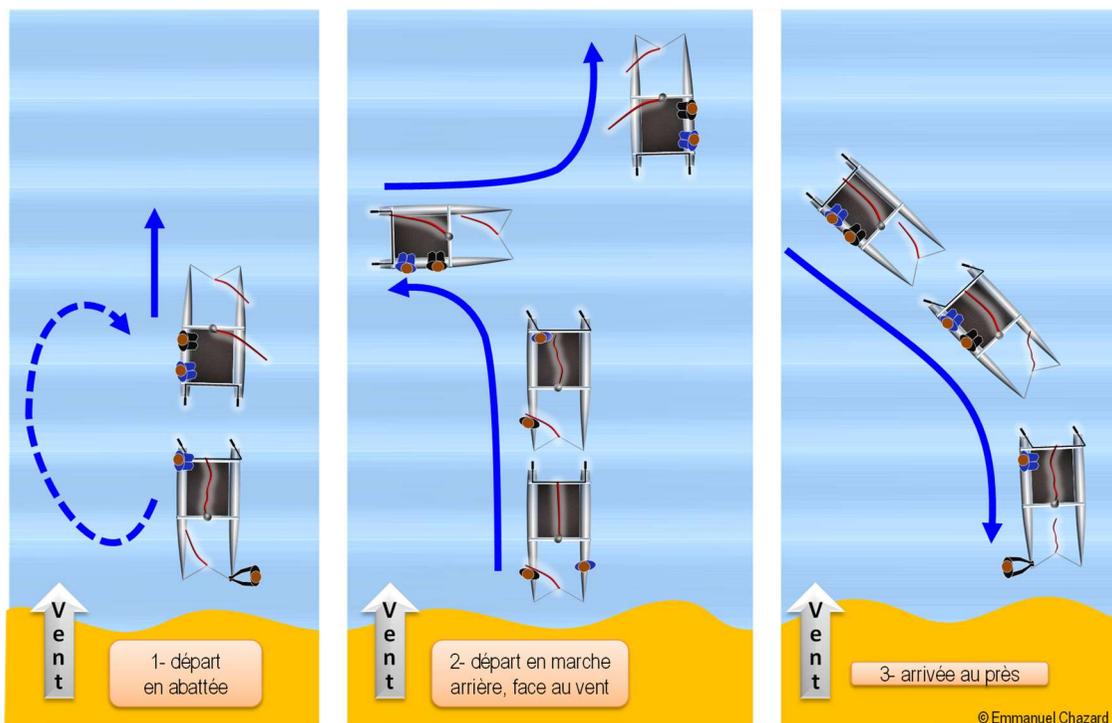
6.3.2 Départ et arrivée avec un vent de terre

Le départ est rendu plus complexe par la nécessité de faire une grosse abattée. Si l'eau reste peu profonde sur une grande distance et s'il n'y a pas d'obstacle à la ronde, cela ne pose pas de problème particulier (partie gauche de la Figure 27). Pour accompagner l'abattée, il est alors très important de choquer en grand la GV. Le barreur peut s'accroupir à l'arrière et sous le vent pour amplifier la rotation du bateau.

Si cependant le rivage est très pentu, ou s'il y a des obstacles empêchant le demi-tour, il devient alors souhaitable de recourir à une marche arrière face au vent pour

partir (partie centrale de la Figure 27). L'équipage part en marche arrière comme vu précédemment. La mise en œuvre est plus simple qu'en mer, car l'équipier tient le bateau par l'avant jusqu'à ce que tout soit prêt. Au sortir de la manœuvre, le bateau se retrouve au vent de travers, et peut encore abattre en avançant, sans difficulté.

L'arrivée quant à elle sera très simple, comme précédemment, sans aucun risque de vitesse excessive (partie droite de la Figure 27).



6.3.3 Départ et arrivée avec un vent de mer

Le départ est théoriquement simple, une légère abattée permet de partir au près (partie 1 de la Figure 28). Pour les départs au près, rappelons qu'il faut border le foc et, généralement, garder la GV bien choquée le temps de prendre de la vitesse. Une GV bordée rend le départ impossible. Ce n'est parfois pas si évident : il est impossible de démarrer exactement au près car, sans vitesse, le bateau dérive trop. On doit donc partir au près bon plein ou au petit largue, en sachant qu'au début le catamaran reculera doucement. Afin d'éviter de toucher le sable, l'équipier qui tient le bateau devra se mouiller plus, et lancer le bateau en avant et en abattée avant de monter à bord.

Pour ce qui est de l'arrivée, trois possibilités s'offrent à nous :

- L'arrivée à l'américaine, ou beachage, généralement déconseillée

- L'arrivée classique par auloffée, souvent inadaptée
- L'arrivée avec marche arrière face au vent, idéale dans ce cas

Nous devons tout d'abord évoquer l'**arrivée à l'américaine** ou « **beachage** » (partie 2 de la Figure 28). Cette manière de procéder est **généralement interdite en école de voile**. Cette manœuvre consiste simplement à accoster à pleine vitesse en vent arrière sur la plage. Elle n'est possible que sur des plages de sable fin. Au contact du sol, les safrans se relèvent automatiquement. Immédiatement, l'équipier (ou un superviseur) doit attraper la **pantoire au vent**, et faire tourner le catamaran **en tirant** et pas en poussant, pour éviter l'empannage à tout prix et pour qu'il reste lui-même au vent du catamaran, pour empêcher une éventuelle gîte. Le barreur peut rester un peu assis pour éviter un dessalage du bateau. Ce dessalage sur le sable serait catastrophique, car il pourrait plier le mât. L'arrivée à l'américaine est fréquemment préconisée en location ou en club de vacances, car les navigateurs ne reçoivent pas de formation théorique. Elle peut également être nécessaire en cas de « **shore break** » (vague de bord, brisant de rivage ou encore rouleau de bord), entraînant à la fois des vagues violentes et une marche au sol très importante à quelques mètres seulement du rivage.

Une arrivée plus traditionnelle sera de **lofer en approchant du rivage** (partie 3 de la Figure 28). Ce type d'arrivée nécessite que le rivage soit peu pentu, afin que l'équipier ait pied à distance du rivage, et d'avoir la place suffisante pour l'auloffée. On note que, si l'auloffée est ratée, cette arrivée peut se terminer en arrivée à l'américaine, avec des dégâts sur les coques. Il faudra donc s'assurer, surtout si les safrans sont débloqués voire relevés, que la **GV est bien bordée** et que le foc est entièrement choqué.

L'arrivée idéale est représentée sur la partie 4 de la Figure 28 : elle consiste en une grande auloffée à distance du rivage, puis une **marche arrière face au vent**. On notera que, les safrans étant relevés, l'arrière du bateau déchargé, et la vitesse modérée, il est alors possible de reculer jusqu'à toucher le sable. Cette approche permet de franchir élégamment le shore break, sans la brutalité de l'arrivée à l'américaine. Nous recommandons cette approche dans quasiment toutes les circonstances. Comme détaillé dans le chapitre [Marche arrière classique, face au vent en page 48](#), il est recommandé de relever les safrans tant que le bateau avance, durant la phase d'auloffée.

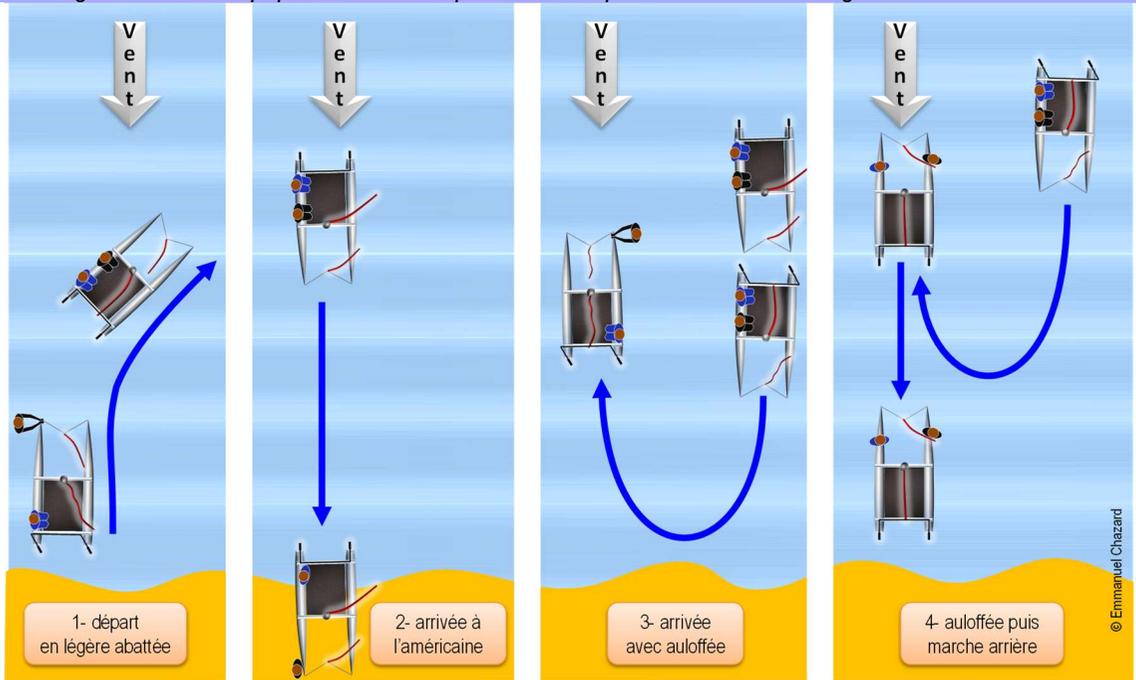


Figure 28. Départ et arrivée par vent de mer

7 Arrêt à la cape

7.1 Manœuvres d'arrêt à la cape et de départ

7.1.1 Principes

Il est quasiment **impossible de s'arrêter strictement en catamaran**. En effet, il est impossible de maintenir un catamaran face au vent. Quand bien même, il serait alors difficile de repartir, et on aurait du mal à fixer l'amure de départ (bâbord ou tribord). L'**arrêt à la cape** propose une solution à ce problème. Il permet de maintenir le bateau dans une direction qui oscille entre le près et le travers, sur l'amure choisie. Comme dans tout arrêt, la grand-voile doit être entièrement choquée. Le maintien dans la bonne direction sera ensuite obtenu grâce au conflit entre la barre qui, poussée, tendrait à faire lofer, et le foc qui, bordé à contre, tendrait à faire abattre. Le bateau alterne ainsi des phases d'avancée et de recul, et semble relativement stable.

La **cape forcée** est la manœuvre la plus usuelle : elle est très simple et indispensable à connaître. La **cape courante depuis un virement de bord**, et la **cape courante depuis un empannage** sont des manœuvres faciles à mettre en œuvre, mais d'usage moins fréquent.

Nous rappellerons les éléments suivants :

- la grand' voile fait avancer et lofer le bateau
- le foc, bordé normalement, fait avancer et abattre le bateau
- le foc, bordé à contre, fait reculer (ou ralentir) et abattre le bateau
- la barre, poussée et en marche avant, fait lofer le bateau
- la barre, poussée et en marche arrière, fait abattre le bateau

7.1.2 Chronologie d'un arrêt à la cape forcée

L'arrêt en **cape forcée** est la manœuvre indispensable à connaître. Elle peut être lancée de n'importe quelle allure. On parle de cape forcée car l'équipier doit forcer le foc à contre, c'est-à-dire choquer l'écoute et border la contre-écoute.

La Figure 29 décrit cette manœuvre.

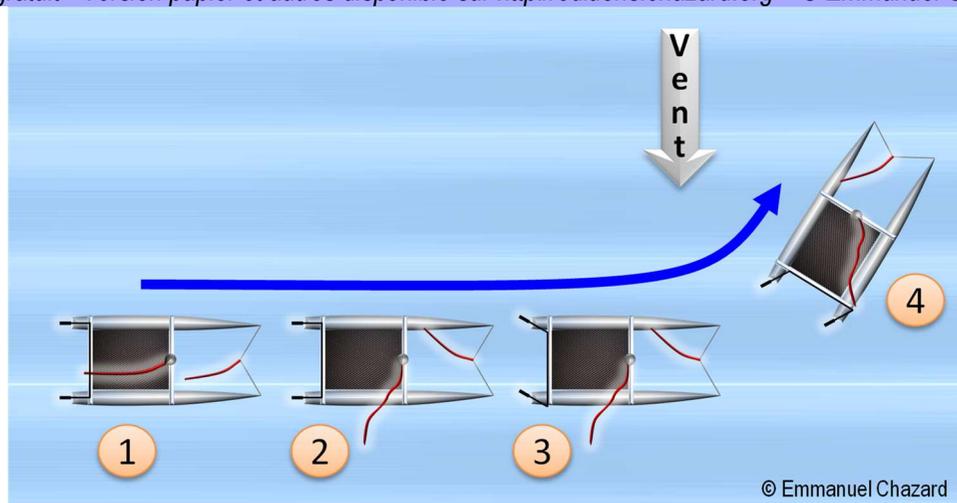


Figure 29. Mise à la cape forcée

La Figure 29 est légendée dans le texte qui suit.

La mise à la cape forcée peut être faite depuis **n'importe quelle allure** (près, travers, grand large, vent arrière). Ici, nous l'illustrons depuis le vent de travers (1). La première étape consiste à **choquer la grand' voile** et **border le foc à contre** (2). L'une comme l'autre de ces actions ont pour effet de réduire la vitesse et d'empêcher tout virement de bord. Enfin seulement, pousser la barre à fond (3) et l'y maintenir en permanence (4). Si la barre était poussée trop tôt, avant que le foc ne soit à contre, on risquerait de virer de bord.

7.1.3 Chronologie d'un arrêt à la cape courante depuis un VDB

La cape courante peut être obtenue au terme d'un virement de bord. Son nom vient du fait qu'à aucun moment l'équipier n'aura à positionner lui-même le foc à contre, la cape n'est donc pas forcée mais courante.

La Figure 30 décrit la manœuvre.

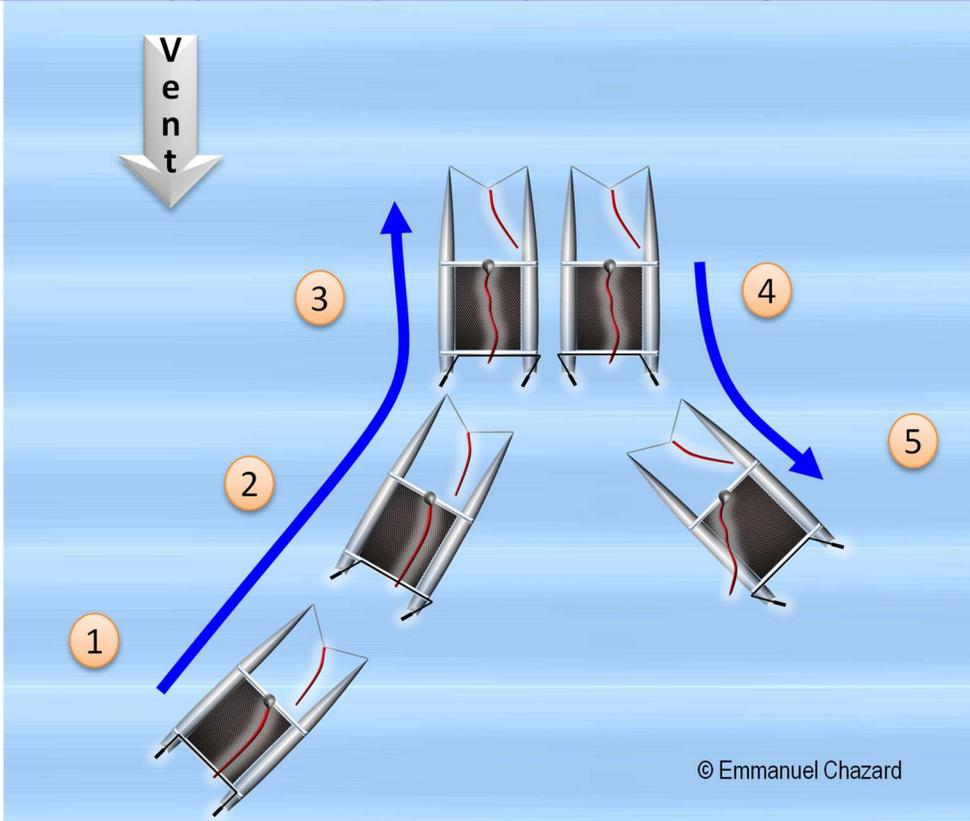


Figure 30. Mise en cape courante depuis un virement de bord

La Figure 30 est légendée ci-dessous.

Le catamaran est au près (1), et le VDB est lancé en poussant la barre, les deux voiles étant bien bordées (2). Dès que le catamaran est face au vent (3), le barreur choque la GV et **inverse la barre** (4). L'équipier **ne change pas le foc de côté**. Le bateau recule sur une courte distance en s'écartant du vent (5) et est désormais arrêté à la cape. L'équipage maintient la GV choquée, le foc bordé à contre et la barre dans cette position (tirée, ou poussée si le barreur change de côté).

7.1.4 Chronologie d'un arrêt à la cape courante depuis un empannage

La cape courante peut être obtenue au terme d'un empannage. Là encore, à aucun moment l'équipier n'aura à positionner lui-même le foc à contre, la cape n'est donc pas forcée mais courante.

La Figure 31 décrit la manœuvre.

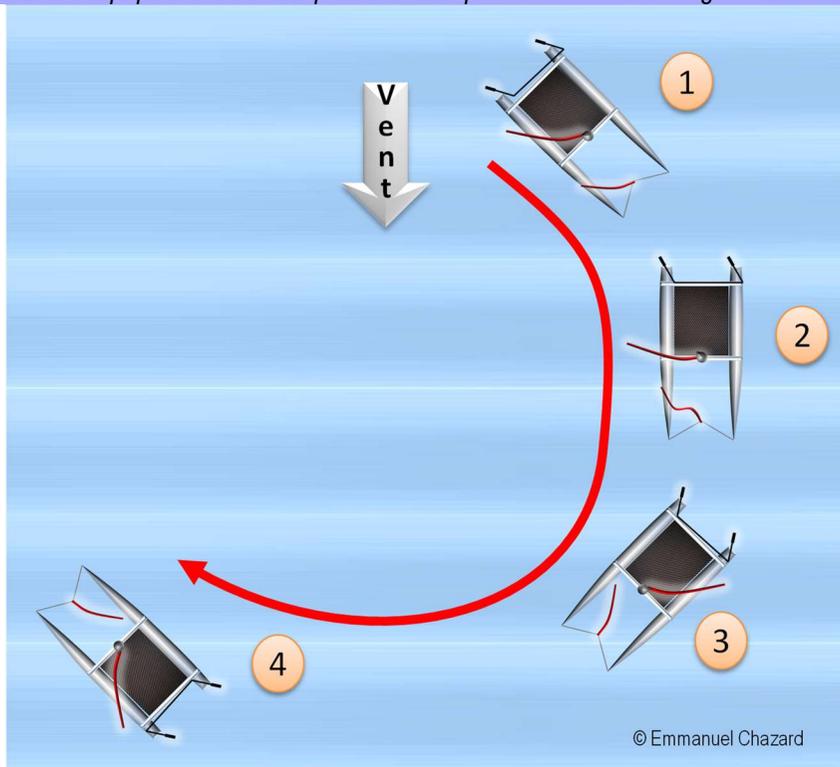


Figure 31. Mise en cape courante depuis un empannage

La Figure 31 est légendée ci-dessous.

L'empannage est lancé depuis le grand large en tirant la barre (1). Lorsque le catamaran est dos au vent, le foc se retourne spontanément (2). Le barreur fait alors passer la GV. L'équipier **ne change pas le foc de côté**. Le barreur **ne modifie pas la direction de la barre**. Le bateau entame une majestueuse auloffée (3). Le foc s'étant retrouvé à contre, le catamaran finit par s'arrêter à la cape (4). L'équipage maintient la GV choquée, le foc bordé à contre et la barre dans cette position (tirée, ou poussée si le barreur change de côté).

Cette manœuvre n'est habituellement pas décrite dans les livres. Il s'agit d'une manœuvre « mains libres », amusante car elle ne demande aucun geste en-dehors de tirer la barre au début. Elle présente l'inconvénient d'une grande auloffée post-empannage, et est donc déconseillée par fort vent ou à proximité d'autres navires ou obstacles. Elle est idéale pour les barreurs expérimentés naviguant en solitaire.

7.1.5 Chronologie d'un départ de la cape « classique »

Rappelons que le premier souci est d'abattre, et éviter ainsi tout virement de bord, puis seulement d'accélérer dans la bonne direction. La manœuvre décrite en Figure 32 est identique, que l'arrêt eût été fait en cape courante ou forcée. Cette

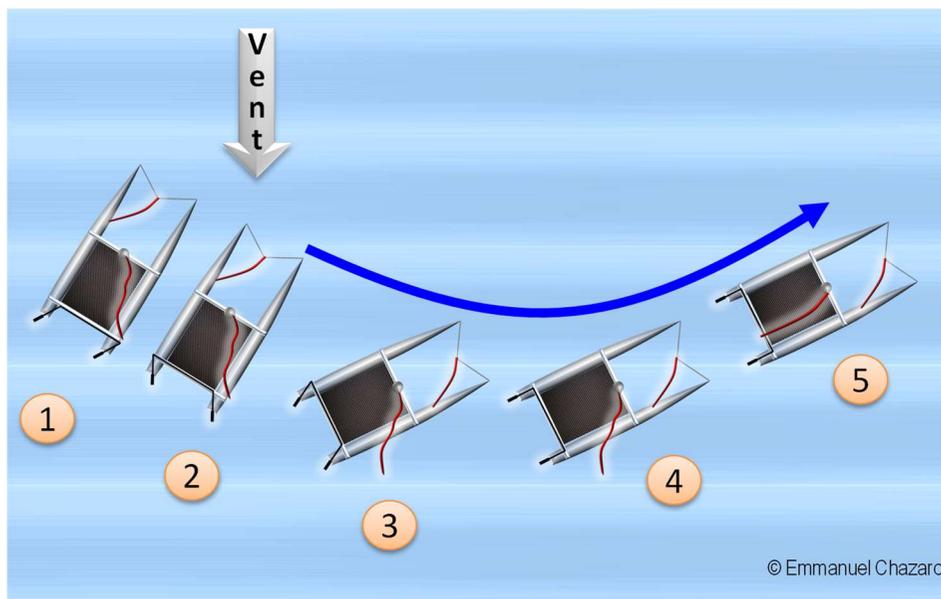


Figure 32. Départ d'un arrêt à la cape

La manœuvre décrite en Figure 32 est légendée ci-dessous. Le catamaran est arrêté à la cape, en position de près (1). La première action est de **tirer la barre** (2). Il faut noter que, en cas de fort vent, les coéquipiers perçoivent des phases d'avancée et de recul : il vaut mieux alors tirer la barre à l'occasion d'une phase d'avancée. L'équipier peut ensuite **remettre le foc sur la bonne amure** (3). Ensuite, lorsque le catamaran est dans la bonne direction, le barreur **remet la barre droite** (4). Enfin seulement, tandis que le bateau avance, le barreur **borde la GV**. La GV ne doit pas être bordée tant que le bateau n'est pas dans la bonne direction ou n'avance pas.

7.1.6 Mouvements d'un bateau à la cape

Le bateau arrêté à la cape n'est pas immobile. Il décrit un mouvement oscillatoire (qu'on sent très bien par fort vent) qui lui imprime une dérive harmonieuse et prévisible. Le bateau alterne :

- des **phases de marche avant** : le bateau est poussé par la GV bien qu'elle soit choquée, il lofe car la barre est poussée, pour atteindre une position au près. Là, la GV n'a plus de prise au vent. Alors, le foc à contre, dont la prise au vent a au contraire augmenté, fait reculer le bateau.
- des **phases de marche arrière** : poussé par le foc à contre, tandis que la GV ne le propulse plus, le bateau recule. Les safrans tendent alors à le faire abattre jusqu'à une position travers où la GV, bien que choquée, redevient efficace.

La direction et la vitesse de ces phases dépendent du point auquel la GV a été choquée.

Sur la Figure 33, nous avons représenté en bleu les trajectoires d'oscillation, en jaune la trajectoire globale. Les voiles ont été colorées ainsi : en rouge pour la voile qui est prédominante dans la courbe qui s'apprête à être décrite, en jaune pour l'autre.

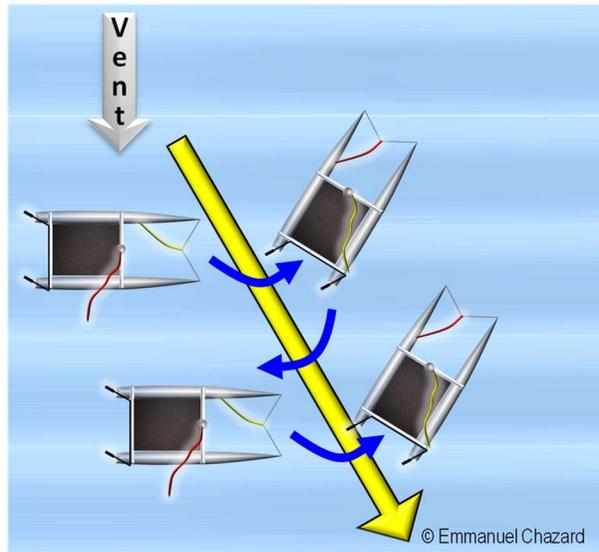


Figure 33. Mouvements d'oscillations d'un catamaran arrêté à la cape

La trajectoire ainsi décrite est influencée par trois facteurs :

- l'**amure** : un catamaran arrêté bâbord amure (comme en Figure 33) dérive vers la droite par rapport au vent, mais c'est l'inverse pour un catamaran arrêté tribord amure
- le **réglage de la GV** : lorsque la GV est bien choquée, les phases d'avancée et de recul sont équilibrées, et le bateau descend au vent. Lorsque la GV est mal choquée, les phases d'avancée prédominent et le bateau descend moins au vent mais s'écarte plus latéralement. Le poids de l'équipage a également son effet.
- la **synchronisation** : l'enchaînement des oscillations dépend de l'instant auquel le bateau s'est arrêté.

Ainsi, comme l'illustre la Figure 34, il n'est pas surprenant que plusieurs catamarans arrêtés à la cape au même endroit dérivent différemment. Si un moniteur souhaite conserver un groupe de catamarans arrêtés ensemble, il faut non seulement leur demander de s'arrêter sur la même amure et avec la GV choquée au maximum, mais également laisser les stagiaires s'agripper mutuellement.

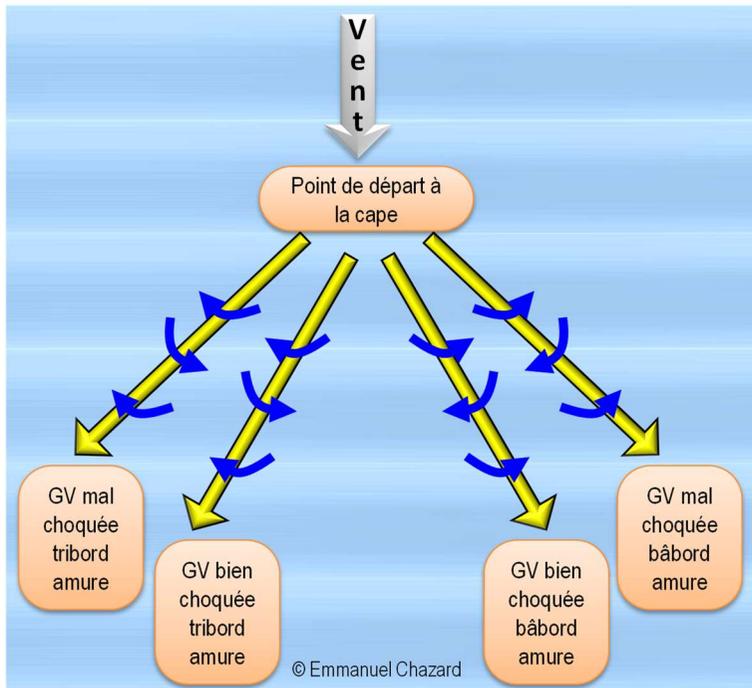


Figure 34. Différentes trajectoires de catamarans arrêtés à la cape

7.2 Applications à des cas particuliers

7.2.1 Repartir à proximité d'un danger

La cape permet à tout moment de repartir dans la direction voulue, ce que nous illustrons ici avec un cas pratique. Nous avons représenté sur la Figure 35 un catamaran arrêté à la cape. Par étourderie, il se retrouve dérivant vers un obstacle.

Il peut s'en tirer de trois manières différentes :

- La manière la plus simple est de **repartir en avant** de manière traditionnelle (1) : mettre les safrans droits, choquer le foc et de border la GV, afin d'avancer en direction d'un près bon plein. Cela suppose, compte tenu de la dérive, d'avoir un minimum de place sous le vent.
- A défaut de place sous le vent, on pourra tenter un **VDB sans élan** (2), en bordant à plat la GV, choquant le foc, et laissant la barre poussée. Une marche arrière est inévitable, mais la manœuvre a l'avantage de faire lofer et économiser quelques mètres. Cette approche nécessite une bonne habitude des VDB difficiles.
- Enfin, une méthode très adaptée pour éviter une collision imminente mais à laquelle on pense rarement, est **la marche arrière** (3) : border la GV à plat, laisser le foc à contre, mettre le poids en avant, et diriger à la barre le bateau qui recule : il n'est pas indispensable de relever les safrans.

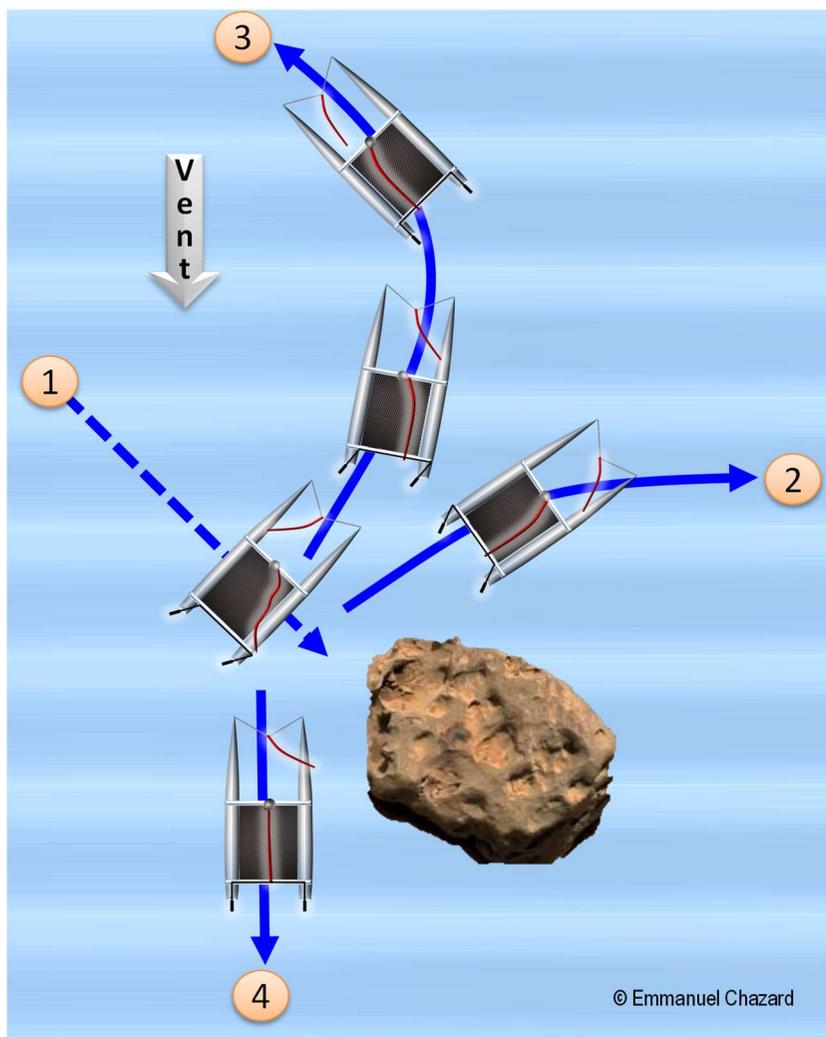


Figure 35. Trois manières d'éviter un obstacle à la cape

7.2.2 Repêcher un homme à la mer

7.2.2.1 Préambule

Il est indispensable de maîtriser la manœuvre d'homme à la mer (HLM) en solitaire et dans des délais brefs. Les personnes qui pratiquent en-dehors de groupes collectifs doivent s'y entraîner, en particulier pour les particuliers qui font naviguer des enfants avec eux. On peut s'y entraîner avec un objet flottant dans un premier temps.

7.2.2.2 Quel côté choisir ?

Savoir de quel côté prendre l'homme à la mer (HLM) fait l'objet d'un grand débat. Pour ma part, en solo, je recommande le côté au vent, mais le côté sous le vent peut être avantageux par très fort vent. Voici les arguments en faveur de chaque attitude :

Arguments pour la prise de la victime du **côté au vent**, c'est-à-dire du côté opposé aux voiles :

- le barreur est déjà de ce côté, et, étant seul aux commandes, il n'est pas très mobile
- si jamais le bateau n'est pas arrêté lorsque le batteur saisit la victime, cette dernière fait point de pivot du côté au vent, ce qui fait lofer le bateau et permet de l'arrêter
- la récupération de l'HLM sous le vent peut faire dessaler
- seul le champ visuel au vent est réellement libre.

Arguments pour la prise **sous le vent**, c'est-à-dire du côté des voiles :

- le côté sous le vent est plus bas (argument hilarant emprunté à la croisière)
- par gros temps, il est plus facile de s'arrêter au vent de l'homme à la mer : dès que le bateau ralentit, il dérive rapidement et se rapproche alors de la victime. Inversement, la manœuvre au vent est délicate car le catamaran avance trop vite et, dès qu'on lofe, se met tout à coup à dériver fortement, ce qui écarte le bateau de l'HLM.

7.2.2.3 Proposition simple de manœuvre, prise au vent

Idealement, il faudrait calculer sa trajectoire pour s'approcher au près de l'homme à la mer. L'expérience prouve que cela peut être difficile, surtout par gros temps et en solitaire. Il est difficile de bien calculer une trajectoire par rapport au plan d'eau, et de bien l'effectuer.

Je vous propose « en prêt à l'emploi » une manœuvre qui, de mon expérience, est à la fois simple à concevoir sur le plan d'eau, simple à exécuter en solitaire et surtout à réguler. Elle est présentée en Figure 36.

La première étape dépend de l'origine de l'HLM. Elle suppose l'identification d'une **ligne de travers** (pointillés blancs sur la Figure 36), parallèle aux lignes dessinées par **la houle**, qui passe par l'HLM.

- Si l'HLM est tombé de votre bateau, mettez-vous immédiatement et sans réfléchir au **vent de travers** en suivant la ligne de travers du lieu de chute (1).
- Si l'HLM ne vient pas de votre bateau, identifiez la ligne de travers passant par l'HLM et faites un premier passage à côté de l'HLM pour standardiser votre manœuvre et conseiller à l'HLM d'attendre patiemment votre deuxième passage (1).

Après quelques dizaines de mètres sur la ligne de travers, virez de bord ou empannez, en choisissant la manœuvre que vous maîtrisez le mieux (2), **sans changer le foc de côté**, de manière qu'il reste comme en cape courante. **Repartez au travers**, en suivant la trajectoire inverse (3). Essayez pendant tout ce temps de **ne pas perdre l'HLM de vue** : la ligne de travers vous aidera à le retrouver plus facilement.

A l'approche de la cible, réglez votre vitesse à l'aide de la seule GV, en laissant le foc à contre. Puisque vous êtes à nouveau au travers, il est facile de réguler votre vitesse et de changer au besoin de trajectoire, dans un sens ou dans l'autre. En réalité, le foc à contre vous fait dériver, si bien que pour suivre une trajectoire au travers, votre cap peut être au près bon plein, et il est plus facile de réguler votre vitesse et votre gîte.

Si vous allez trop vite bien qu'ayant choqué la GV, il est toujours possible d'abattre un peu pour pouvoir lofer à nouveau, ce qui vous ralentira. Par fort vent, méfiez-vous, on sous-estime souvent la dérive, et les auloffées stoppent rapidement le bateau, voire le font reculer.

Une fois contre la victime, à vitesse très faible, saisissez l'HLM avec votre main avant, gardez toujours le foc à contre, finissez de choquer la GV, poussez à fond la barre tout en tenant l'HLM, ce qui vous aidera à pivoter en lofant (4).

Tenez fermement l'HLM dans l'eau, attendez l'arrêt complet du bateau à la cape pour lâcher la barre et remonter l'HLM à deux mains, au vent et sur l'avant du trampoline.

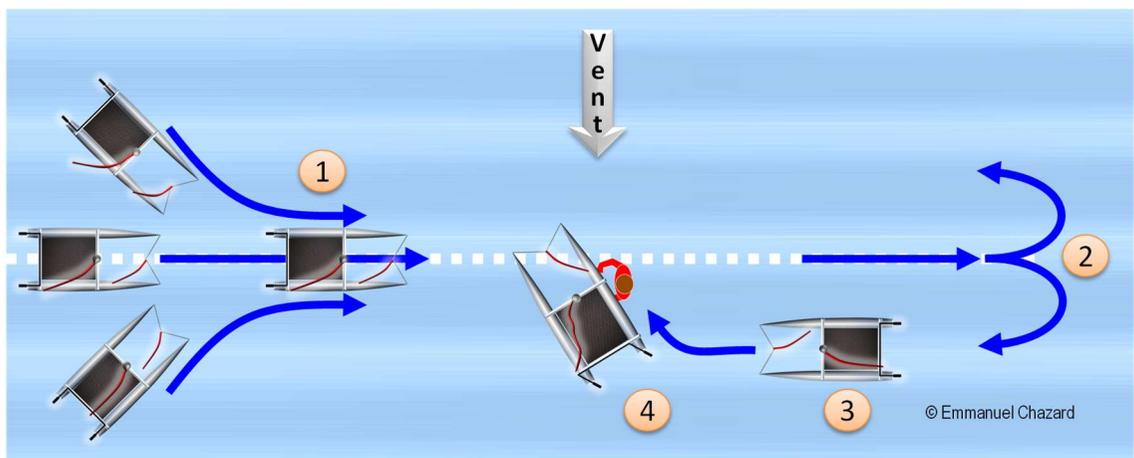


Figure 36. Exemple de manœuvre d'homme à la mer, prise au vent

Par petit temps, le bateau s'arrête lentement et vous pouvez donc ajouter 3 mètres d'erre (élan) lors de votre auloffée. Par gros temps, c'est plus difficile car, dès l'auloffée, le bateau recule. Il faut donc passer très près de l'homme, et l'attraper d'une main pendant l'auloffée, avant de s'arrêter. Dans tous les cas, une fois le

7.2.2.4 *Prise du côté sous le vent*

On peut commencer cette manœuvre de la même manière que la précédente, en s'aidant de la ligne de travers. Ensuite, arrêtez-vous à la cape au vent de l'HLM et laissez-vous dériver. Compte tenu de la dérive (voir précédemment les oscillations d'un catamaran arrêté à la cape), le secteur clair sur la Figure 37 peut convenir. En effet, la trajectoire à la cape peut être modifiée en bordant ou choquant la GV : bordez un peu pour adopter une trajectoire plus proche du travers, choquez pour plus suivre l'axe du vent.

Attention, au moment d'attraper l'homme, vous devrez lâcher la barre. Je vous recommande alors de rapidement vous déplacer vers l'avant en traînant l'HLM, afin d'éviter d'abattre.

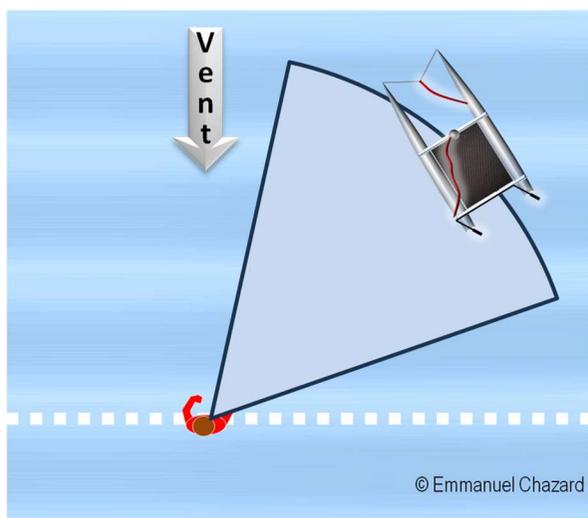


Figure 37. Exemple de récupération d'homme à la mer sous le vent

7.2.3 *Prise de mât*

7.2.3.1 *Définition*

La prise de mât est une manœuvre qui consiste, pour un bateau manœuvrant, à aider un bateau dessalé en difficultés (équipage trop léger ou épuisé, bout de resalage absent ou trop court). Pour ce faire, l'équipage saisit le mât et, après s'être assuré que l'orientation du bateau dessalé était la bonne, le lève, ce qui suffit à resaler le bateau si l'équipage "victime" exerce un poids minimal.

7.2.3.2 *Manœuvre*

La manœuvre d'approche est exactement celle décrite pour l'homme à la mer. Une difficulté supplémentaire survient : s'il est possible d'aborder le catamaran

dans deux sens, un seul sera le bon. Il faut donc réfléchir au cas par cas. Cependant, en règle générale, il faut aborder le mât **de telle manière que le bateau tourne ensuite face au vent** et non dos au vent.

DANGER :

- dans cette manœuvre, en montant, le mât risque de se prendre dans les haubans ou l'étau du catamaran secourant, ou encore de déchirer la voile
- si vous attrapez le mât en passant vos doigts entre le mât et ses câbles (haubans, étau, drisses), vous risquez l'arrachement de doigts lorsque le mât se lève

7.2.3.3 Deux exemples

Les deux exemples ci-dessous ne peuvent pas être généralisés : c'est le cas particulier d'un catamaran qui vient juste de dessaler et se trouve au travers avec le mât partant sous le vent. Néanmoins, ces illustrations devront être gardées à l'esprit pour choisir le bon sens d'abord, au cas par cas.

7.2.3.3.1 Un exemple d'abord correct

Dans le cas typique de la Figure 38, le catamaran vient juste de dessaler, il est encore au travers. Le bateau secourant aborde le mât au travers par l'arrière (1) et, au cours de son lof final, fait tourner le bateau victime (2). Par la suite, le bateau victime présente une prise au vent importante et continue à reculer (3), tandis que le bateau secourant, qui est à la cape, oscille. L'ensemble continue à tourner. Le barreur du bateau secourant doit changer de bras. Une fois le bateau victime bien face au vent, il est temps de lever le mât : le barreur lâche la barre, avance sur son trampoline pour maintenir son propre catamaran à la cape, et lève le mât (4).

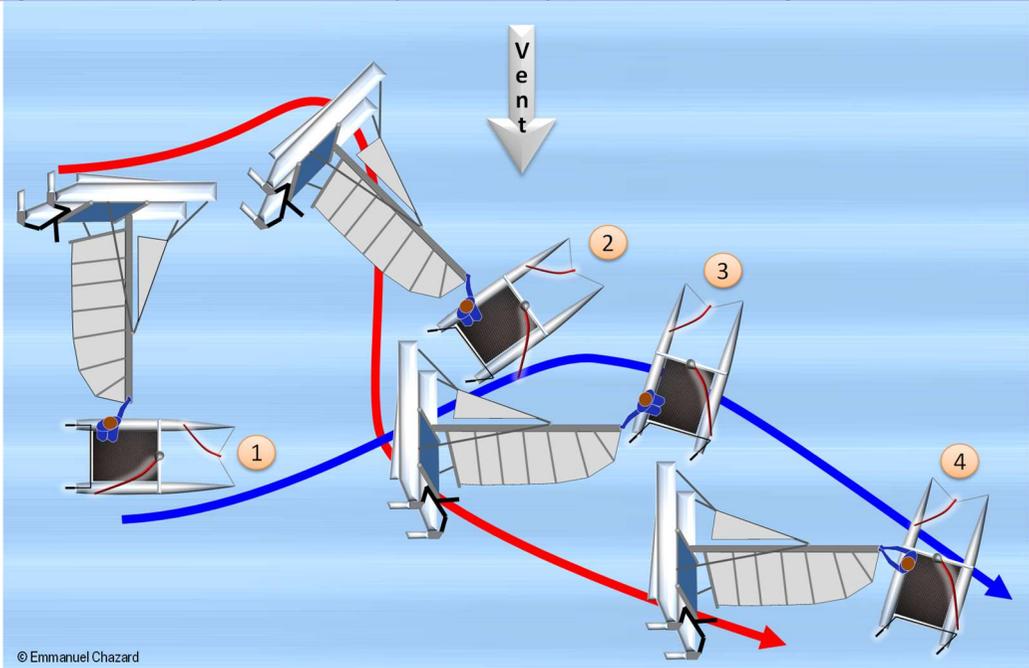


Figure 38. Exemple de prise de mât appropriée

7.2.3.3.2 Un exemple d'abord incorrect

Dans l'autre exemple Figure 39, le catamaran vient juste de dessaler, il est encore au travers. Le bateau secourant, mal avisé, aborde le mât au travers par l'avant (1) et, au cours de son lof final de mise à la cape, fait tourner le bateau victime (2). Ce faisant, le bateau victime se retrouve **dos au vent** ! Le bateau victime prend alors de la vitesse et descend sous le vent, ce qui contraint le secourant à lâcher le mât (3). L'opération a échoué. Ce n'est que partie remise !

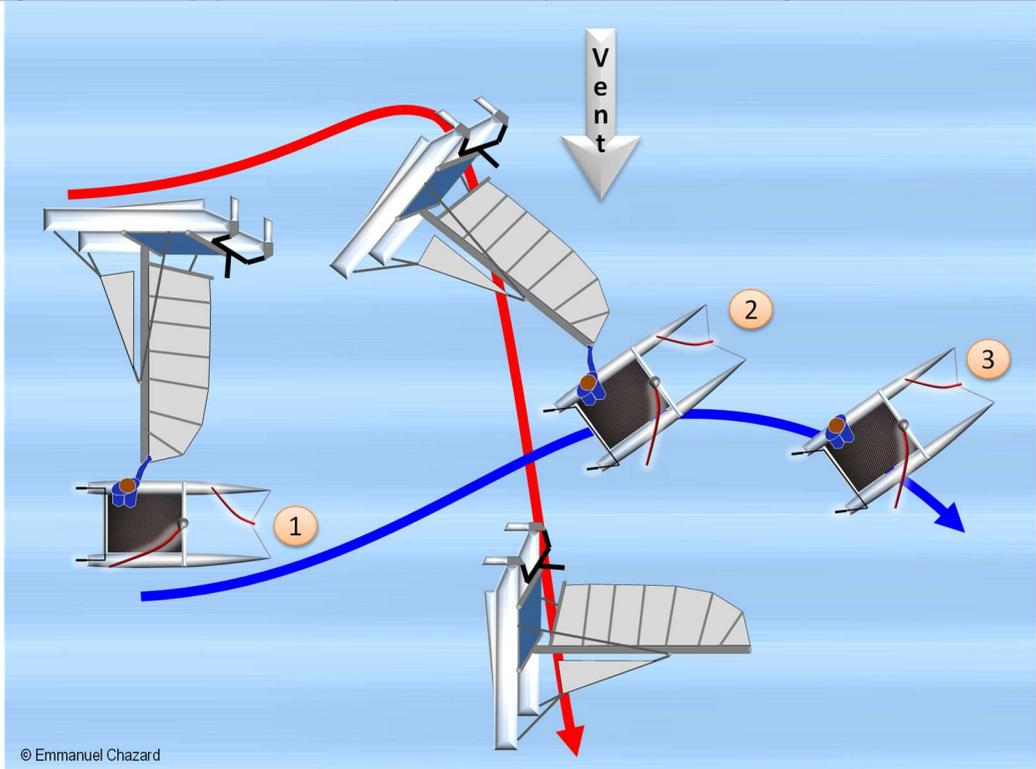


Figure 39. Exemple de prise de mât inappropriée

8 Remontée au vent, descente sous le vent

8.1 Graphiques polaires de vitesse en fonction de la direction

Imaginons que plusieurs bateaux partent en même temps d'un point fixé, en ligne droite dans plusieurs directions. Au bout d'un temps donné, on interrompt la course pour regarder à quel point sont les bateaux, et on relie ces points pour constituer un graphique. On obtient un graphique telle la Figure 41. Plus formellement, il s'agit d'un graphique polaire dans lequel la vitesse du bateau est représentée en distance, et la direction réelle² est représentée en angle : on l'appelle « polaire des vitesses ». Ainsi par exemple, le graphique en Figure 41 présente la vitesse d'un catamaran du marché pour un vent donné. Ces graphiques sont presque toujours symétriques. Par convention, on appose une vitesse nulle pour l'angle correspondant au vent debout, alors qu'en réalité le bateau recule. On peut apposer sur le même graphique une courbe par vitesse de vent.

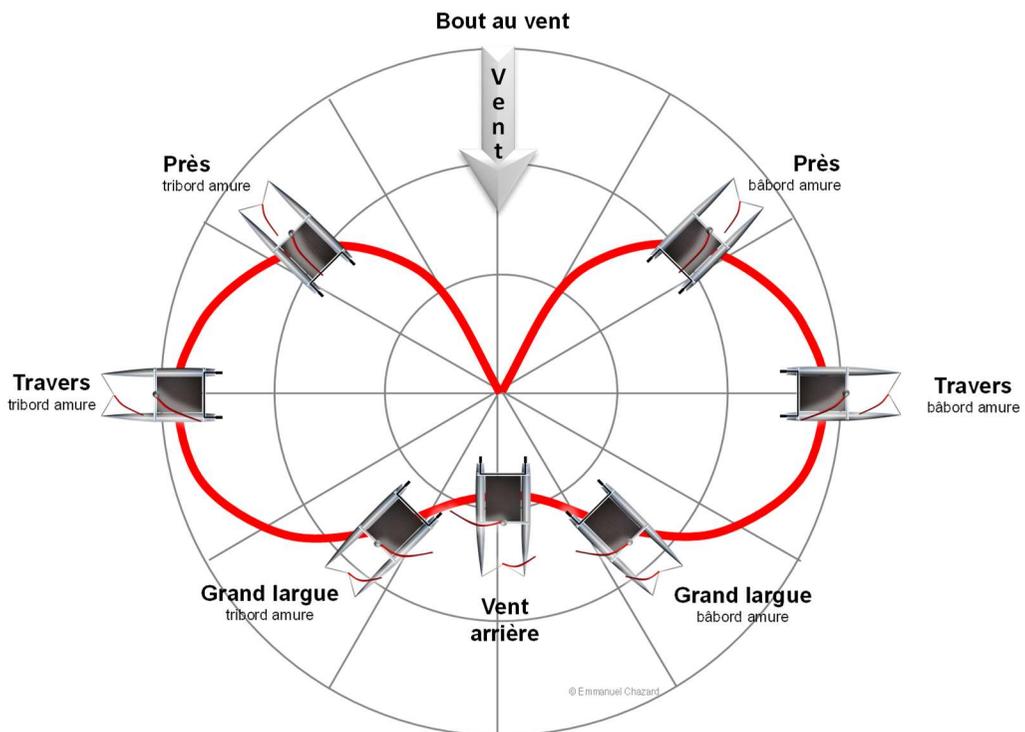


Figure 40. Principe d'une courbe polaire de vitesse

Ce graphique apporte plusieurs enseignements.

² Il s'agit bien de la trajectoire réelle observée, au sens du point atteint au terme du temps imparti, en tenant compte de la dérive du navire.

Comme nous le savions, il est **impossible d'avancer face au vent**, il faudra donc tirer plusieurs bords de près, c'est-à-dire **louvoyer**.

Contrairement à la sensation perçue à bord, le **travers est plus rapide que le près**. De manière générale, entre le près serré et le travers, plus on abat, plus on va vite. Plusieurs éléments expliquent cela :

- la direction du clapot, qui est, rappelons-le, celle du vent : il freine donc moins le bateau
- la force aérodynamique est mieux orientée, et génère donc plus de propulsion et moins de dérive (voir le chapitre [Vent réel, vent vitesse, vent apparent en page 90](#))
- rapidement, la prise de vitesse amène le bateau en régime laminaire optimal (voir le chapitre [Aérodynamique : écoulement de l'air sur les voiles en page 100](#))

Le **vent arrière est très peu performant**, Cette piètre performance s'explique ainsi :

- l'écoulement laminaire est impossible au vent arrière (voir le chapitre [Aérodynamique : écoulement de l'air sur les voiles en page 100](#))
- rapidement, la prise de vitesse diminue fortement le vent apparent (voir le chapitre [Vent réel, vent vitesse, vent apparent en page 90](#))

Nous avons vu qu'il était impossible de remonter directement au vent. Imaginons maintenant que, afin d'atteindre un point au vent, à la fin du temps imparti chaque navire réalise un virement de bord et parte avec le même angle sur l'amure opposée, pendant de nouveau la même durée (partie gauche de la Figure 41). On constate que les trajectoires *a*, *b* et *c* sont naturellement meilleures que le fait d'aller tout droit face au vent, mais on voit également qu'il existe un compromis à trouver entre la vitesse et l'angle, au point que la trajectoire *b* finisse par atteindre un point plus éloigné au vent que les autres (partie gauche de la Figure 41). Cette problématique d'optimisation trajectoire-vitesse est appelée **gain au vent**.

Nous avons vu également que le vent arrière était possible mais probablement pas optimal. Imaginons maintenant que, afin d'atteindre un point sous le vent, à la fin du temps imparti chaque navire réalise un empannage et parte avec le même angle sur l'amure opposée, pendant de nouveau la même durée (partie droite de la Figure 41). On constate que les trajectoires *b*, *c* et *d* sont meilleures que la trajectoire *a* qui correspond au vent arrière. On voit également qu'il existe un compromis à trouver entre la vitesse et l'angle, au point que la trajectoire *c* finisse par atteindre un point plus éloigné sous le vent que les autres (partie droite de la Figure 41). Cette problématique d'optimisation trajectoire-vitesse est appelée **gain sous le vent**.

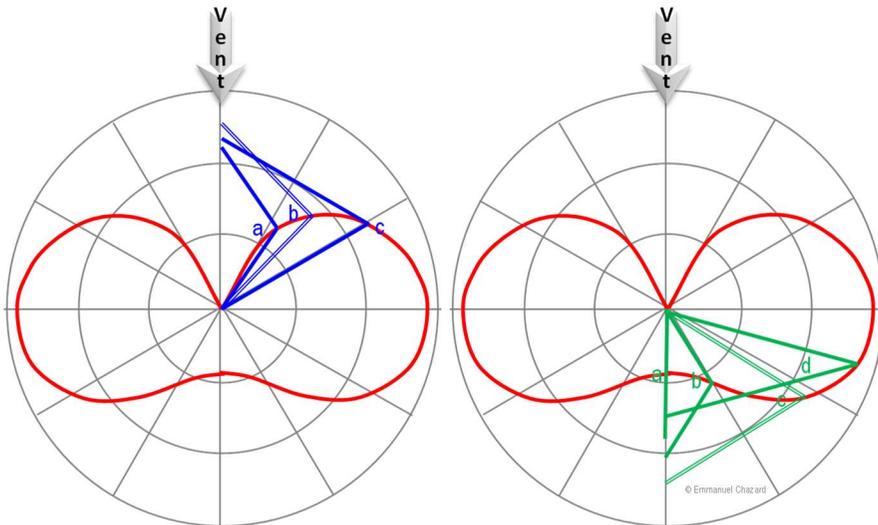


Figure 41. Courbe polaire : gain au vent (gauche), gain sous le vent (droite)

8.2 Louvoyage, gain au vent

8.2.1 Utilité

Il est indispensable de savoir **louvoyer** (tirer plusieurs bords de près) pour remonter au vent, sans quoi il n'est pas possible de se déplacer où on souhaite.

8.2.2 Quel cap choisir ?

Il faut choisir un cap suffisamment serré, sans pour autant trop affecter la vitesse. On admet couramment qu'il faut naviguer **à 45-50° du vent** (selon la vitesse du vent et le catamaran...).

Sur la Figure 42, nous avons représenté le trajet parcouru par des catamarans. Une flèche correspond à une unité de temps impartie. La trajectoire *b* est idéale. Le catamaran qui suit la trajectoire *a* fait un près trop serré : certes son cap est meilleur, mais il n'avance plus assez vite. A contrario, la trajectoire *c* est trop écartée du vent. Certes ce bateau avance plus vite, mais l'augmentation de distance à parcourir est trop importante.

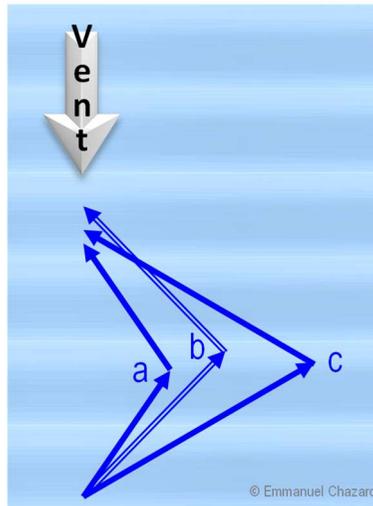


Figure 42. Exemple de trajectoires de gain au vent

8.2.3 Quand virer de bord ?

Le but est de virer au bon moment. Si on admet des trajectoires à 45-50° du vent, cela signifie qu'il existe un **angle de 90-100° entre chaque bord**. On admet qu'il faut virer de bord lorsque le barreur **aperçoit sa cible par-dessus son épaule arrière**.

Sur la Figure 43, les équipages réalisent un parcours en temps libre pour atteindre la deuxième bouée jaune. Ils ont tous choisi la trajectoire idéale pour le premier bord. Seul l'équipage *b* vire de bord au bon moment. L'équipage *a* vire de bord trop tôt, ce qui l'oblige à tirer deux bords de près supplémentaires. L'équipage *c* vire de bord trop tard, si bien que son second bord est du près bon plein : il rallonge inutilement son parcours et perd du temps.

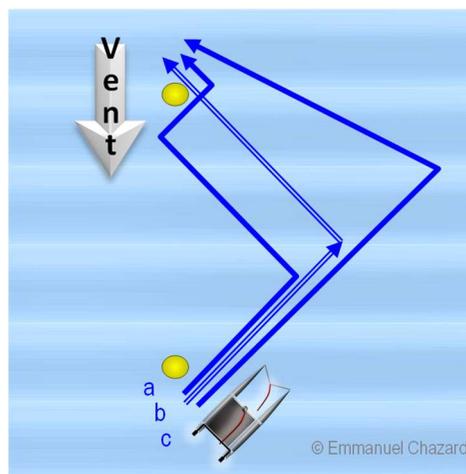


Figure 43. Exemples de temporalité de VDB en gain au vent

8.2.4 Notion de cadre de navigation en gain au vent

8.2.4.1 Principe

Le **cadre de navigation** est un rectangle dont deux angles opposés sont la position actuelle et la cible, et dont les côtés forment un angle de 45° avec l'axe du vent. (NB : cela est valable si on suppose que l'angle de remontée au vent est 45° , sinon il ne s'agirait que d'un parallélogramme). On peut emprunter n'importe quel côté de ce cadre pour atteindre la cible. En supposant que les virements de bord soient instantanés et sans dérive (ce qui est plus vrai en dériveur), on peut même se promener à l'intérieur, sous réserve de naviguer parallèlement aux côtés sans retourner en arrière : on sera ainsi sûr de ne pas faire de distance inutile.

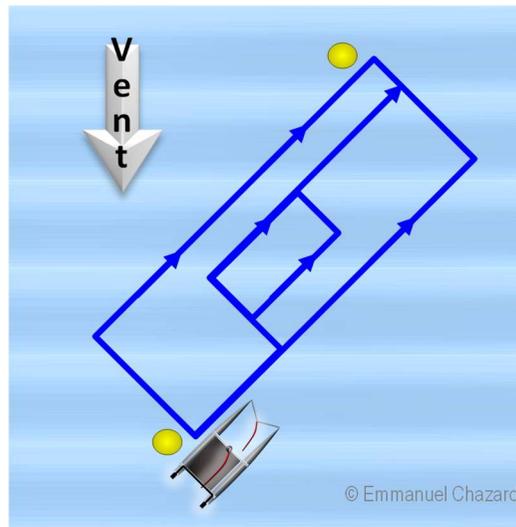


Figure 44. Cadre de navigation dans le gain au vent

8.2.4.2 Avec du courant

L'idée à retenir est qu'**il faut toujours partir contre le courant**. Le courant déforme le cadre de navigation : le catamaran naviguera en crabe (Figure 45) et, bien qu'ayant le même cap que sans courant, il décrira la trajectoire en trait plein, et non le cadre en pointillés qu'il décrirait sans courant. Le problème ne dépend pas tant de la trajectoire elle-même, car il s'agit à nouveau d'un rectangle, et donc les deux chemins sont de longueur égale. Cependant, rappelons que les catamarans avancent **en crabe** (comme dessiné en Figure 45), les barreaux risquent donc de **se tromper** lorsqu'ils choisiront à quel moment virer de bord car ils voudront virer perpendiculairement au cap et non à la trajectoire réelle !

L'équipage parti à droite en Figure 45 va virer beaucoup trop tard, en *b* au lieu de *a* : il sort du cadre de navigation et perd donc du temps.

L'équipage parti contre le courant va virer trop tôt, en *d* au lieu de *c*, ce qui n'est pas grave car il reste ainsi dans le cadre : il lui suffira de tirer d'autres bords ultérieurement. En s'approchant de sa cible, il corrigera le tir sans avoir à réfléchir

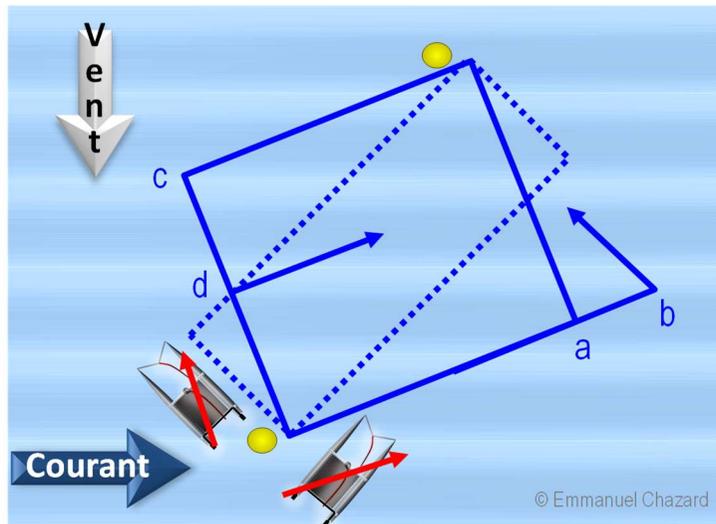


Figure 45. Gain au vent : modification du cadre de navigation par le courant

8.2.4.3 Si le vent tourne

Retenez qu'il faut partir du côté où le vent risque de tourner. Cela suppose que ce côté soit prévisible (voir le chapitre [Genèse des vents en page 126](#)) et le bord suffisamment long. Imaginons que le vent tourne : « vent 1 » sur la Figure 46 devient « vent 2 » sur la Figure 46. L'ancien cadre de navigation est représenté en pointillés.

Le bateau de gauche acquiert un nouveau cadre, représenté en rose. Il est pénalisé car tout se passe comme s'il venait de tirer un bord de travers alors qu'il était au près.

Le bateau parti vers la droite doit maintenant suivre le cadre rouge. Il est ainsi avantage car c'est comme si le bord qu'il vient de parcourir avait été mené bout au vent.

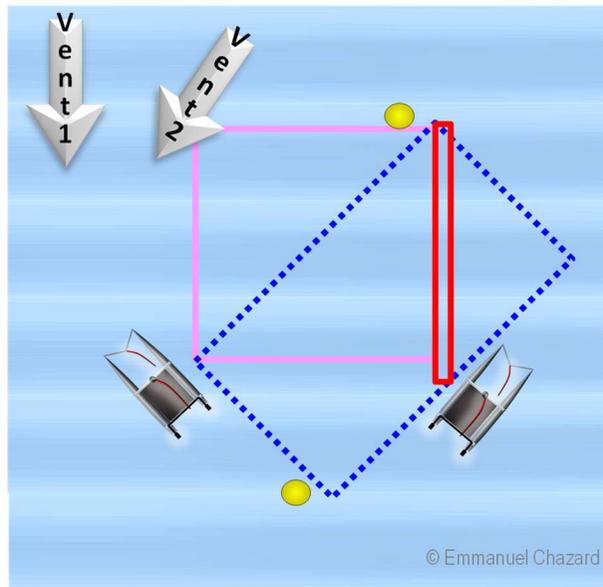


Figure 46. Gain au vent : modification du cadre de navigation lorsque le vent tourne

8.3 Gain sous le vent

8.3.1 Utilité

Le problème est moins crucial que celui du gain au vent : le but ici est simplement d'aller plus vite que si on suivait un bord de vent arrière. Aussi n'est-il pas indispensable de maîtriser cette notion pour un usage domestique, si ce n'est pour éviter la difficulté du vent arrière (empannages inopportuns). De plus, dans certaines circonstances, **le vent arrière peut parfois rester plus performant** : sur des catamarans de débutant (bateaux peu performants aux coques en polyéthylène rotomoulé) ou par vent faible, même en catamaran de sport. Il est alors d'usage de naviguer « **au belge** », avec les voiles « **en ciseaux** », c'est-à-dire en vent arrière strict, avec le foc gonflé sur l'amure opposée à la GV.

8.3.2 Quel cap choisir, quand empanner

Le choix de la trajectoire et du moment de l'empannage dépend énormément du bateau et des conditions météorologiques. Le choix du moment auquel empanner dépend de la trajectoire suivie. Nous montrerons quand même par l'exemple ci-dessous (Figure 47) quel est l'intérêt de bien choisir, mais ceci n'est qu'un exemple.

Dans le schéma ci-dessous, l'équipage *a* a fait le choix du vent arrière, il est distancé par les autres. L'équipage *c* réalise une trajectoire idéale de grand large. L'équipage *b* ne remonte pas assez au vent, et manque de vitesse. L'équipage *d* remonte trop au vent : il navigue très vite, mais sur une distance beaucoup trop longue.

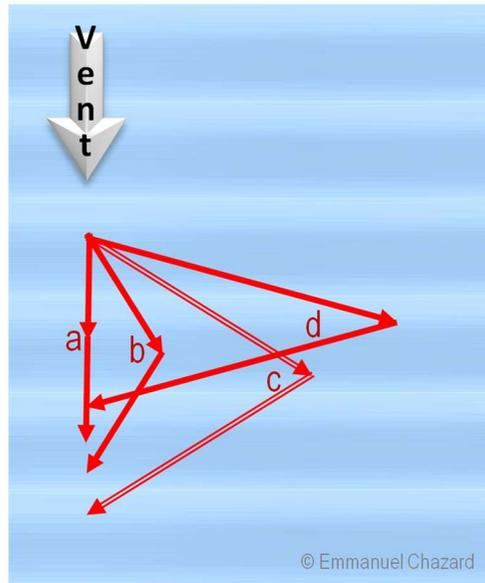


Figure 47. Exemple de trajectoires de gain sous le vent

8.3.3 Notion de cadre de navigation en gain sous le vent

Les notions exposées ici suivent le même principe que pour le gain au vent, mais ne méritent pas la même attention car les enjeux sont moindres.

Un cadre de navigation de forme rectangulaire peut être défini si l'angle optimal de navigation est au grand largue à 45° du vent arrière. Là aussi, il faudra rester dans ce cadre de navigation et suivre des bords parallèles à ses côtés.

En cas de courant notable, **il faut toujours partir contre le courant**. Comme précédemment, il s'agit d'un problème possible d'interprétation de la trajectoire au moment d'empanner.

Si le vent risque de tourner, il faut partir **du côté où le vent risque de tourner LORSQU'ON LE REGARDE DE FACE**.

8.3.4 Mesures adjuvantes

Il peut être particulièrement intéressant de **relever le safran au vent** et de **relever les dérives** le cas échéant :

- car le safran sous le vent est suffisant au grand largue, et que le mouvement de dérive n'est pas gênant
- afin de réduire la traînée
- et surtout en espérant que le bateau dérivera plus ! Idéalement, on souhaiterait réaliser un cap au grand largue (et donc profiter de la performance d'une GV au grand largue) avec beaucoup de dérive, afin de réaliser une trajectoire se rapprochant du vent arrière et faire ainsi une économie de distance

Sur la Figure 48, l'équipage *a* réalise un gain sous le vent classiquement idéal. Mais l'équipage *b* est plus malin : son barreur vise bien le même cap que l'équipage *a*, mais, en relevant un safran et ses dérives, il fait dériver son bateau, qui avance en crabe. Ainsi, son cap (= l'orientation du bateau) et sa trajectoire (= son parcours réel) diffèrent réellement. Or la propulsion imposée au bateau est la même que pour l'équipage *a* car elle dépend du cap. L'équipage *b* avance donc aussi vite, mais sur un parcours plus court. Cet effet, s'il existe, est néanmoins plus subtil que le schéma le laisserait penser.

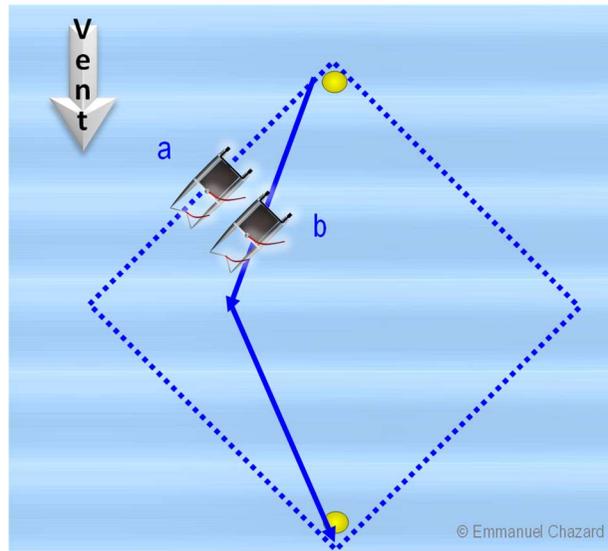


Figure 48. Gain sous le vent : impact espéré d'une navigation en crabe

9 Navigation sous spi

9.1 Préambule, définitions

Ce chapitre détaille l'utilisation du spi sur catamaran en navigation.

Un chapitre précédent du cours expliquait les types de voiles et leur gréement à terre en fonction de l'installation choisie (sac, trompette ou enrouleur) : [Gréer un spinnaker asymétrique ou un gennaker en page 15](#).

Nous verrons dans la présente partie comment utiliser le spi durant la navigation.

Une autre partie de ce cours indique également comment installer un spi sur votre catamaran : [Installer un spi en page 179](#).

9.2 Envoyer et affaler en navigation

Nous rappelons que le spi est gréé à terre, mais n'est utilisé que sur des bords de portant et durant les empannages. Il est donc « envoyé » (ou déroulé) lorsque nécessaire, et « affalé » (ou enroulé) dès que les conditions ne sont plus réunies. Les départs et arrivées de plage ne doivent jamais être faits avec un spi sorti.

Nous distinguerons trois types d'installation du spi :

- l'installation "historique", le spi étant disposé dans un sac sur le trampoline
- l'installation avec avaleur de spi, ou encore « trompette » qui date des années 1990
- l'installation du spi sur enrouleur, qui date des années 2000

9.2.1 Spi dans un sac sur le trampoline

9.2.1.1 Envoyer le spi

On ne pourra envoyer le spi que sur l'amure choisie initialement, c'est-à-dire lorsque le vent vient du côté opposé où est rangé le spi. De plus, le spi ne pourra être envoyé qu'au vent arrière ou au grand large. Il faut alors très rapidement à la fois hisser le spi, et le faire avancer à la main dans le polygone formé par les écoutes de foc, le mât et la traverse avant. Le spi sera hissé en butée, mais sans pour autant que son guindant soit totalement tendu. Cette tâche occupe entièrement l'équipier, et il est très difficile d'envoyer un spi depuis un sac en solitaire.

On conseillera autant que possible d'enrouler le foc avant même d'envoyer le spi, car il devient totalement inutile, et le travail de l'équipier en sera simplifié.

9.2.1.2 Affaler le spi

Il est possible d'affaler le spi sous une amure qui est ou non l'amure de départ. Pour ce faire, il faut impérativement se positionner en vent arrière. Il est impossible

et risqué pour le spi lui-même d'affaler à une autre allure. L'équipier décroche la drisse de son taquet, laisse filer la drisse sans choquer l'écoute de manière à **attraper le point d'écoute**. Puis il lâche l'écoute et embraque rapidement le spi en le faisant bien passer dans le polygone formé par les écoutes de foc, le mât et la traverse avant. Si le bateau n'est pas au vent arrière, ou si l'équipier synchronise mal ses deux gestes, le spi peut se coincer en divers endroits. Il appartient alors à l'équipier de le décoincer. Attention, pour le prochain envoi vous devrez être sur la même amure que pour l'affalement courant.

9.2.2 Spi avec avaleur de spi

9.2.2.1 Envoyer le spi

On pourra envoyer le spi **sur n'importe quelle amure**. Le spi ne pourra être envoyé qu'au vent arrière ou au grand largue. Il suffit à l'équipier de tirer très rapidement sur la drisse, en laissant dans le même temps cette dernière filer sous le trampoline (sinon le spi est retenu dans l'avaléur). Le spi sera hissé en butée, mais sans pour autant que son guindant soit totalement tendu. L'équipier prend ensuite l'écoute de spi en main.

On conseillera autant que possible d'enrouler le foc avant même d'envoyer le spi, car il devient totalement inutile, et le travail de l'équipier en sera simplifié.

9.2.2.2 Affaler / avaler le spi

Généralement, on affale le spi sur une amure précise : cette amure dépend de la manière dont les anneaux d'avalage ont été montés sur la voile elle-même, c'est généralement une chose qui est fixée une fois pour toute. Il faut en effet être sur l'amure qui fait passer la drisse d'avaléur postérieurement au spi, et non antérieurement au spi, de manière que la drisse d'avaléur ne frotte pas contre la voile. Pour cette raison, on pourra empanner spécialement pour affaler, puis empanner de nouveau : l'affalement étant rapide avec un avaleur, c'est un compromis acceptable. Néanmoins, il n'est pas impossible d'affaler le spi sur l'autre amure.

Il faut impérativement se positionner en vent arrière. Il est impossible et risqué pour le spi lui-même d'affaler à une autre allure. L'équipier décroche la drisse de son taquet, puis tire sur la partie de drisse qui part sous le trampoline, en retenant l'autre partie sans lâcher d'un coup. Si le bateau n'est pas au vent arrière, ou si l'équipier synchronise mal ses gestes, le spi peut se coincer en divers endroits. Il appartient alors à l'équipier de le décoincer. Le barreur peut aider en maintenant un strict vent arrière. Il faut tirer assez fort sur la drisse, tout en regardant bien ce qui se passe pour éviter de déchirer le spi s'il se coince en route. Pour mémoire, on pourra ensuite envoyer le spi sous n'importe quelle amure, quelle que soit l'amure de l'affalement courant.

9.2.3 Spi sur enrouleur

9.2.3.1 Envoyer / dérouler le spi

Il suffit de se mettre au portant et de décoincer la drisse de l'enrouleur de spi. L'équipier prend ensuite l'écoute de spi en main. Si l'écoute de spi est un peu courte, il faudra la faire circuler au fur et à mesure, de l'écoute sous le vent vers l'écoute au vent.

Pour les mêmes raisons que précédemment, on conseillera autant que possible d'enrouler le foc avant d'envoyer le spi.

9.2.3.2 Enrouler le spi

Pour limiter les efforts sur le matériel, on recommandera d'enrouler le spi en vent arrière ou au grand large, quelle que soit l'amure. Il suffit de relâcher les écoutes et de tirer sur le bout de l'enrouleur. Si l'écoute de spi est un peu courte, il faudra la faire circuler au fur et à mesure, de l'écoute au vent vers l'écoute sous le vent.

9.3 Manœuvrer sous spi

9.3.1 Allures compatibles

Sous spi, vous pouvez manœuvrer librement, sans toutefois jamais remonter au vent. De manière générale, les spis servent à augmenter la poussée vélique au portant (vent arrière et grand large). Les spis utilisés en catamaran sont plus efficaces au grand large qu'au vent arrière. Ils tirent très fort au travers : ils sont généralement inutilisables, à moins que le vent soit très faible. L'utilisation du spi ne rend pas caduque l'intérêt du gain sous le vent (voir le chapitre [Remontée au vent, descente sous le vent en page 71](#)). Le gennaker, plus plat, est plus faible au vent arrière mais a une plage d'utilisation plus large en termes d'allure.

Il est possible d'utiliser le spi par vent exceptionnellement faible (0 à 2 Beaufort) pour propulser le catamaran au vent de travers voire au petit large (entre le près et le travers). Il suffit pour cela de bien tendre la drisse pour raidir le guindant. On pourra même s'autoriser dans des conditions extrêmes à hisser le spi au vent de travers, sans dommage. On notera qu'un spi ne peut fonctionner par vent faible que si ses écoutes sont suffisamment légères.

Par vent médium, le spi ne permet plus de remonter au vent. Néanmoins, en cas d'urgence, il est toujours possible de choquer totalement le spi et de remonter au près à l'aide de la GV, pour éviter un obstacle par exemple. Le spi faseyera bruyamment mais c'est sans dommage.

9.3.2 Réglage du spi

Le réglage du spi est intuitif : choqué au vent arrière, bordé au travers, il doit être maintenu **à la limite du faseyement** : si le spi ne faseye pas, essayez de le choquer jusqu'à ce qu'il faseye, puis rebordez un peu pour éliminer le faseyement,

mais le minimum possible. Il est strictement interdit de mettre l'écoute au taquet, ce serait trop dangereux. Si le bateau enfourne ou gîte, on doit choquer le spi en grand. Si le barreur a le choix de son cap, il doit retenir que **l'abattée diminue la puissance du spi**, exactement à l'inverse des réflexes acquis pour la grand' voile.

9.3.3 Empannage

L'empannage sous spi est sans particularité. Si la contre-écoute de spi passe en arrière du spi, l'équipier doit forcer le passage du spi dès que possible. Si au contraire la contre-écoute de spi passe en avant du spi, ce qui est conseillé en solitaire, l'équipier doit bien choquer l'écoute, laisser le spi partir en avant au vent arrière, puis reprendre la contre-écoute après seulement.

9.3.4 Autres manœuvres

Le virement de bord et l'arrêt à la cape sont théoriquement impossibles sous spi. En cas d'urgence, il est toutefois possible de lâcher entièrement le spi et faire le nécessaire, dans quelque direction que ce soit, voire de virer de bord pas très proprement. Le spi faseye très bruyamment, mais ce n'est pas dangereux.

10 Marche arrière dos au vent

10.1 Intérêt

Attention, cette manœuvre, très particulière, n'est aucunement utile aux arrivées de plage, puisque les safrans restent baissés. Elle n'est pas non plus utile aux situations d'urgence (catamaran empêtré dans les mouillages ou dans les parcs à huître, homme à la mer...) car sa mise en place demande quelques secondes et que le catamaran reculera rapidement. Elle est utilisée uniquement en régate, pour se positionner avant le départ, ou pour le plaisir d'essayer des choses étranges. Dans un tel bord, le bateau suit une trajectoire de près. L'intérêt tout de même est que, une fois sur un tel bord, il est possible de repartir exactement en sens inverse en moins d'une seconde et sans prendre de place, ce qu'un demi-tour ne permettrait pas.

10.2 Position et fonctionnement

La marche arrière dos au vent s'appuie sur le fait que la GV est maintenue dans une position très particulière : le **chariot est ramené sur l'extrémité du rail au vent** (alors que spontanément il reste sous le vent), et le palan est tendu au maximum. Cela suppose, tant que le palan n'est pas tendu, de maintenir de force le chariot dans cette position inhabituelle. Une fois le palan tendu, il est possible que la GV tienne spontanément dans cette position.

En-dehors de ce point, la marche arrière dos au vent nécessite une position peu modifiée par rapport à la normale :

- Les deux coéquipiers sont aux emplacements habituels
- Les safrans sont baissés (mais attention, comme le catamaran recule, il faut les maintenir sur un plan sagittal en forçant dessus)
- Le foc est simplement bordé à contre

Dans cette configuration, les voiles sont toutes deux bordées à plat, ce qui permet une **inversion de leur fonctionnement**, c'est-à-dire que la chute de chaque voile devient un guindant, et inversement. Cela explique que le déplacement sur l'eau soit relativement rapide au près (le corps du bateau étant dans une orientation de grand large).

La forme des coques peut être un obstacle à la marche arrière dos au vent : les tableaux arrière peuvent représenter une traînée importante. Les catamarans à coque banane, comme les Hobie Cat 14 et 16, sont avantagés. Dans tous les cas, on pourra améliorer l'hydrodynamisme en **déplaçant le poids de l'équipage vers l'avant**, pour décharger les tableaux arrière.

10.3 Chronologie d'une mise en marche arrière dos au vent

La manœuvre de mise en marche arrière dos au vent est décrite en Figure 49.

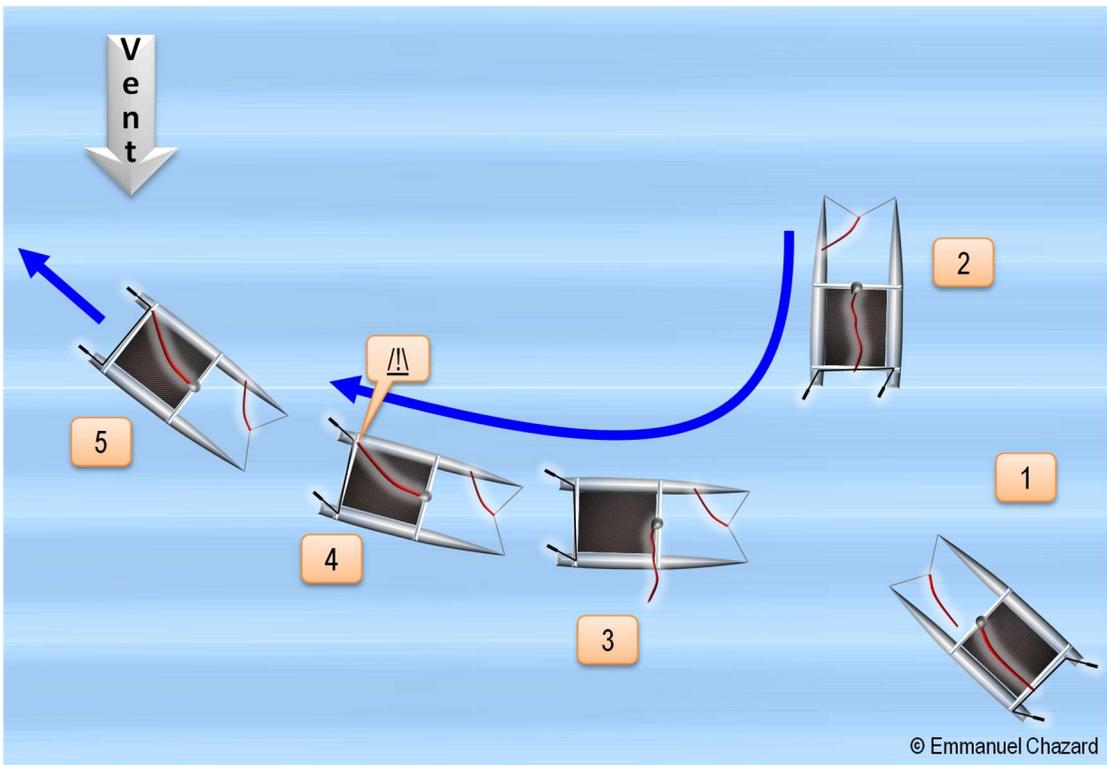


Figure 49. Initier une marche arrière dos au vent

Le texte ci-dessous légende la Figure 49.

Le catamaran est au près (1). Une auloffée est lancée en poussant la barre, et en bordant la GV, de manière à mettre le catamaran face au vent. Le foc doit rester bien bordé. Une fois le catamaran face au vent, actionner la barre pour choisir de quel côté on souhaite partir (2). Dans l'exemple de la Figure 49, on poursuit dans la même direction en inversant la barre. On aurait également très bien pu repartir vers la droite de la figure, en maintenant la barre du même côté, l'important étant ainsi d'amorcer une phase de recul.

Ensuite, border le foc à contre à plat du côté duquel on souhaite avancer (2) et laisser le bateau reculer (3). Puis pousser le chariot de GV de ce côté, le maintenir et border le palan à plat : ce geste est la partie critique de la manœuvre. La GV se retrouve ainsi « à contre » (4). Veiller à ce que sa concavité soit bien orientée vers l'extérieur, en faisant si besoin passer les lattes d'un grand coup de main. La barre permet alors de se diriger, mais il est recommandé de la tenir fermement et de ne lui imprimer que des petites variations d'angle, sinon des tourbillons se créent et la rendent inefficace. Il est possible de remonter jusqu'au près bon plein (5) !

10.4 Chronologie d'un retour en marche avant

Le retour en marche avant nécessite un seul geste : choquer brutalement la GV, sans changer de trajectoire. En une seconde seulement, le catamaran repart au grand largue sur la même trajectoire, en sens inverse. La rapidité du retour en marche avant est impressionnante et assez amusante. Il faut au préalable s'assurer que le stick ne soit pas posé sur le rail du chariot de GV.

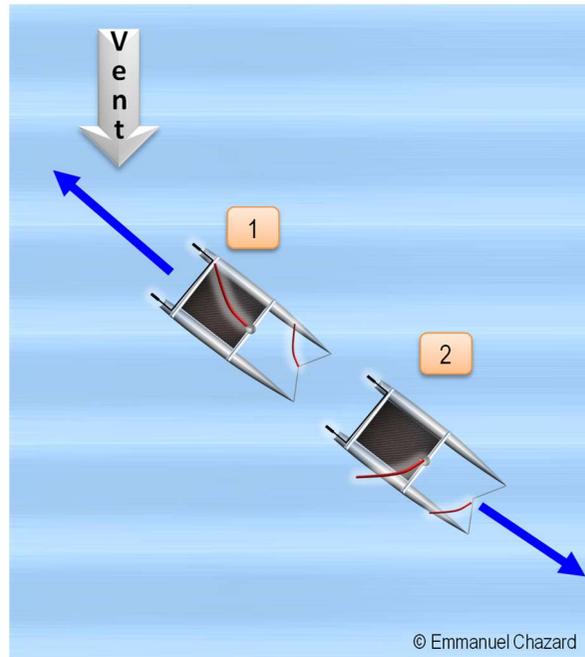


Figure 50. Repartir en avant après une marche arrière dos au vent

La Figure 50 illustre cela : tandis que le catamaran recule rapidement (1) l'équipage choque brutalement la GV et remet le foc sur la bonne amure (2) et le catamaran repart immédiatement en sens inverse.

11 Navigation en solitaire

11.1 Sécurité et préparation du matériel

Certaines précautions doivent être prises pour partir en solitaire.

Le prérequis indispensable est d'**être capable de resaler seul** le catamaran en cas de dessalage. Si tel n'est pas le cas, à moins de tirer des bords sous la surveillance d'une personne capable d'intervenir sur l'eau, il est impensable de sortir en solitaire.

La force du vent doit également être prise en compte, et on n'hésitera pas à **prendre un ris** préventif. Rappelons que la prise de ris diminue peu la vitesse du bateau par gros temps, mais diminue très fortement le risque de dessalage et d'enfournement.

La direction du vent et éventuellement du courant est à prendre en compte, surtout pour une navigation en hiver ou sur un plan d'eau peu fréquenté : il vaut mieux **partir contre le vent** (et le courant), pour pouvoir revenir même en cas de démâtage. Les navigations par **vent de terre** sont à éviter pour cette raison.

11.2 Départ et arrivée de plage

Une difficulté supplémentaire est liée à la manutention de la mise à l'eau. Sur une plage de sable fin, il sera aisé de déposer le bateau sur le sable en allant chercher ou déposer la mise à l'eau. Cet arrêt sur le sable pourra être réalisé **au travers** orienté vers la terre, en fonction de la force du vent, pour s'assurer que le catamaran ne parte pas tout seul au large.

Sur une cale en béton, il sera là aussi possible de déposer le catamaran sur le béton, en le soulevant par la traverse avant (ou la martingale). La fabrication de **bers légers** pourra être une aide (voir le chapitre [Améliorer une mise à l'eau en page 176](#)).

Le dépôt sur une plage de cailloux acérés pose problème.

Sinon, on pourra recourir à un **mouillage léger** ou s'**amarrer** à une bouée existante. Il faudra alors bien lever les safrans et décrocher le palan de GV pour éviter tout problème.

11.3 Virement de bord

La manœuvre du VDB est décrite dans le chapitre [Virement de bord en page 30](#). La manœuvre en solitaire ne présente pas de particularité, si ce n'est que c'est un excellent exercice pour apprendre la synchronisation des équipiers. Par gros temps, on fera attention : le manque de poids à l'avant du bateau favorise le dessalage en arrière.

11.4 Empannage

La manœuvre est décrite dans le chapitre [Empannage en page 35](#). Pour le réaliser en solitaire, on peut simplement ignorer le foc. On veillera à bien partir du vent arrière pour maîtriser le cap en sortie de manœuvre. Il est important de réaliser l'empannage **loin de tout obstacle**, et de regarder très souvent en avant, car aucun équipier ne pourra vous prévenir d'un risque de collision

11.5 Arrêt à la cape

L'arrêt à la cape est décrit dans le chapitre [Arrêt à la cape en page 57](#). La seule particularité est que, une fois arrêté, on pensera à s'avancer sur le bateau. Si tout le poids est en arrière, les oscillations du bateau sont plus franches et les prises de vitesse plus fortes.

11.6 Marche arrière face au vent

La marche arrière est décrit dans le chapitre [Sécurité en page 40](#). Deux points attirent l'attention en pratique.

Premièrement, le problème des safrans doit impérativement être réglé en premier lieu : il faut donc **relever les safrans avant même de lofer**. L'auloffée sans safran est aisée : il suffit de choquer le foc et border la GV tout en se déplaçant à l'avant du bateau. Le déplacement à bord a un effet nettement plus marqué en solitaire qu'en duo.

Deuxièmement, il ne faut, quoi qu'il arrive, **jamais lâcher l'écoute** de GV.

11.7 Utilisation du spi

L'utilisation du spi est décrite dans le chapitre [Navigation sous spi en page 80](#). Il est tout à fait possible d'utiliser le spi en solitaire, si le spi est monté sur enrouleur (idéalement) ou avec un avaleur (possible). En revanche, l'utilisation en solo d'un spi depuis un sac à spi posé sur le trampoline est réservée aux experts.

Si on a le choix, le gréement se fera en faisant passer la **contre-écoute devant le guindant**. L'empannage se déroule donc ainsi : le barreur lâche et fait bien filer l'écoute de spi, de manière à que le spi passe devant son guindant. L'écoute sur le trampoline doit paraître tendue entre les deux poulies, tant elle est entièrement mise à disposition du spi. Puis le barreur empanne en ignorant le spi. Puis il reprend le spi après l'empannage. Pour faciliter les choses, si c'est possible, on pourra laisser le **foc enroulé** en permanence, car il devient totalement inutile et surcharge le travail du barreur.

La difficulté pour le barreur est toutefois de maintenir le bateau en **vent arrière pour envoyer ou affaler**, alors qu'il doit souvent lâcher la barre et s'avancer sur le bateau, ce qui fait lofer. Nous donnerons le conseil suivant : pour hisser ou

affaler le spi, mettez-vous réellement au vent arrière, **choquez la GV en grand** et laissez le **foc bordé à contre** pendant tout le temps où vous lâchez la barre. Ce conseil tout simple limitera les problèmes d'aulofée et de spi qui se coince en chemin. Même si vous enrroulez le foc lors de bords de spi, cela vaut le coup de l'utiliser à contre pour envoyer et affaler le spi.

Améliorer la pratique grâce à la théorie

1 Vent réel, vent vitesse, vent apparent

1.1 Définitions

On appelle **vent réel** le mouvement de **l'air par rapport au plan d'eau**. C'est le vent que l'on perçoit depuis une position fixe.

On appelle **vent apparent** le mouvement de **l'air par rapport au bateau**. C'est le vent apparent qui propulse le catamaran.

Le **vent vitesse** est le vent que perçoit un véhicule en mouvement dans un air figé. Il est strictement **opposé à la vitesse** du déplacement. C'est le déplacement du **plan d'eau par rapport au bateau**.

Ainsi le **vent apparent**, celui que l'on perçoit sur un bateau en mouvement, et qui le fait avancer, est-il la **somme vectorielle du vent réel et du vent vitesse**.

Dans l'esprit de la Relation de Chasles, on peut dire que le déplacement du vent par rapport au bateau est la somme du déplacement du vent par rapport au plan d'eau et du déplacement du plan d'eau par rapport au bateau.

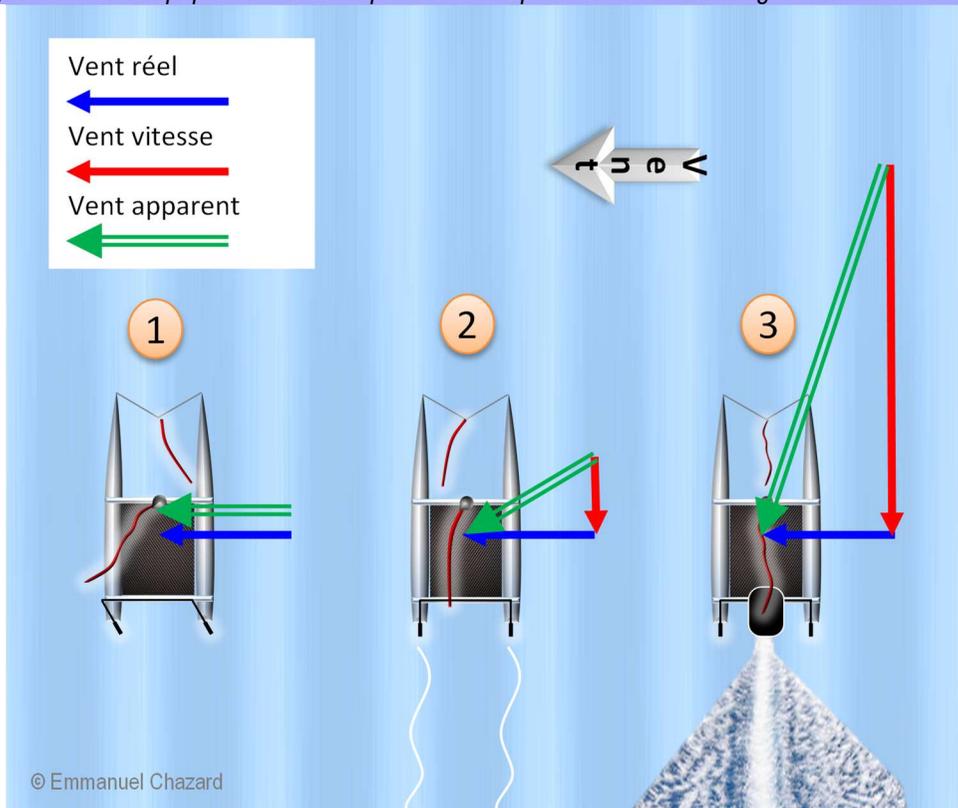


Figure 51. Vent réel, vent vitesse, vent apparent

La Figure 51 illustre cette somme vectorielle dans trois situations, avec un vent de travers.

Dans le cas d'un bateau arrêté (1), le vent apparent est identique au vent réel.

Lorsque le bateau avance (2), le vent vitesse modifie le vent apparent. Ce dernier **généralement devient plus intense et refuse** (ce qui signifie qu'il provient plus de l'avant du bateau). Un bateau recevant un vent réel de travers peut ainsi recevoir un vent apparent de près.

A l'extrême, si le bateau était propulsé par un moteur (3), le vent apparent semblerait très peu différent du vent vitesse, et le bateau serait presque vent debout.

1.2 Applications

1.2.1 Le bateau accélère ou ralentit

La Figure 52 illustre les effets d'un changement de vitesse sur le vent apparent.

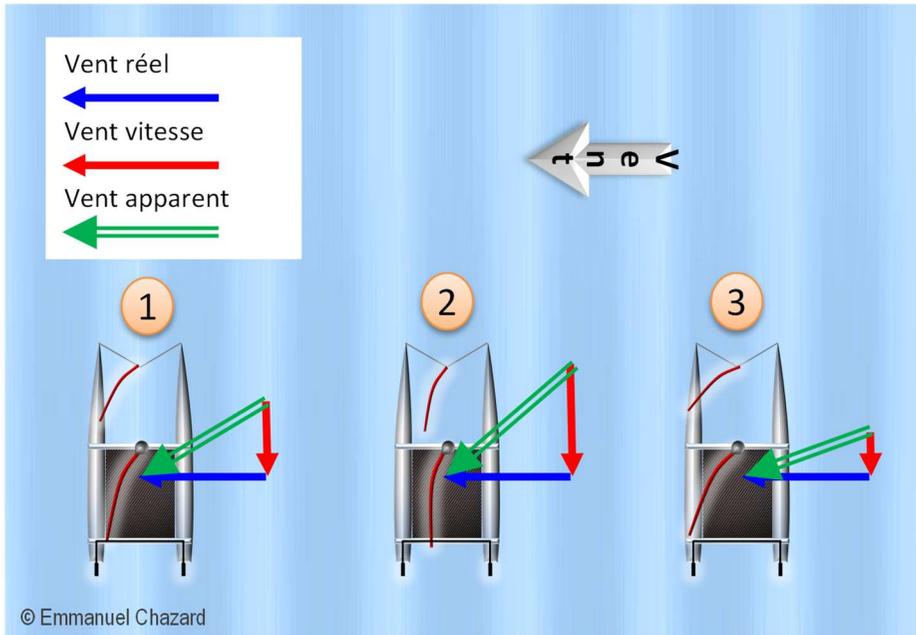


Figure 52. Effet des changements de vitesse du catamaran

Le catamaran représenté à gauche sur la Figure 52 fait route au travers (vent réel), mais ressent un vent apparent de petit largue, il est donc réglé au petit largue (1).

Si le bateau accélère (2), le vent apparent **refuse** (se rapproche de l'avant) et **s'intensifie**. Il faut donc soit border les voiles en conservant le cap, soit abattre pour conserver le même réglage.

Circonstances : descente d'une vague, courant favorable, mer plus plate, bateau mieux réglé.

Si le bateau ralentit (3), le vent apparent **adonne** (s'écarte de l'avant du bateau) et **diminue**. Il faut donc soit choquer les voiles en conservant le cap, soit profiter de l'occasion pour lofer.

Circonstances : montée d'une vague, mer plus formée, courant défavorable, toute anomalie dans le fonctionnement du bateau.

1.2.2 Le vent réel augmente ou diminue

La Figure 53 illustre les effets d'un changement de force du vent réel, sur le vent apparent.

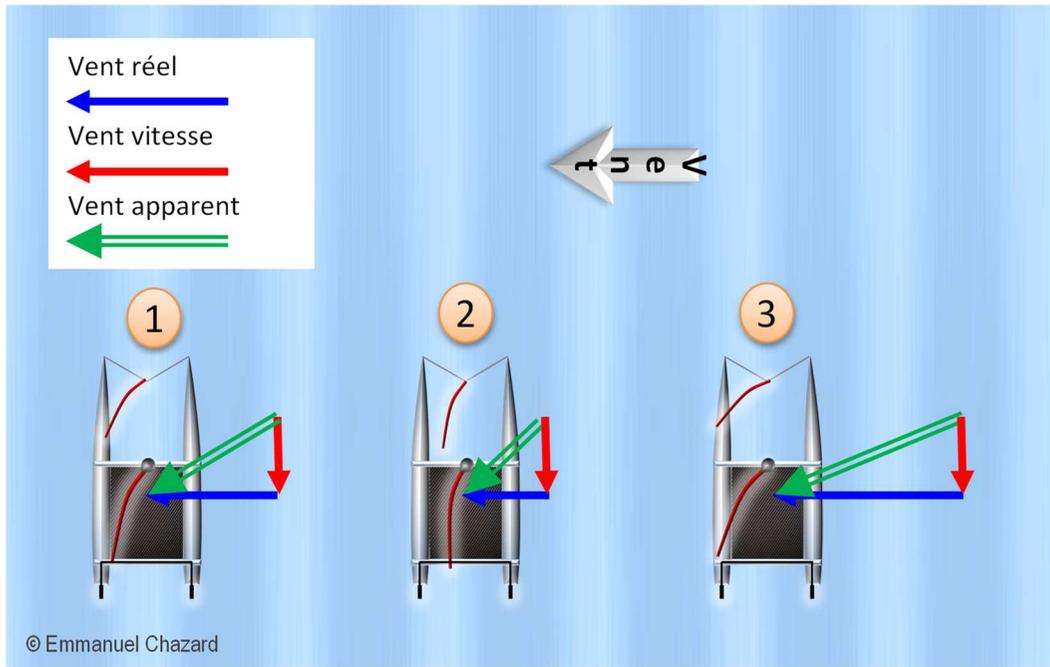


Figure 53. Effet des changements de force du vent réel

Le catamaran représenté à gauche sur la Figure 53 fait route au travers (vent réel), mais ressent un vent apparent de petit large, il est donc réglé au petit large (1).

Si le **vent réel diminue** (2), le vent apparent **refuse et diminue**.

Si le **vent réel augmente** (3), le vent apparent **adonne et s'intensifie**.

1.2.3 Le vrillage de la GV

La Figure 54 illustre l'impact qu'a la variation du vent réel sur la grand' voile, à différentes hauteurs.

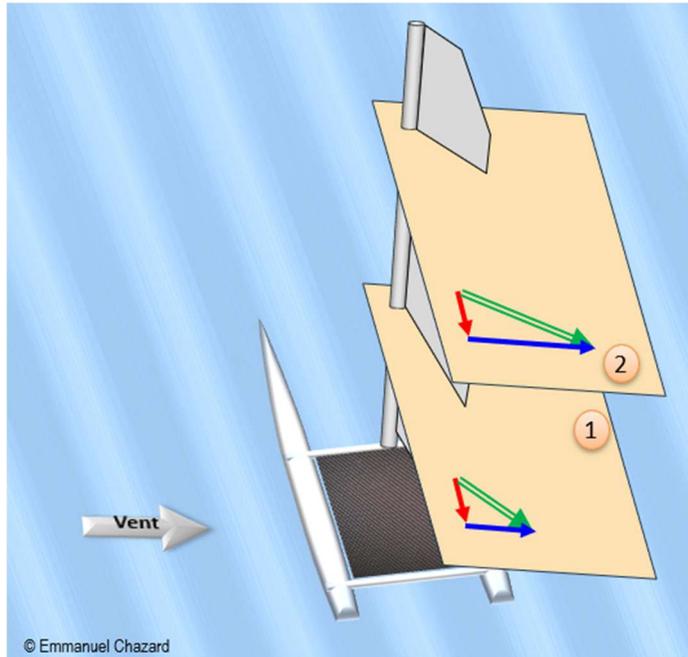


Figure 54. Différences de vent réel et donc de vent apparent sur la hauteur de la GV

En hauteur (2), le vent réel est plus fort qu'à la surface de l'eau (1), si bien que le vent apparent est plus fort et adonne.

Il existe un autre phénomène que nous évoquerons dans le chapitre [Aérodynamique : écoulement de l'air sur les voiles en page 100](#) : la présence du foc sur le bas de la GV tend à faire refuser le vent apparent, du fait de l'effet Venturi.

Il en résulte que la GV doit donc être plus ouverte en haut (2) qu'en bas (1). Ceci nous arrange, car le fait que le palan de GV soit en bas de la GV entraîne de manière naturelle un vrillage de la GV.

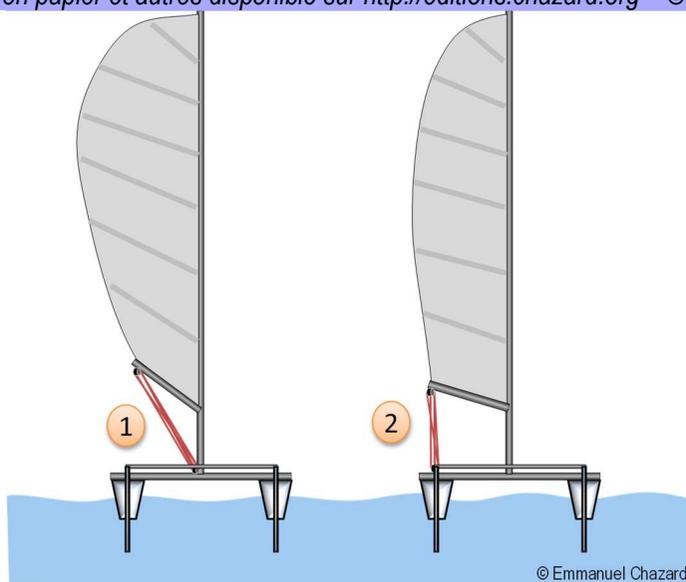


Figure 55. Vrillage de la GV en fonction du réglage du palan et du chariot

Ce vrillage de la voile peut de surcroît être paramétré par le réglage du chariot par rapport au palan (Figure 55). Lorsque le chariot est en position médiane et le palan choqué ou peu bordé, la GV est fortement vrillée (1), et l'incidence de la GV est surtout réglée avec le palan. Lorsque le palan est bien bordé, la GV est moins vrillée (2) et l'incidence peut être réglée avec le chariot. S'il est justifié que la GV soit légèrement vrillée, en pratique on observe que chez la plupart des débutants la GV est trop vrillée : il faudrait moins utiliser le palan et plus utiliser le chariot pour régler l'incidence de la GV.

1.2.4 Grand largue et vent arrière

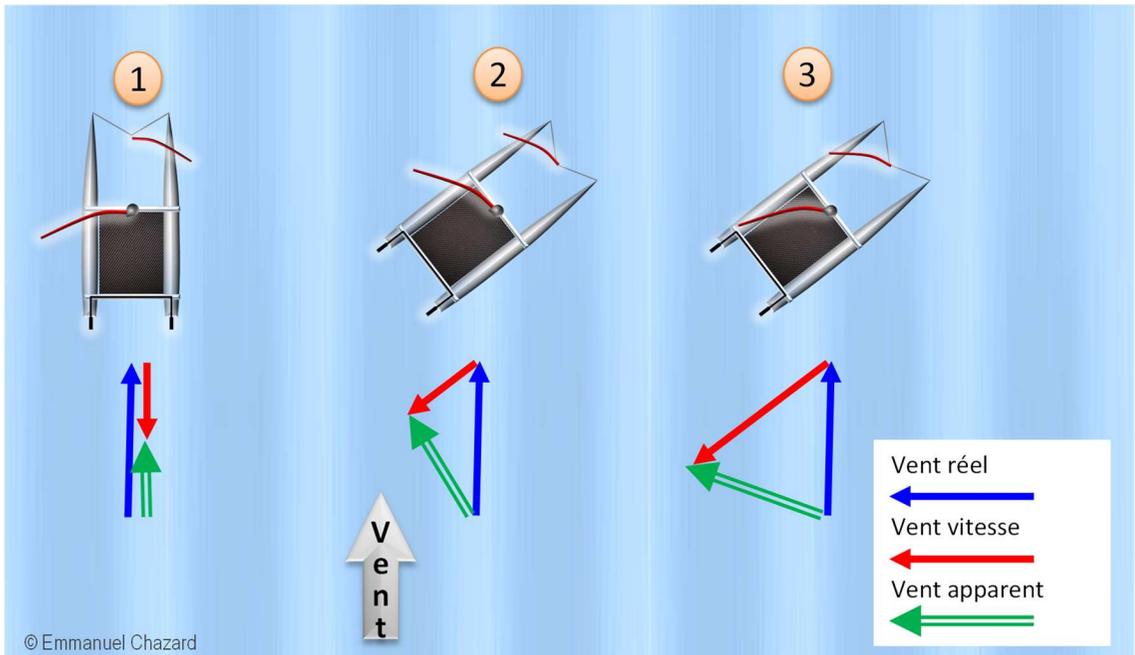


Figure 56. Vent apparent au vent arrière et au grand largue

Nous avons représenté en Figure 56 des bateaux naviguant au vent arrière (1) et au grand largue (2 et 3).

Dans le premier cas, le vent apparent est affecté par le déplacement du bateau, qui génère un vent vitesse de sens opposé (1). Le vent arrière est donc peu recommandé. On lui préférera le grand largue.

Au grand largue au contraire (2), le vent apparent est peu diminué et prend une orientation intéressante du point de vue strictement aérodynamique (la voile tirera meilleur parti d'un vent se rapprochant du travers). Cependant, les bateaux (1) et (2) naviguent ici à la même vitesse. En réalité, la vitesse au grand largue augmentera rapidement, augmentant cette fois le vent apparent (3). On peut même, sur eau plate se retrouver au petit largue en vent apparent. C'est une allure performante.

En règle générale, il sera plus intéressant de tirer deux bords de grand largue que de suivre un bord de vent arrière (voir le chapitre [Remontée au vent, descente sous le vent en page 71](#)). Des arguments aérodynamiques viendront consolider cette affirmation plus tard (voir le chapitre [Aérodynamique : écoulement de l'air sur les voiles en page 100](#)).

NB : Cette stratégie n'est pas nécessairement adaptée en cas de vent très faible, ou sur les catamarans de débutants.

1.3 Vent apparent courant

1.3.1 Principes

De la même manière, le courant présent sur le plan d'eau s'ajoute au déplacement du bateau. On peut ainsi désigner un « **vent courant** », strictement opposé au mouvement imprimé par le courant. Ce vent s'ajoute aux vents vitesse et réel pour former un « **vent apparent courant** » (le mot « courant » indique que le courant a été pris en compte, et non « actuel »).

Dans l'esprit de la Relation de Chasles, on peut écrire que le vent apparent courant (déplacement de l'air par rapport au bateau) est la somme vectorielle du vent réel (déplacement de l'air par rapport au sol), du vent courant (déplacement du sol par rapport à l'eau, donc opposé au courant) et du vent vitesse (déplacement de l'eau par rapport au bateau, donc opposé à la vitesse).

Il serait inutile de théoriser en recensant tous les cas, car les effets du courant dépendent de la vitesse et de la direction du courant par rapport à celles du bateau, de son allure. Nous prendrons donc quelques exemples, qu'on ne peut pas généraliser.

Les variations du courant ont plusieurs effets :

- la direction et surtout la puissance du vent apparent peuvent considérablement changer, ayant pour effet :
 - des dessalages surprise de toute une escadre de bateaux
 - à l'inverse le « scotchage » (vent apparent courant nul) ou la perte totale des repères de réglage de voiles
- Le calcul des cadres dans le gain sous le vent ou au vent doit tenir compte de cet élément

Dans tous les cas, lorsque vous réaliserez le schéma, veillez à dessiner d'abord vent réel et vent courant (car ils sont fixés) et ensuite le vent vitesse (car il dépendra des deux précédents) afin de déduire le vent apparent.

1.3.2 Deux exemples caricaturaux

1.3.2.1 Courant dans le sens du vent = ballotement

Dans ce premier exemple (Figure 57), un bateau qui naviguait au bon plein (donc au près en vent apparent) n'est plus abrité et est soumis à un courant allant dans une direction proche de celle du vent : le vent apparent courant diminue et refuse. Les voiles ne se gonflent plus, et le bateau dérive dans le sens du courant, sans que le barreur soit capable d'y remédier.

En vent arrière, on aurait le même résultat avec de plus des empannages récurrents selon l'intensité du courant (ils ne seront de toute façon pas violents mais perturbants).

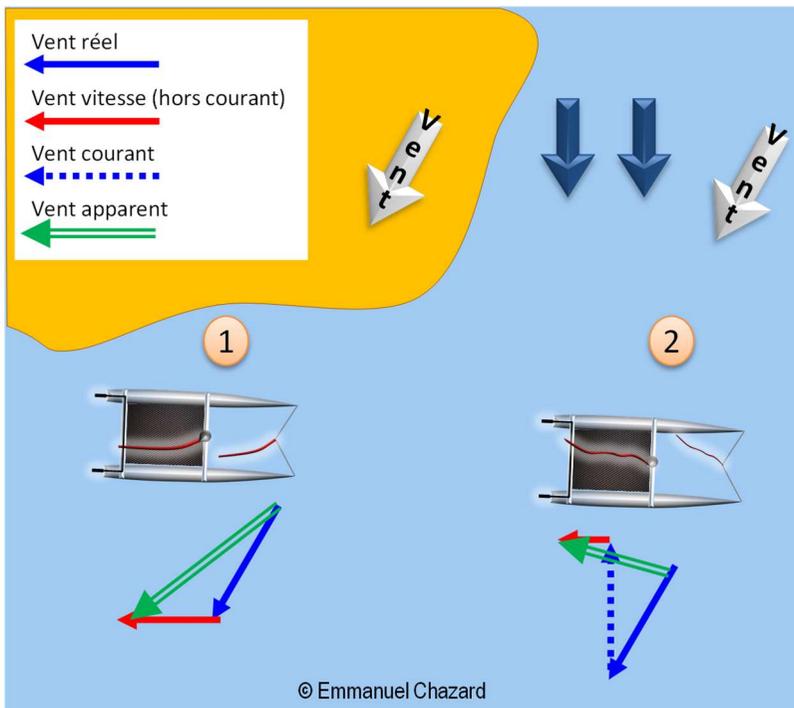


Figure 57. Exemple de courant dans le sens du vent

1.3.2.2 Courant opposé au vent = dessalage

Dans ce second exemple (Figure 58), le courant vient contre le vent, si bien que le vent apparent adonne et augmente considérablement ! En escadre, un moniteur confronté à cette situation risque d'avoir à gérer plusieurs dessalages simultanés.

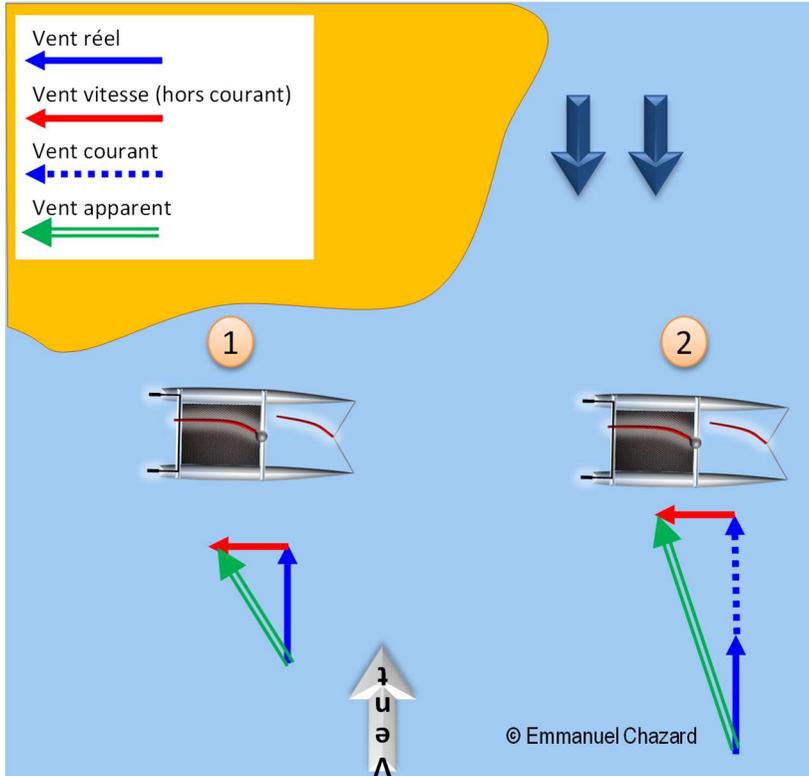


Figure 58. Exemple de courant à l'opposé du vent

2 Aérodynamique : écoulement de l'air sur les voiles

Ce chapitre étudie la manière dont l'écoulement de l'air sur les voiles engendre une force propulsive. Il existe plusieurs théories expliquant ce phénomène. Nous avons choisi ici de présenter la plus simple, dont on sait qu'elle n'est pas exacte. Nous l'avons choisie parce qu'elle est facile à comprendre et que, dans l'optique de pratiquer la voile et non de concevoir le bateau du futur, cette explication théorique est très opérationnelle et fonctionne bien. Les détails physiques n'ayant pas d'incidence pratique sur le réglage des voiles sont volontairement ignorés.

2.1 Écoulement turbulent et laminaire

La Figure 59 illustre l'immersion d'un profil dans un fluide en mouvement : l'air s'écoule de gauche à droite, les lignes représentent le trajet de « particules ».

A gauche (1) : les contours du profil sont trop abrupts, l'air tourbillonne autour. On dit que l'écoulement est **turbulent**.

A droite (2) : le profil est tel que l'air se laisse dévier, seules des turbulences minimales apparaissent en traîne. L'écoulement est dit **laminaire**. L'air se laisse dévier, du moment que la déviation n'est pas trop importante.

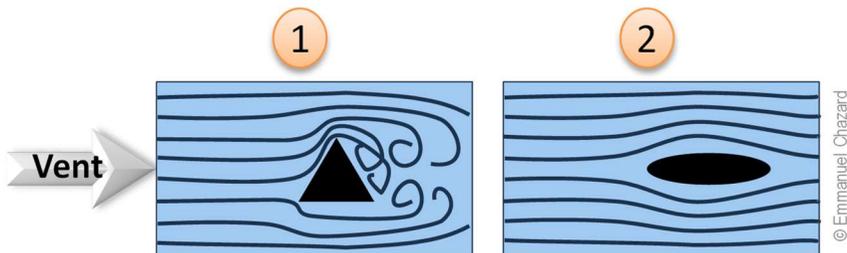


Figure 59. Écoulement turbulent ou laminaire

2.2 Écoulement sur une voile en fonction de l'incidence

2.2.1 Le phénomène

Les voiles sont aussi des profils. Leur forme change en fonction de l'écoulement de l'air. Supposons qu'une voile soit déjà rigide, avec le creux qu'elle aurait lorsqu'elle est correctement gonflée (Figure 60).

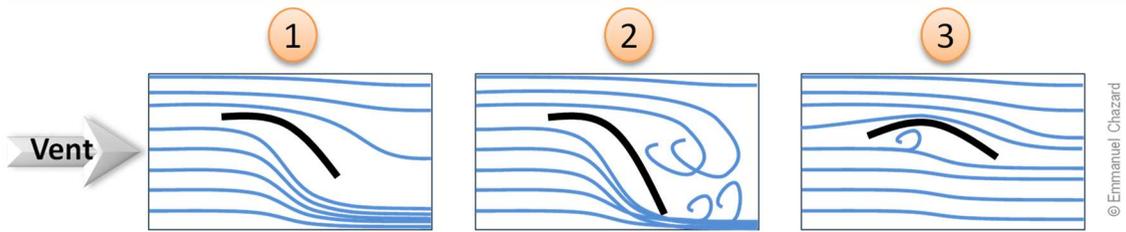


Figure 60. *Ecoulement turbulent ou laminaire sur une voile*

La Figure 60 présente trois cas de figure :

Voile **bien réglée** (1) : l'air ne décroche sur aucune des deux faces. Ces deux faces sont l'**intrados** (face au vent, « interne ») et l'**extrados** (face sous le vent, « externe »).

Voile **trop bordée** (2) : l'écoulement reste accroché sur l'intrados, mais décroche sur l'extrados. L'essentiel de la poussée vélique est perdu.

Voile **trop choquée** (3) : l'écoulement reste laminaire sur l'extrados mais décroche sur l'intrados (ce ne serait pas le cas sur une voile plate : les turbulences sont liées au creux de la voile). La poussée vélique est plus faible.

2.2.2 Poussée vélique

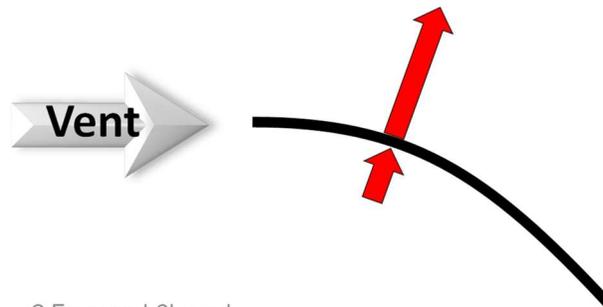


Figure 61. *Poussée vélique*

L'air s'écoulant sur la voile subit une déviation :

- il est ralenti et applique donc une **compression** sur l'**intrados**
- il est accéléré et applique donc une **dépression** sur l'**extrados**

De ces deux variations de pression résulte une **poussée vélique**, constituée à raison de **1/3 par la pression** exercée sur l'intrados, et **2/3 par l'aspiration** exercée sur l'extrados. Cette force s'exerce en moyenne au niveau du premier tiers de la voile, en direction du rayon de courbure.

2.2.3 Un témoin : les penons

En pratique en navigation, on utilise des repères pour détecter si le flux est laminaire ou non : les penons. Les penons sont des bouts de tissu (idéalement hydrophobes) collés sur les deux faces de la voile au niveau du premier tiers de la voile. Ils suivent l'écoulement de l'air. Lorsque les choses sont bien faites, ils sont colorés de rouge à bâbord et de vert à tribord. Lorsqu'ils sont apposés sur une voile translucide ou transparente, le barreur peut voir clairement les deux côtés en même temps (Figure 62).

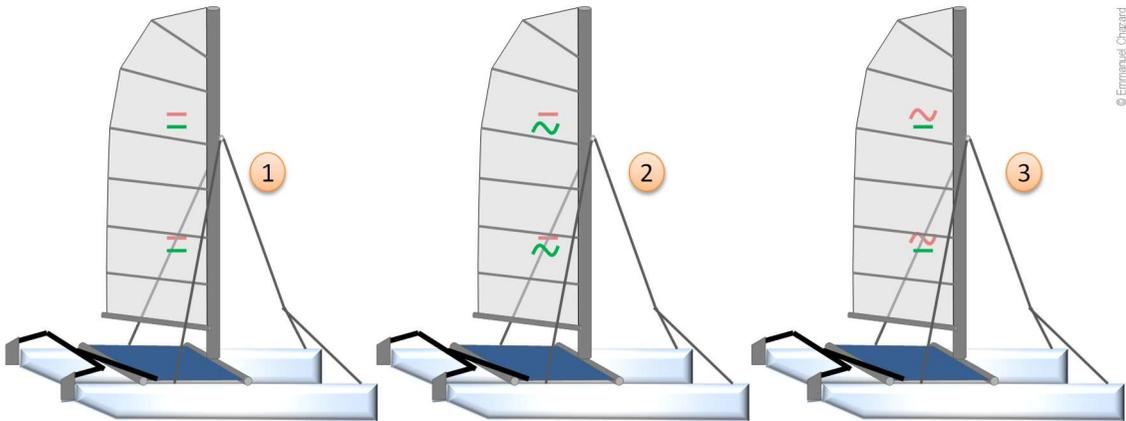


Figure 62. Utilisation des penons sur un catamaran tribord amure

La Figure 62 présente un catamaran navigant tribord amure : le barreur voit donc le même côté de la GV que vous.

Lorsque la GV est bien réglée (1), les penons sont bien horizontaux sur les deux faces.

Lorsque la GV est trop choquée (2) : le penon de l'intrados faseye. Il faut border la voile ou tirer la barre.

Lorsque la GV est trop bordée (3) : le penon de l'extrados faseye. Il faut choquer la voile ou pousser la barre.

En règle générale, il faut **ramener la barre ou la voile du côté du penon qui faseye**.

Comme le sous-entend la Figure 62, les penons devront être examinés aux deux étages, supérieur et inférieur, et l'incidence de la GV devra être réglée aux deux étages également. Nous reviendrons sur ce point par la suite.

2.3 Les rôles du foc et des voiles d'avant en général

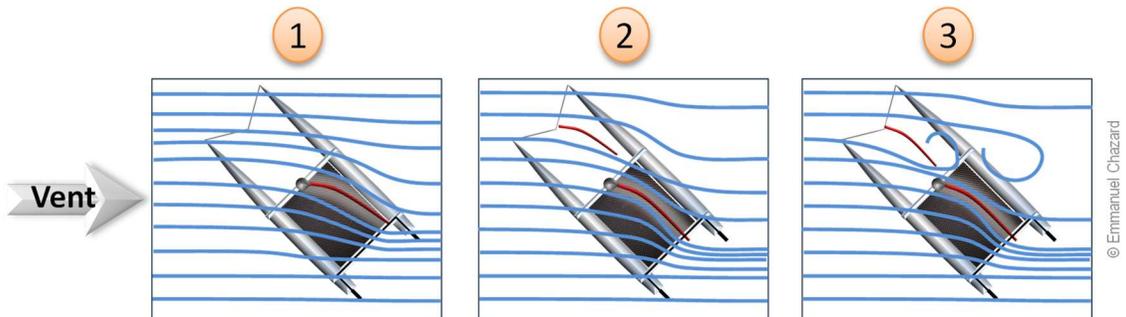


Figure 63. Écoulement sur l'ensemble foc et GV

La Figure 63 représente un catamaran navigant bâbord amure au près.

Sur une GV seule (1), l'écoulement peut être laminaire (des turbulences minimales apparaissent inévitablement en traîne de l'extrados). Cet écoulement est maintenu lorsque la GV est bordée, mais elle ne peut pas trop être bordée, limitant le potentiel de poussée vélique.

Lorsqu'on ajoute un foc correctement réglé (2), il crée un étranglement du couloir d'air abordant l'extrados, et génère ainsi une accélération tout en déviant l'air. Ceci a trois effets :

- les turbulences minimales sont reculées après la chute de la GV
- faisant suite à l'accélération, le vide et donc l'aspiration sont supérieurs sur l'extrados de la GV
- les voiles d'avant en général font refuser le vent que perçoivent les voiles d'arrière. On peut donc border un peu plus la GV, augmentant ainsi la poussée vélique, sans perdre l'écoulement laminaire sur l'extrados. Avec un spi asymétrique par exemple, on peut prétendre avoir une voile relativement bordée au grand largue, avec un écoulement non turbulent.

Cependant, tout bon équipier doit avoir en mémoire les effets néfastes d'un foc trop bordé (3). L'extrados de la GV est entièrement déventé et la GV perd toute sa puissance en regard. **Mieux vaut ne pas avoir de foc qu'un foc trop bordé.** C'est pourtant une habitude chez certains équipiers : il est moins fatigant de border le foc à plat en sortie de manœuvre et de ne plus y toucher... mais l'effet est délétère.

En catamaran, l'effet du foc se fait ressentir uniquement sur la partie basse de la GV, car l'anneau de capelage est nettement plus bas que la tête de mât. L'effet du spi, quant à lui, existe sur presque toute la hauteur de la GV.

2.4 Vent arrière : l'écoulement turbulent est inévitable

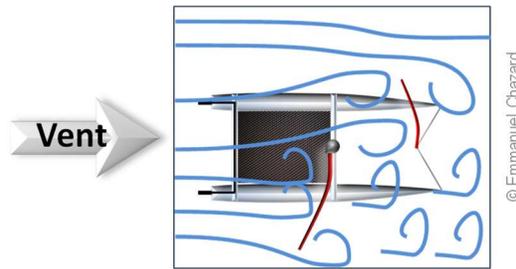


Figure 64. Vent arrière : écoulement de l'air turbulent

L'écoulement de l'air au vent arrière (Figure 64) est obligatoirement turbulent. L'angle de déviation imposé par la voile à l'air est trop important et engendre des turbulences. C'est une des raisons qui pousse à préférer deux bords de grand largue à un bord de vent arrière (voir chapitre [Remontée au vent, descente sous le vent en page 71](#)).

2.5 Remarque : application aux coques asymétriques

Tous les bateaux actuels utilisent un dispositif antidérive, pour leur permettre de naviguer au près et au travers. Ce dispositif peut être de différents types :

- Des appendices sur les coques :
 - Des dérives pivotantes (ex : HC 21, HC 18, HC 17)
 - Des dérives sabres (ex : : HC Tiger, HC Fx-One)
 - Des plans antidérives (Erplast / KL, HC Twixxy, HC Pacific, Nacra 500, Nacra 570)
 - Des foils (ex : Nacra 18)
- Des coques asymétriques

Les coques asymétriques se rencontrent sur certains modèles (HC 14, HC 16, Prindle 16) : le versant interne est plus bombé que le versant externe. La Figure 65 représente des catamarans qui avancent sur l'eau, vus de dessous. Les parties grises sont émergées, les parties bleues sont immergées.

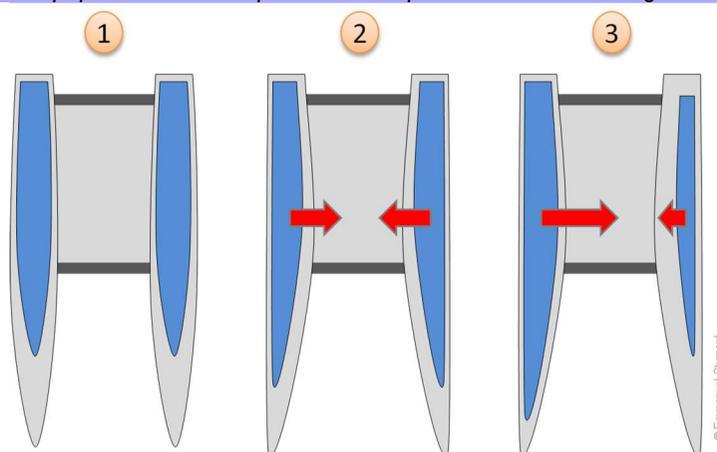


Figure 65. Effet des coques asymétriques avec de la gîte

Le catamaran à coques symétriques (1) ne génère pas de poussée latérale.

Le catamaran à coques asymétriques (2), lorsqu'il est à plat, subit sur chaque coque un écoulement d'eau asymétrique, qui génère une poussée latérale. Ces poussées sont égales et s'annulent.

Le catamaran à coques asymétriques (3) a pris de la gîte : sa coque bâbord est plus enfoncée dans l'eau, et sa coque tribord est moins enfoncée dans l'eau. Il en résulte des poussées latérales inégales. La somme des deux produit une force. Cette force est orientée vers la coque la moins enfoncée. Autrement dit, puisque la gîte est le fait du vent latéral, cette poussée s'oppose à la force du vent, et réalise une **force antidérive**.

Ce phénomène prêche en faveur du maintien de la coque au vent à fleur d'eau au près sur les modèles dont il est ici question. Il ne faut cependant pas oublier qu'un bateau bien équilibré présente une traînée moindre.

3 Réglage des voiles

3.1 Régler l'incidence de la voile

Avant d'aborder ce chapitre, vous savez déjà dans les grandes lignes régler une voile en fonction de l'allure suivie (border, choquer).

Nous avons déjà vu dans le chapitre [Aérodynamique : écoulement de l'air sur les voiles en page 100](#) comment régler la grand' voile en fonction notamment de l'observation des penons. Nous avons déjà vu également dans le chapitre [Vent réel, vent vitesse, vent apparent en page 90](#) que l'incidence de la voile par rapport au vent pouvait être réglée différemment selon la hauteur. Le chariot règle l'incidence globale de la voile, tandis que le palan permet de contrôler le vrillage de la voile. La chute est verticale lorsque le palan est bordé, le haut de la voile est ouvert dans le cas contraire. L'erreur commune consiste à régler l'incidence avec le seul palan, le chariot restant au milieu.

En plus de l'intérêt dans la propulsion, nous verrons plus tard l'intérêt dans les couples de rotation, dans le chapitre [Couples de rotation en page 118](#).

Certains tentent d'utiliser le raccourci suivant : « le chariot règle le bas de la voile et le palan règle le haut » ou inversement. Et personne n'est d'accord. Naturellement cela n'a pas de sens car cela dépend de l'incidence de la voile. Sur une voile très vrillée (palan très choqué, au grand largue par exemple), le fait de border le palan aura pour effet principal de ramener le bas de la voile au milieu, tout en laissant le haut choqué dans un premier temps. Au contraire sur une voile déjà relativement bordée (au près par exemple), le palan tendra à l'aplatir encore plus, et donc n'aura d'effet que sur le haut de la voile. Seule la réflexion permet donc de résoudre le problème, et non les automatismes.

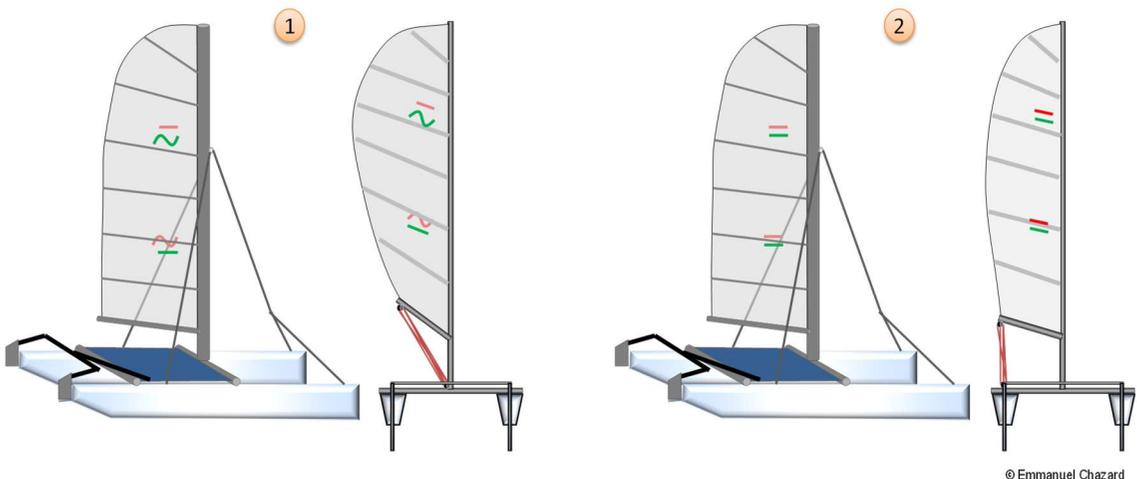


Figure 66. Exemple typique de réglage de la GV sur toute sa hauteur

La Figure 66 présente un cas d'étude assez fréquent. Le catamaran représenté à gauche est au grand largue tribord amure (1). Au regard des penons, sa GV est trop bordée en bas et trop choquée en haut. La vue postérieure donne l'explication : le chariot est au milieu, tandis que le palan est entièrement choqué. La solution dans ce cas consiste à choquer le chariot et border modérément le palan (2).

3.2 Régler la forme de la voile

3.2.1 Comprendre le creux de la voile

Le creux de la voile est principalement dû à deux éléments.

Premièrement, les voiles ne sont pas constituées d'un seul morceau de tissu, mais de plusieurs bandes appelées **laizes**. Ces laizes ont des bords curvilignes qui sont cousus en vis-à-vis. Il en résulte un creux permanent : la voile est creuse avant même d'être hissée (Figure 67).

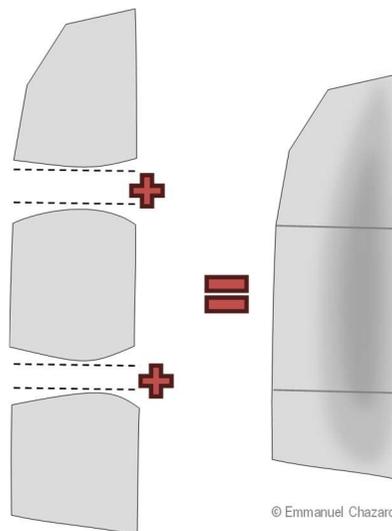


Figure 67. Création d'un creux de voile avec trois laizes

En réalité, les laizes sont plus nombreuses. Leur objectif est non seulement de créer un creux approprié, mais également d'utiliser les directions des fibres textiles pour limiter la déformation des voiles. Leur conception dépend également de la largeur des rouleaux textiles disponibles. La Figure 69 présente 4 exemples de coupes de voiles, la coupe horizontale étant la plus fréquente.

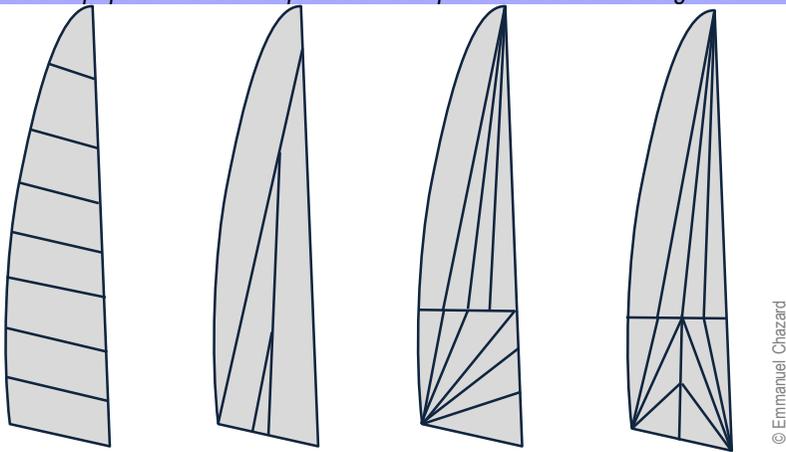


Figure 68. Exemples de coupes de voile
(de gauche à droite : horizontale, verticale, bi-radiale, tri-radiale,)

Le guindant n'est lui non plus pas rectiligne : il existe un **rond de guindant**. Il est pourtant hissé le long d'un mât rectiligne. Il en résulte un creux qui n'existe que lorsque la voile est hissée (Figure 69). Lorsqu'il existe une bôme, le même effet se produit au niveau de la bordure, qui n'est pas rectiligne mais file le long de la bôme (**rond de bordure**). Ce creux est réglable, comme nous le verrons plus tard.

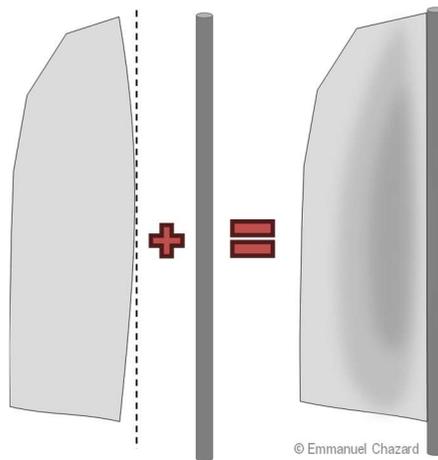


Figure 69. Création d'un creux de voile avec le rond de guindant

Sur des voiles usagées ou en textiles de mauvaise qualité, on observe également des déformations liées à l'**élasticité** du tissu. Si les bords sont renforcés (ex : ourlet, ralingue, nerf de chute), le centre se déforme plus que les bords, créant un creux ou amplifiant le creux existant.

Le creux n'est pas à proprement créé par les **lattes**, mais des lattes fortement étarquées peuvent rigidifier et amplifier le creux.

3.2.2 Dans quel but modifier le creux ?

La position du creux aura des conséquences de trois ordres :

- Une voile plus creuse est plus puissante au portant notamment
- Un creux plus près du mât permet de mieux remonter au vent
- La forme et la position du creux influent la direction et le point d'application de la poussée vélique. Notamment, si le creux est avancé, la composante de dérive de la poussée vélique sera diminuée.

Il résulte de cela que :

- Les réglages à faire à terre seront choisis comme suit :
 - Par petit temps, on choisira une voile creuse, plus puissante, en se résignant à un près moins serré.
 - Par gros temps, à la puissance sera préférée la capacité à remonter au vent en diminuant et en avançant le creux.
- Pour les réglages réalisables rapidement durant la navigation :
 - Pour les bords de près on fera en sorte d'aplatir la voile pour mieux remonter au vent
 - Pour les bords de grand large on pourra creuser la voile pour augmenter sa puissance

3.2.3 Modifier la forme et l'importance du creux à terre

3.2.3.1 Le guignol

Le guignol est un dispositif comprenant des câbles et des barres de flèches. Son utilité initiale est de rigidifier le mât.

Sur les catamarans de plage actuels, le mât est en aluminium ou en fibres de carbone, et n'a généralement pas besoin d'être rigidifié par un guignol. Lorsqu'un guignol est présent sur ces bateaux, il comporte généralement des barres de flèches orientées vers l'arrière.

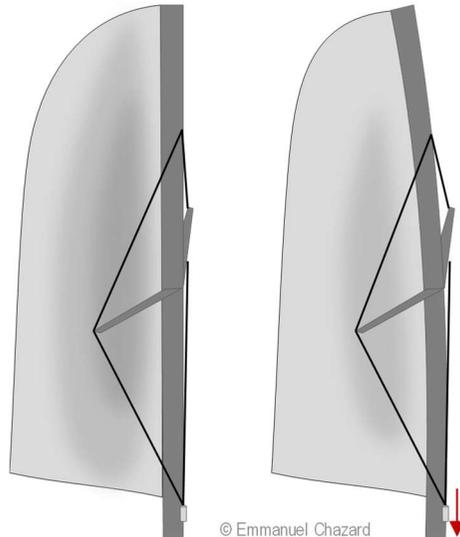


Figure 70. Diminution du creux de la GV en étarquant le guignol (barres de flèche postérieures)

Lorsqu'on étarque le guignol (généralement en faisant tourner un cylindre de serrage), cela a pour effet de cintrer le mât (partie droite de la Figure 70) vers l'arrière. Ce faisant, on **diminue le creux de la voile** inhérent au rond de guindant. La tension du guignol diminue le creux de la voile sans le déplacer.

3.2.3.2 Les lattes

L'utilité principale des lattes est de rigidifier la voile, notamment sa chute. Cela permet de dessiner une voile dont la chute est convexe, et gagner ainsi de la surface. En outre, les lattes ont un impact sur le creux. On peut, à terre, plus ou moins étarquer les lattes dans leur fourreau. Des **lattes étarquées** impriment un **creux plus important** à la voile. C'est utile par petit temps, mais il faudra alors les faire changer de concavité manuellement à chaque changement d'amure.

3.2.3.3 La prise de ris

Il est possible de prendre un ris sur différentes voiles et de différentes manières. En catamaran de sport, il est possible de **prendre un ris** sur la GV (**ariser la GV**) en abaissant la GV et en enroulant sa partie inférieure le long de la bordure (Figure 71). Pour être **arisable**, une GV doit disposer de :

- Un nouvel œillet sur le point d'amure pour le cunningham ou la fixation de la bôme
- Un nouvel œillet sur le point d'écoute pour le palan de GV ou la bordure
- Des garcettes de ris, permettant de ferler la GV et d'éviter son battement
- Eventuellement, un deuxième dispositif de hook sur la drisse. A défaut, la drisse est frappée en tension sur son taquet au pied du mât.

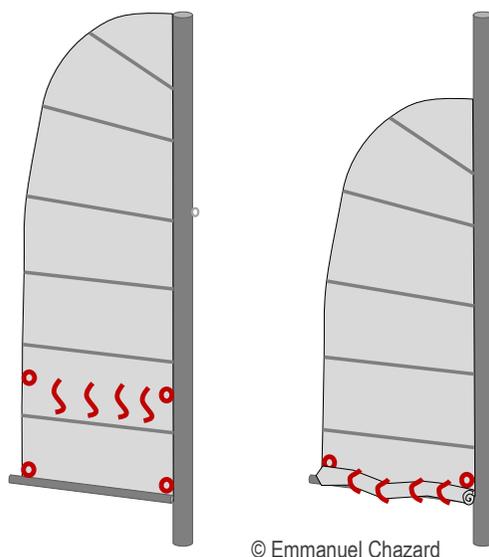


Figure 71. Pris de ris sur la grand' voile

3.2.4 Modifier la forme et l'importance du creux en navigation

3.2.4.1 Le cunningham

Le cunningham abaisse le point d'amure. Il permet **de réduire et d'avancer le creux**. C'est le **principal moyen** que vous utiliserez pour modifier le creux de la voile. C'est l'occasion de rappeler que le cunningham doit être choqué à terre. Surtout, il doit être étarqué à fond par gros temps, faute de quoi la voile peut se déchirer au niveau de l'extrémité inférieure du guidant.

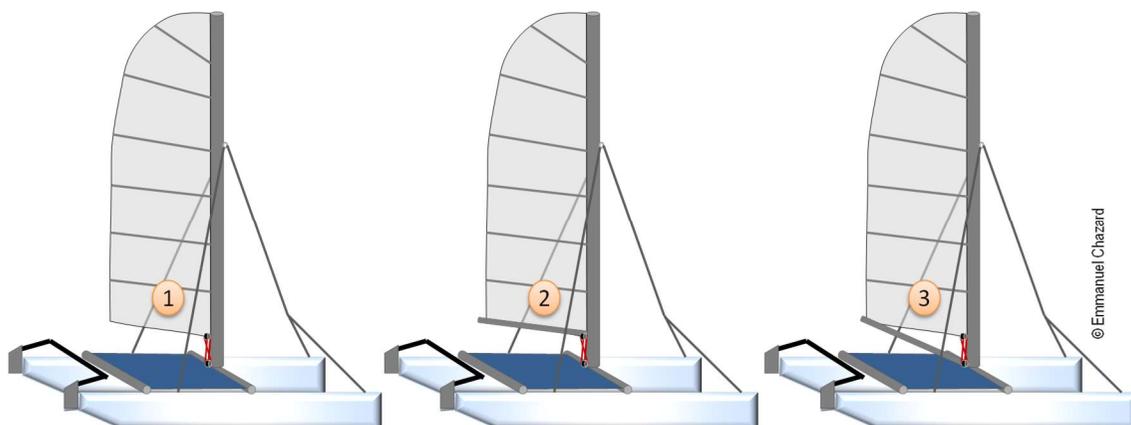


Figure 72. Différents montages du cunningham
(en rouge ; 1 : sans bôme, 2 : bôme coulissante, 3 : bôme articulée)

Sur les catamarans sans bôme, le cunningham relie directement le point d'amure de la voile au pied de mât (Figure 72 partie 1. Ex : HC Twixxy, KI 15,5). Sur les catamarans avec bôme, très souvent la bôme coulisse librement de haut en bas dans le mât. Dans ce cas, le cunningham relie le point d'amure de la bôme au pied de mât (Figure 72 partie 2. Ex : HC16, KI Booster), et ce même point d'amure de la bôme est fixé directement sur le point d'amure de la GV. Sur d'autres catamarans avec bôme, le point d'amure de la bôme est articulé sur le mât (par exemple avec un vit de mulet), dans ce cas le cunningham relie le point d'amure de la GV au point d'amure de la bôme (Figure 72 partie 3. Ex : HC 17).

3.2.4.2 La bordure

Sur les voiles avec bôme, en étarquant la bordure, on peut cintrer la bôme et réduire ainsi le creux inhérent au rond de bordure. De manière plus générale, la bordure tire la voile vers l'arrière et diminue le creux global de la voile.

Sur les voiles sans bôme, il n'y a pas de bordure. Le point d'écoute est nettement en avant de la traverse arrière, de manière que, au près, en bordant la GV on tire la GV vers l'arrière dans le même temps. Cela supplée l'absence de bordure.

3.3 La quête du mât

On peut régler la longueur des haubans, et modifier ainsi l'inclinaison du mât, appelée quête. Lorsque les haubans sont raccourcis, le mât est ramené vers l'arrière, sa quête est supérieure, et le bateau devient **ardent** : il tend à lofer. Inversement, le bateau devient **mou** lorsque les haubans sont rallongés : il tend à abattre.

La modification de la quête du mât doit se faire sur les trois câbles (deux haubans et un étai) en même temps : si le mât est détendu, non seulement il bouge en navigation, ce qui donne des à-coups désagréables, mais en plus il existe un risque de démâtage par perte de congruence entre le pied de mât et la traverse avant.

Sur certains catamarans (ex : Hobie Cat 16), le foc comprend une ralingue métallique, qui se substitue à l'étai. Le foc se hisse avec un palan de drisse. Ces focs doivent alors être hissés à fond, afin de suppléer l'étai qui est volontairement trop long. La quête du mât peut ainsi se régler sans ajuster l'étai.

4 Forces de translation

4.1 Présentation générale

Le catamaran est soumis à une force aérodynamique, qui résulte de l'action du vent sur les voiles, et une force hydrodynamique, qui résulte de l'action de l'eau sur la coque. Lorsque le catamaran est à l'arrêt et borde ses voiles, la première est plus forte que la deuxième, entraînant une accélération. Cette accélération augmente la force hydrodynamique, jusqu'à ce qu'elle soit égale à la force aérodynamique. Le catamaran est alors à sa vitesse maximale, l'accélération est nulle, et les deux forces sont exactement opposées l'une à l'autre.

Nous représenterons le catamaran à sa vitesse maximale, lorsque les deux forces sont exactement opposées, et qu'il n'y a donc plus aucune accélération (Figure 73).

On s'intéressera ici aux forces représentées sur un plan horizontal. Les parties suivantes décriront ces deux forces en les décomposant.

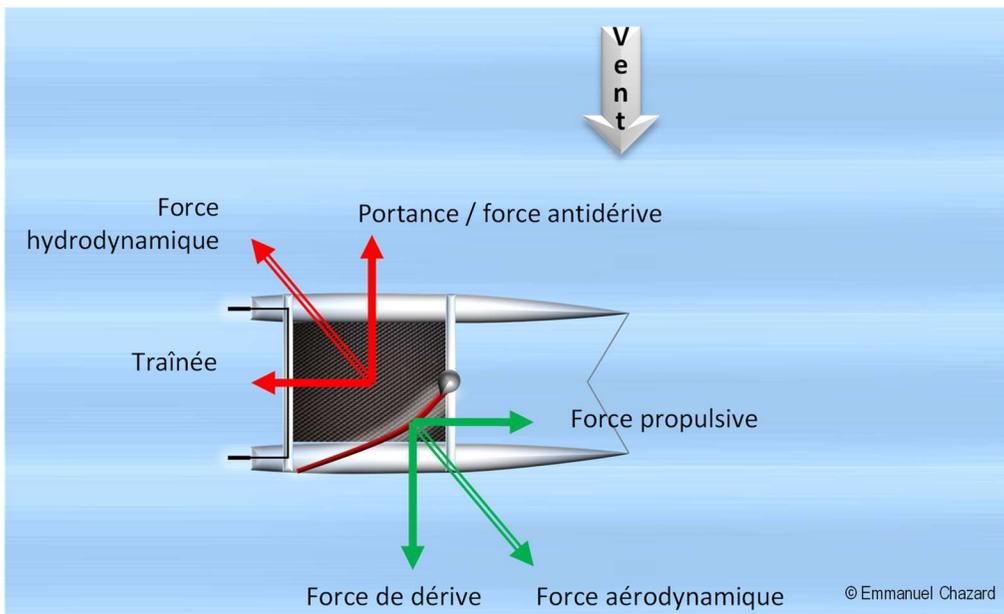


Figure 73. Catamaran à vitesse constante, au travers bâbord amure

4.2 Force aérodynamique / Poussée vélique

4.2.1 Définition

Elle résulte de la déviation de l'air par la voile.

Elle est proportionnelle à la **surface** de voile et au **carré de la vitesse du vent apparent**.

Elle s'applique au tiers avant de la voile, approximativement à mi-hauteur de la voile.

Elle est perpendiculaire à la tangente en ce point et orientée vers le bord sous le vent.

4.2.2 Composantes

Cette force, unique, peut être décrite comme étant la somme vectorielle de deux composantes.

La composante longitudinale est appelée **force propulsive**.

La composante transversale est appelée **force de dérive**.

4.2.3 Remarque importante

Soit un bateau avançant au travers (Figure 74). Si on choque la grand' voile, l'intensité de la force aérodynamique diminue, mais son orientation change : ainsi la force de dérive diminue-t-elle fortement alors que la force propulsive est relativement peu affectée. Cela explique qu'en choquant la GV, la sensation de gîte disparaisse mais que le bateau ralentisse assez peu. Pour ralentir fortement au travers, il ne suffira donc pas de choquer la GV : il faudra par exemple mettre le foc à contre ou lofer.

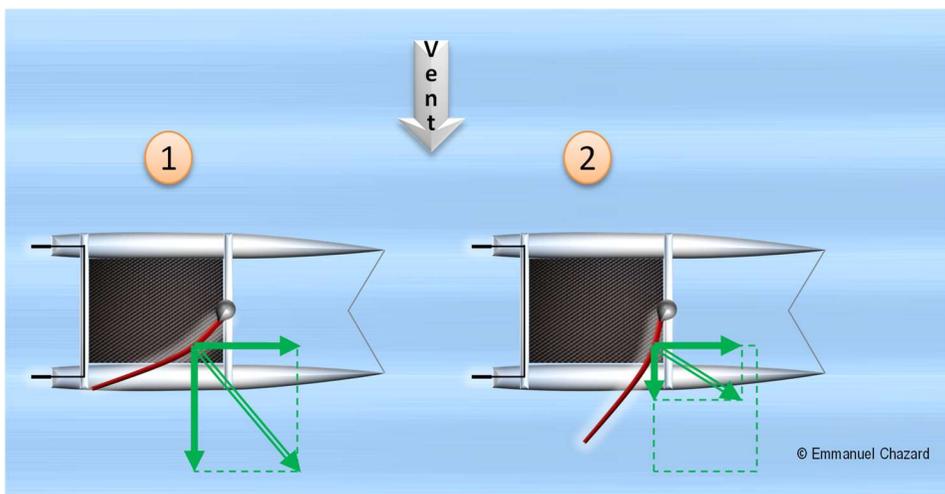


Figure 74. Au travers, choquer le GV ralentit peu le catamaran

4.3 Force hydrodynamique

4.3.1 Définition

Elle résulte du frottement de l'eau sur les parties immergées : coques, safrans, éventuelles dérives.

Elle est proportionnelle au **carré de la vitesse** du bateau et en rapport avec la surface et la forme de la dérive et de la carène.

Elle s'applique au **métacentre de carène**, qui est un centre situé vers le milieu de la partie immergée du bateau (sa définition est complexe car elle dépend non seulement du volume de fluide déplacé, mais également de la forme de la coque). Pour le catamaran, chaque coque a son métacentre de carène, et le métacentre de carène du catamaran est donc situé entre les deux coques.

Sa direction est la même que celle de la force aérodynamique à laquelle elle s'oppose, et le sens est opposé.

4.3.2 Composantes

Cette force, unique, peut être décrite comme étant la somme vectorielle de deux composantes.

La composante longitudinale est appelée **traînée**.

La composante transversale est appelée **portance de la dérive** ou **force antidérive**.

4.4 Conséquences : forces et réactions, translation et rotation

Le présent chapitre est optionnel. Il a pour but de vous permettre d'avoir une compréhension plus intuitive du chapitre suivant. Un phénomène "palpable" sera mieux mémorisé. Ainsi les explications suivantes résultent-elles d'un parti pris plus didactique que rigoureux.

4.4.1 Point de vue statique

La Figure 75 représente un dériveur léger sans voile (ex : laser solo), déplacé à la main par une personne au bord de l'eau.

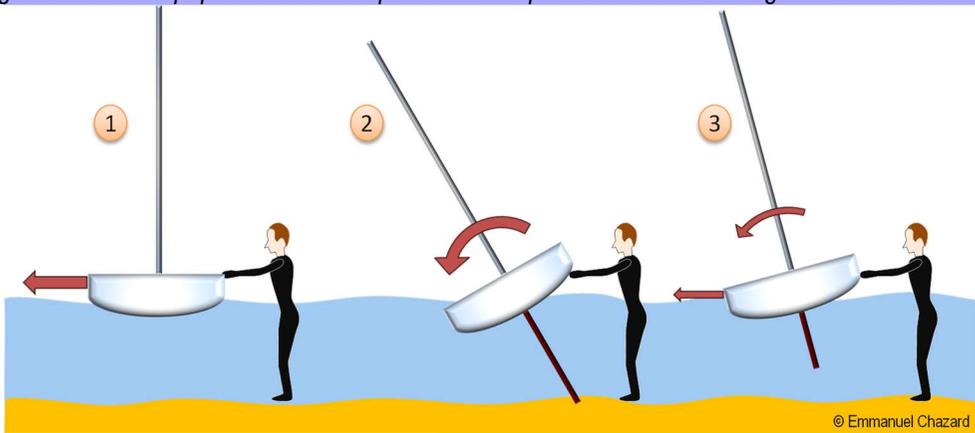


Figure 75. Comprendre l'impact d'une force en termes de translation et rotation

Sur la partie (1) de la Figure 75, le dériveur n'a aucune dérive. L'humain pousse latéralement la coque du dériveur. Le dériveur glisse à plat sur l'eau : toute la pression est convertie en mouvement de translation.

Sur la partie (2) de la Figure 75, le dériveur a une très grande dérive, plantée dans le sable. La coque ne peut pas bouger, elle pourra en revanche tourner. Toute la pression est convertie en mouvement de rotation.

La partie (3) de la Figure 75 est plus conforme à la réalité. La dérive est sortie, mais ne touche pas le sol. Il existe une part de chaque. Toute force appliquée au bateau pourra avoir pour effet une rotation et une translation. Elles pourront varier, mais leur somme restera constante. Dans le cas de la force de dérive que nous avons ici simulée, il se créera une composante de rotation en fonction de la force antidérive générée par la dérive. Le reste de la force de dérive sera converti en mouvement de translation, qui fait dériver le bateau.

Si on relève un peu la dérive, la force antidérive diminue, donc la composante rotatoire de la force de dérive diminue (le bateau est plus plat) au profit de la composante de translation (le bateau dérive plus).

4.4.2 Point de vue dynamique

Lorsqu'une force aérodynamique est appliquée au bateau (appliquée au centre de poussée vélique), il se crée une force opposée, c'est la force hydrodynamique (appliquée au métacentre de carène).

Lorsque le bateau a une vitesse constante, c'est-à-dire une accélération nulle et donc une somme vectorielle des forces nulle, les forces aérodynamique et hydrodynamique sont strictement égales et opposées, elles formeront un couple de rotation, ce couple sera responsable de la gîte et de l'enfournement. Ce couple existe car les points d'application des deux forces sont distincts : en particulier, le point d'application de la force aérodynamique est nettement plus élevé que celui de la force hydrodynamique.

Pendant la phase d'accélération, la force hydrodynamique est inférieure à la force aérodynamique. La "partie" de force aérodynamique qui ne participe pas au couple de rotation est responsable de l'accélération. Le couple est ainsi toujours formé de deux forces égales et opposées : toute la force hydrodynamique et une partie seulement de la force aérodynamique.

Par la suite, en raison d'une vitesse supérieure, la force hydrodynamique augmentera jusqu'à l'équilibre.

Pendant la phase de décélération, la force hydrodynamique est supérieure à la force aérodynamique. La "partie" de force hydrodynamique qui ne participe pas au couple de rotation est responsable de la décélération. Le couple est ainsi toujours formé de deux forces égales et opposées : toute la force aérodynamique et une partie seulement de la force hydrodynamique.

Par la suite, en raison d'une vitesse inférieure, la force hydrodynamique diminuera jusqu'à l'équilibre.

Ce raisonnement peut être décomposé sur deux plans, ce que nous ferons au chapitre suivant.

5 Couples de rotation

Ce chapitre fait directement suite au précédent. Rappelons que notre parti-pris est de donner des bases théoriques simplifiées ayant une application pratique. Nous procédons volontairement à des **simplifications didactiques**, pour privilégier une approche la plus intuitive possible, et directement transposable dans la pratique. Les ingénieurs trouveront ces explications approximatives, sans impact toutefois sur la mise en pratique.

5.1 Définition préalable

5.1.1 Notion de couple de forces

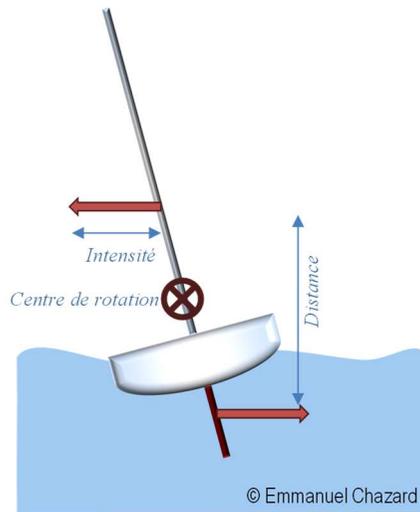


Figure 76. Principe des couples de forces

Nous avons représenté en Figure 76 le couple de chavirement constitué par les forces de dérive et antidérive.

Un couple est formé par deux forces d'intensités égales, de même direction et de sens contraires, s'appliquant sur un mobile qui ne présente pas de centre de rotation fixe. Ces deux forces, étant appliquées à deux endroits distincts, impriment toutes deux une rotation au bateau dans un plan et sens donnés. La valeur du couple est proportionnelle à l'intensité des deux forces et à la distance séparant les vecteurs représentant chacune des deux forces, cette distance étant mesurée sur une droite perpendiculaire aux deux vecteurs.

5.1.2 Compléments didactiques

Dans le cas d'un couple unique, le centre de rotation est équidistant des deux centres d'application des forces. Ici, les deux forces ne sont pas nécessairement

Les deux forces d'un couple sont de même intensité. Comme expliqué précédemment, si tel n'est pas le cas, celle des deux forces qui est la plus importante n'entre que pour une partie dans le couple. Le reste expliquera l'accélération en translation du bateau. Si le bateau est en accélération ou en ralentissement, on ne parlera pas des forces « entières » mais de leurs composantes rotatoires. Cependant, dans l'hypothèse d'une vitesse constante, il s'agit bien des forces « entières ».

Pour modifier la valeur d'un couple, il faudra modifier l'intensité des forces composantes ou bien modifier la distance entre les vecteurs représentant ces forces.

Les couples que nous envisagerons vont par paire, de même direction mais de sens opposés. Lorsque l'intensité d'un couple devient supérieure à celle de l'autre, il induit une rotation du bateau dans le plan et le sens considérés jusqu'à atteindre une nouvelle position d'équilibre, si elle existe : les deux forces y ont alors des intensités à nouveau égales.

5.2 Plan frontal : prévention du dessalage

5.2.1 Forces en présence

5.2.1.1 Couple de chavirement

Le couple de chavirement est constitué par la **force de dérive** (composante transversale de la force aérodynamique) et la **force antidérive** ou portance (composante transversale de la force hydrodynamique).

En cas de gîte importante, la distance entre les vecteurs diminue alors, ce qui amène relativement souvent à un équilibre stable (Figure 77).

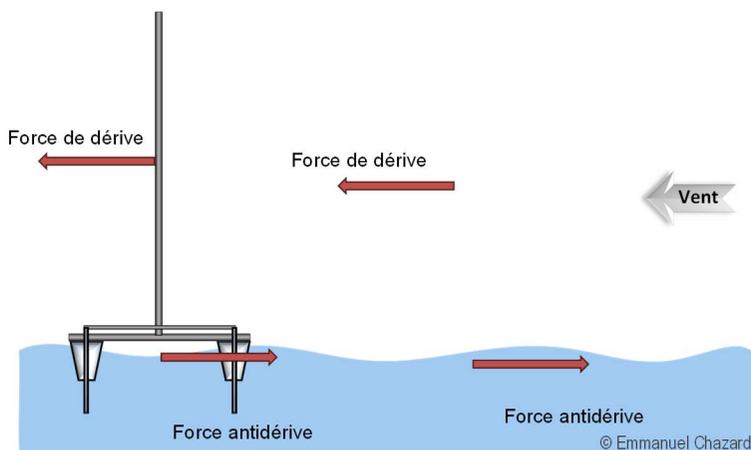


Figure 77. Couple de chavirement, en fonction de la gîte

Dans le cas particulier du catamaran, le point d'application de la force antidérive (le métacentre de carène) mérite attention. Lorsque le bateau est à plat, ce point est dans le vide, entre les deux coques. Lorsque le catamaran gîte, ce point est déplacé sous le vent de manière très importante (Figure 77). A l'occasion d'une « banane » (soulèvement complet d'une coque), il est confondu avec le métacentre de carène de la coque sous le vent.

5.2.1.2 Couple de redressement

Le couple de redressement est constitué par le **poids** (dont le point d'application est le centre de gravité de l'ensemble constitué par le bateau et l'équipage) et la **poussée d'Archimède** (dont le point d'application est le métacentre de carène). Son intensité est égale au poids du volume d'eau déplacé.

Lorsque le bateau gîte, la distance entre les deux forces augmente, et l'intensité du couple également (Figure 78).

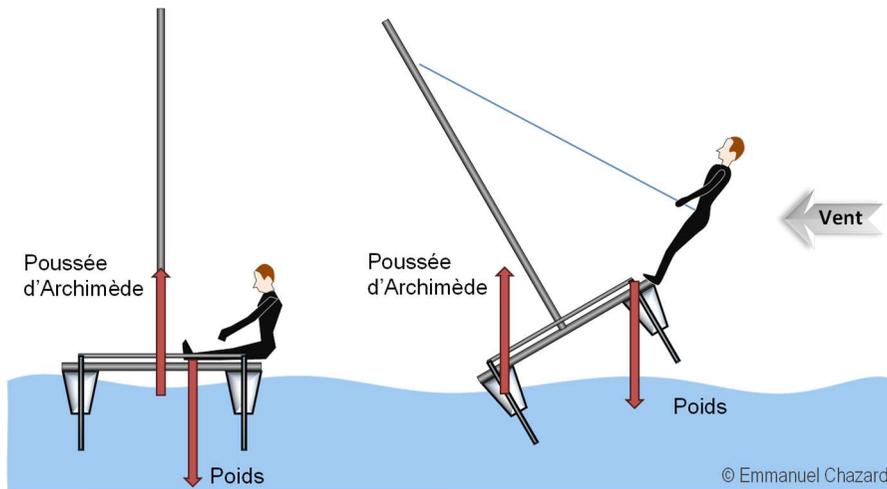


Figure 78. Couple de redressement, en fonction de la gîte

L'intensité de la poussée d'Archimède s'adapte au poids naturellement : si le bateau est ponctuellement soulevé, le volume d'eau déplacé diminue, donc la poussée d'Archimède aussi et elle devient inférieure au poids. Le bateau s'enfonce donc jusqu'à la position d'équilibre et inversement.

Là encore, le cas des catamarans mérite une attention particulière. Lorsque le catamaran est à plat, le métacentre de carène est situé entre les deux coques. Lorsque le bateau gîte, il est **fortement déplacé sous le vent**, si bien que, lorsque la coque au vent est soulevée entièrement, il est confondu avec le métacentre de carène de la coque sous le vent. Ainsi le couple de redressement est-il considérablement augmenté, ce qui explique la **stabilité des multicoques** par rapport aux monocoques.

Le positionnement de l'équipage a également son importance. Lorsque l'équipage est assis sur une coque, le centre de gravité est déjà latéralisé. Lorsque l'équipage est suspendu **au trapèze**, le centre de gravité est fortement latéralisé, entraînant une forte augmentation du couple de redressement, à poids inchangé.

Sur un bateau en mouvement, la poussée d'Archimède est augmentée de la **portance hydrodynamique**, conséquence de la forme de la coque en mouvement sur l'eau. La somme de ces deux forces est appelée **force de sustentation**. La seule différence est que l'intensité augmente. Cette différence explique par exemple qu'un surfeur expérimenté de 70kg puisse être porté par une planche de 35 litres seulement : cette planche est incapable de le porter à l'arrêt, mais avec la vitesse elle le peut. Sur les embarcations munies de **foils**, cette portance hydrodynamique est extrêmement forte durant la phase de décollage.

5.2.1.3 *Équilibre entre le couple de chavirement et le couple de redressement*

Au fur et à mesure que la gîte augmente, le couple de chavirement est moins efficace et le couple de redressement est plus efficace. Dans ces conditions, pourvu que la force aérodynamique ne soit pas trop forte, une **position d'équilibre** est trouvée et le bateau ne dessale pas.

Lorsqu'aucune position d'équilibre n'est trouvée, le bateau bascule sous le vent : c'est le **dessalage**.

5.2.2 **Prévention du dessalage en diminuant la gîte**

Plusieurs actions peuvent être menées pour diminuer la gîte et prévenir le dessalage :

- **Choquer la grand' voile**
 - Diminue la poussée vélique
 - Réoriente la poussée vélique vers l'avant et diminue encore plus la force de dérive (le bateau ralentira peu s'il est au travers)
- **Choquer sélectivement le haut de la grand' voile**
 - Diminue la poussée vélique
 - Abaisse le point d'application de la poussée vélique, donc la distance du couple de chavirement
 - Mais, hélas, réoriente la poussée vélique vers l'avant et augmente le risque d'enfournement (cf. post)
- **Prendre un ris à terre**
 - Diminue globalement la poussée vélique sans modifier son orientation
 - Abaisse le point d'application de la poussée vélique, donc la distance du couple de chavirement
- **Relever la ou les dérives**

- Diminue la force hydrodynamique (mais augmente le mouvement de dérive sous le vent)
- Déplace la force hydrodynamique vers le haut, donc diminue la distance du couple de chavirement
- **Mettre l'équipage ou rappel ou au trapèze**
 - Déplace le centre de gravité au vent et augmente fortement la distance du couple de redressement

5.3 Plan sagittal : prévention de l'enfournement

L'enfournement est le fait que l'avant du bateau plonge sous l'eau, entraînant un arrêt brutal du bateau, voire un dessalage spectaculaire par l'avant. Ce risque se voit essentiellement au grand largue à grande vitesse.

5.3.1 Forces en présence

5.3.1.1 Couple d'enfournement

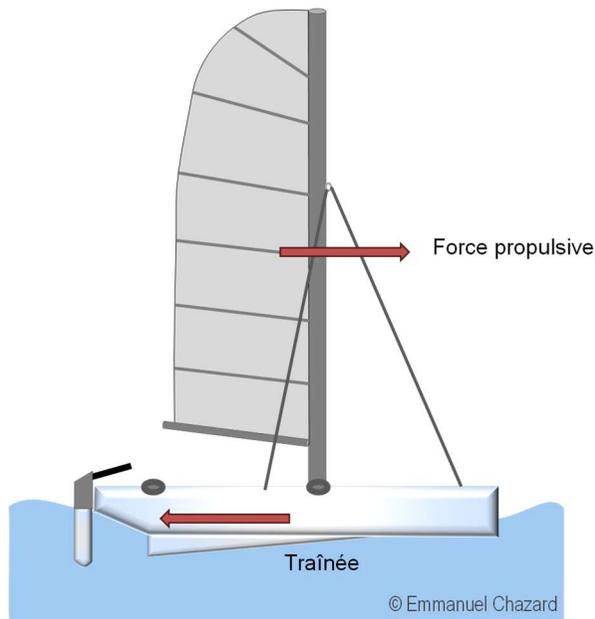


Figure 79. Couple d'enfournement

Le couple d'enfournement (Figure 79) est constitué par la traînée (composante longitudinale de la force hydrodynamique) et la force propulsive (composante longitudinale de la force aérodynamique).

La participation de la traînée explique qu'il soit **impossible d'enfouir à petite vitesse**. De même, elle explique que, en cas d'enfournement, puisque le catamaran est fortement ralenti, l'enfournement **se résolve parfois**

spontanément : la traînée diminue rapidement et le bateau se redresse spontanément.

5.3.1.2 Couple de redressement

Le couple de redressement (Figure 80) est constitué par le poids et la poussée d'Archimède (la force de sustentation si le bateau avance).

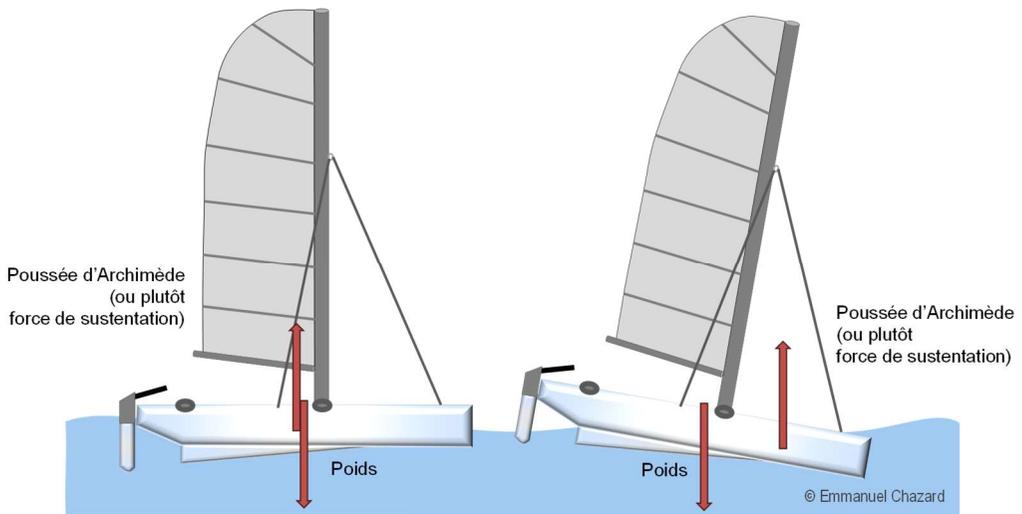


Figure 80. Couple de redressement, à plat et en cas d'enfournement

Lorsque le bateau enfourne, c'est-à-dire lorsque son extrémité antérieure s'enfonce sous l'eau (partie droite de la Figure 80), le couple de redressement tend à faire cabrer le bateau. De la même manière (non figuré ici), si le bateau se cabre, le couple de redressement le ramènera vers le plan horizontal.

5.3.1.3 Un équilibre naturel... compromis

Il existe un équilibre naturel entre ces deux couples... mais ici, cet équilibre est fragile : il n'existe que tant que le bateau n'a pas commencé à enfourner. Dès que cet événement se produit, la traînée augmente à un point tel que l'enfournement peut s'aggraver jusqu'à l'arrêt complet du bateau, ou son dessalage.

5.3.2 Prévention de l'enfournement en redressant le bateau

Plusieurs actions peuvent être menées pour prévenir l'enfournement :

- **Prendre un ris à terre**
 - Diminue globalement la poussée vélique sans modifier son orientation
 - Abaisse le point d'application de la poussée vélique, donc la distance du couple d'enfournement
- **Border le palan** pour fermer le haut de la GV ! Il vaut mieux régler sa GV au grand large en ouvrant le chariot de GV et en bordant le palan, plutôt

qu'en laissant le chariot de GV au milieu et en choquant le palan. Réaplatir la GV :

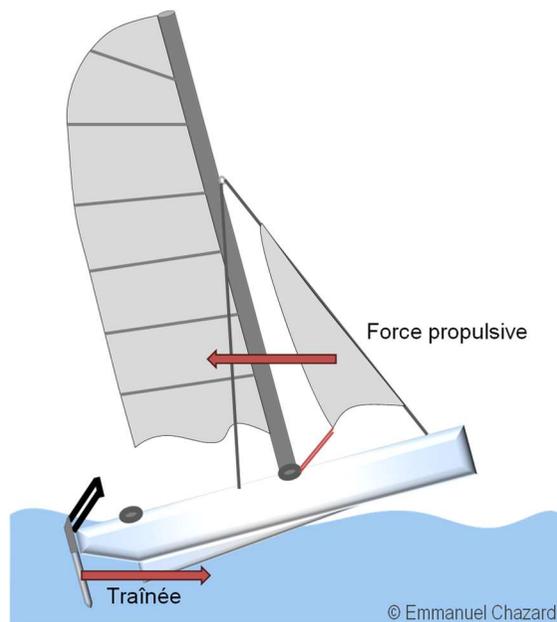
- Réoriente la force hydrodynamique vers le côté, donc diminue la force propulsive
- Mais augmente la force de dérive, et donc le risque de dessalage
- **Remonter à bord tout objet** responsable d'une traînée (pieds, bouées de parcours, etc.)
 - Diminue la traînée
- Déplacer le **poids en arrière**
 - Augmente la distance du couple de redressement

Au-delà de ces considérations théoriques, en cas d'enfournement amorcé, la solution la plus efficace reste de **lofer immédiatement**. Si le catamaran avance sous spi, il faudra dans le même temps **choquer en grand le spi** pour éviter un dessalage traditionnel durant l'auloffée.

5.3.3 Prévention du dessalage en arrière

Ce paragraphe étudie le cas d'un catamaran réalisant un **VDB par fort vent**. Lorsqu'il est face au vent, le bateau se met à cabrer, menaçant de dessaler par l'arrière... que faire ?

Rappel concernant les safrans (voir [Pourquoi les safrans vous veulent du mal en page 48](#)) : lorsque le bateau recule, les safrans ne tendent plus à se remettre dans le plan sagittal, mais au contraire s'en écartent nettement, d'un côté ou de l'autre. Autrement dit, les safrans se positionnent presque dans le plan frontal. Ces safrans, une fois dans une position extrême, constituent une **très, très, très forte traînée**.



La Figure 81 représente le couple de cabrage désormais présent :

Il existe (au lieu du couple d'enfournement) un **couple de cabrage** constitué par la force aérodynamique et la traînée :

- La force aérodynamique provient dans un premier temps du **foc resté bordé à contre** et, lorsque le bateau continue de se cabrer, du vent qui prend **sous le trampoline**
- La traînée est très importante, elle est orientée vers l'avant car le bateau recule. Elle est essentiellement due **aux safrans** qui sont plaqués contre le tableau arrière.

Un couple de redressement existe, conséquence du poids et de la poussée d'Archimède. Cette fois-ci, il tend à redresser le catamaran vers l'avant. Il peut cependant être insuffisant et aboutir à un dessalage par l'arrière.

Cette situation, aussi urgente que surprenante, peut être facilement maîtrisée sous réserve de réagir vite. Il faut **immédiatement** :

- Déplacer l'équipier **vers l'avant** (augmente le couple de redressement)
- **Choquer entièrement le foc** (diminue la force propulsive, donc le couple de cabrage)
- **Avec poigne, remettre les safrans droits** (diminue la traînée donc le couple de cabrage). C'est sûrement l'action la plus efficace dans ce contexte.
- En prévention du dessalage plus traditionnel qui pourrait survenir à cause de l'abattée, **choquer en grand la GV**

Comprendre l'environnement de navigation

1 Genèse des vents

Les vents résultent de l'interaction de plusieurs phénomènes se produisant à des échelles spatiales et temporelles différentes.

1.1 A l'échelle planétaire

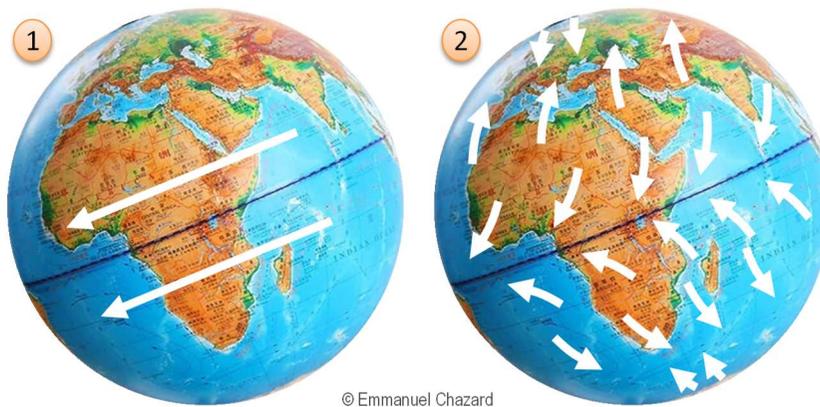


Figure 82. Vents liés à la force de Coriolis (1) et à la circulation atmosphérique (2)

La rotation de la terre provoque des mouvements d'air constants, liés à la force de Coriolis³ (1 en Figure 82).

De plus, des différences de températures sont habituellement rencontrées du fait de l'incidence du soleil sur la surface terrestre. Il en résulte des vents dont l'orientation change en fonction de la latitude (2), en tenant compte de la force de Coriolis.

L'axe de rotation de la terre varie au long de l'année par rapport au soleil. Sous nos latitudes, ces zones d'air froid et chaud se déplacent vers le Nord en été, vers le Sud en hiver.

A ces phénomènes s'ajoutent deux phénomènes très importants : le vent synoptique et les brises thermiques.

³ Au fond, ce n'est pas une force, mais simplement l'inertie de l'atmosphère sur un globe terrestre qui, lui-même, est en rotation. Dans un référentiel terrestre et non plus galiléen, cette inertie peut être représentée comme une force.

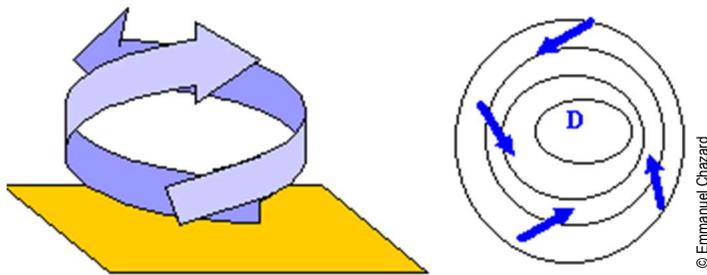
1.2 Système anticyclone / dépression

Ce phénomène explique la genèse des vents à l'échelle des pays, à l'échelle de la semaine.

1.2.1 Genèse d'une dépression, vents internes

Lorsqu'une surface est chauffée, l'air au-dessus se réchauffe également. Sa densité diminue et il tend à monter, générant ainsi une dépression. De surcroît, la force de Coriolis agit, et cet air monte (dans l'hémisphère Nord) en tournant dans le sens anti-horaire (Figure 83).

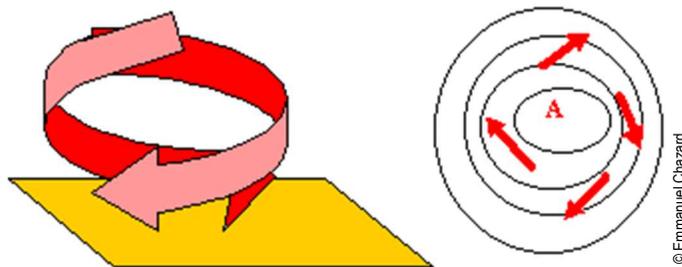
Il en résulte des vents de sens anti-horaire, d'orientation centripète (inflexion de 30° par rapport à la tangente).



1.2.2 Genèse d'un anticyclone, vents internes

Lorsqu'une surface refroidit, l'air au-dessus se refroidit également. Sa densité augmente et il tend à descendre, générant ainsi un anticyclone. De surcroît, la force de Coriolis agit, et cet air descend (dans l'hémisphère Nord) en tournant dans le sens horaire (Figure 84).

Il en résulte des vents de sens horaire, d'orientation centrifuge (inflexion de 30° par rapport à la tangente).



1.2.3 Note importante sur la relation pression-température

Les explications qui précèdent surprennent habituellement car on tend à associer chaud et anticyclone, froid et dépression. Il ne faut pas confondre cause et conséquence.

Un réchauffement provoque une dépression. En montant, l'air refroidit. Or cet air contient de l'eau sous forme de vapeur d'eau, mais en refroidissant sa capacité de saturation en eau diminue, ce qui entraîne une condensation de l'eau en gouttelettes liquides, et donc la formation de nuages. Ces nuages font barrage aux rayons du soleil, voire produisent de la pluie, et entraînent donc un refroidissement de la terre.

Un refroidissement provoque un anticyclone. En descendant, l'air froid est réchauffé, et voit ainsi sa capacité de saturation en vapeur d'eau augmenter : les gouttelettes d'eau sont ainsi vaporisées, les nuages disparaissent et ne font plus obstacle aux rayons du soleil. Ceci entraîne un réchauffement de la terre.

De surcroît, le code de couleurs employé (anticyclone en rouge et dépression en bleu) entretient cette ambiguïté car il fait référence aux conséquences et non aux causes.

1.2.4 Interaction anticyclone - dépression

L'air tend à se déplacer des hautes pressions vers les basses pressions. Cependant, du fait de la force de Coriolis, le trajet n'est pas direct mais circulaire. Il en résulte un **vent synoptique**. Dans l'hémisphère Nord, lorsqu'on a le vent synoptique de face, la **dépression est à droite** (la lettre D dans les deux cas).

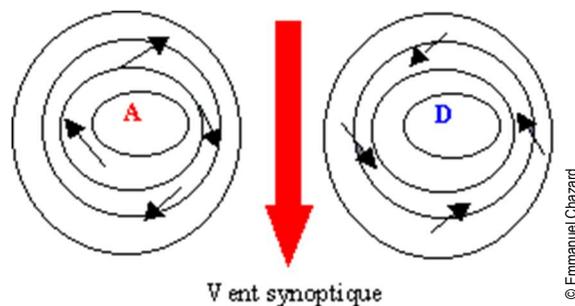


Figure 85. Genèse d'un vent synoptique

1.3 Brises thermiques

Ce phénomène explique la genèse des vents sur les côtes, à l'échelle de la journée. Il est très important, en particulier en fin d'après-midi en plein été.

1.3.1 Brise de jour, brise de mer

Durant la journée, le soleil chauffe la terre tandis que la mer garde sensiblement la même température. Il résulte de cela une brise de mer. En altitude (300m), l'air subit un mouvement inverse (Figure 86).

Cette brise apparaît en début d'après-midi. Elle est plus importante à la fin du printemps et au début de l'été car la mer reste froide alors que le soleil chauffe rapidement la terre.

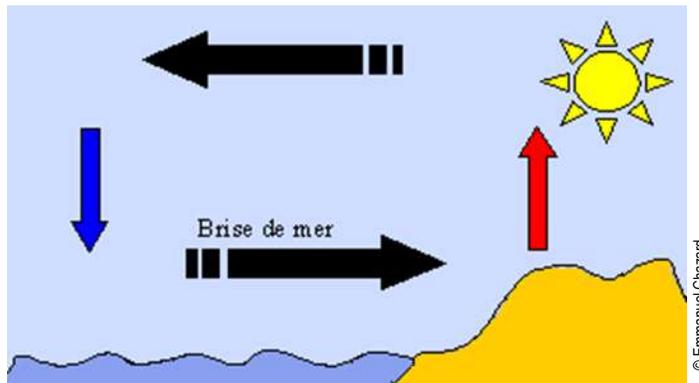


Figure 86. Genèse d'une brise thermique de jour

1.3.2 Brise de nuit, brise de terre

Durant la nuit, la terre se refroidit rapidement tandis que la mer garde sensiblement la même température. Il résulte de cela une brise de terre. En altitude (300m), l'air subit un mouvement inverse (Figure 87).

Cette brise est nettement plus faible, elle est sensible au petit matin. Elle devient importante au début de l'automne car la mer reste assez chaude tandis que l'air se rafraîchit.

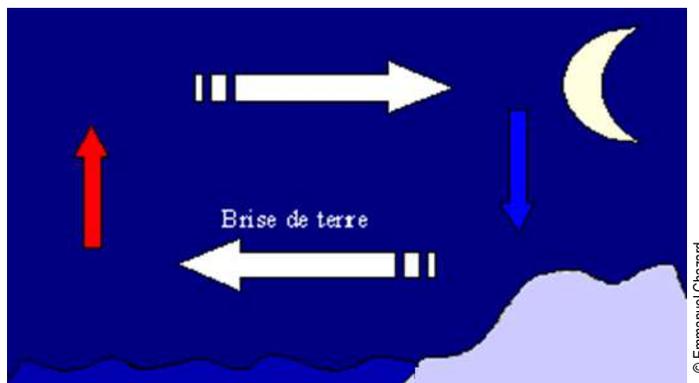


Figure 87. Genèse d'une brise thermique de nuit

1.3.3 Interaction brise thermique et vent synoptique

Les brises thermiques (locales) interagissent avec le vent synoptique (issu du système anticyclone-dépression). Deux situations s'opposent.

Lorsque le vent synoptique faible, il ne se manifeste qu'en hauteur. Le vent que l'on perçoit à terre est essentiellement dû aux phénomènes thermiques. Cependant, le vent synoptique renforce la brise thermique lorsqu'il a une **direction opposée** : il favorise le retour de l'air en hauteur. A contrario, il la diminue lorsqu'il a la même direction.

Lorsque le vent synoptique est assez important (4 Bf et plus), il est perceptible à la surface de la terre. Les phénomènes thermiques sont **inhibés** : ce sont des mouvements se produisant sur deux couches d'air de direction opposée et localisés à quelques dizaines de kilomètres. Or un vent synoptique de 4 Bf et plus est un mouvement d'air global dans une seule direction qui « ne prend pas le temps » de se réchauffer ou se refroidir à proximité de la côte.

Les choses sont moins systématisées en pratique. Des phénomènes locaux s'ajoutent à cela, liés aux contours des terres (îles, golfes, etc.) et au relief terrestre (collines, vallées, etc.). **L'observation et l'expérience restent les meilleures règles** : les phénomènes thermiques expliquent la répétition jour après jour d'un même scénario : le vent a une direction le matin, puis tourne progressivement en milieu d'après-midi pour adopter une autre direction le soir.

2 Marées, courant, lecture de cartes marines

2.1 Marées

2.1.1 Vocabulaire

On appelle **marée** les variations périodiques et prévisibles de la hauteur du niveau des mers et des océans.

La marée haute est appelée **pleine mer (PM)**. La marée basse est appelée **basse mer (BM)**. Entre les deux, la marée est **montante** ou **descendante**. Les phases de montée et de descente sont séparées par des **renverses**. On dit couramment que la mer est **étale** une demi-heure avant et après l'inversion de marée. Ce n'est qu'une impression liée à la faible vitesse du mouvement : **l'étale n'existe théoriquement pas**.

On appelle **flot** le courant lié à l'onde de marée montante et **jusant** le courant lié à l'onde de marée descendante. Ces courants *ne créent pas* la marée, *ne sont pas* la marée, mais *sont la conséquence* de la marée. Nous verrons que ces courants sont en retard sur la hauteur d'eau.

La différence de hauteur entre BM et PM s'appelle le **marnage** (c'est une mesure verticale). Il est strictement proportionnel en un lieu donné au **coefficient de marée**, un nombre sans unité toujours compris **entre 20 et 120**.

Du point de vue hydrographique, l'**estran** est la zone de terre découverte en BM coefficient 120 et recouverte en PM coefficient 120. L'estran est d'autant plus large que le sol est plat, et que le marnage maximal important.

Les **grandes marées** sont aussi appelées **vives eaux**. La mer monte plus haut et descend plus bas. Le coefficient de marée approche 120, qui est le coefficient maximal, qu'on peut observer lors d'une **syzygie** (alignement Terre-Lune-Soleil dans n'importe quel ordre).

Lors des **mortes eaux**, la mer descend peu et monte peu. Le coefficient approche 20, qui est le coefficient minimal, qu'on peut observer lorsque la Lune, la Terre et le Soleil forment un angle droit.

Le **zéro hydrographique** est défini comme la hauteur d'eau en **BM de coefficient 120**. C'est donc le plus bas niveau que puisse atteindre la mer en un point donné.

La Figure 88 met en situation ce vocabulaire.

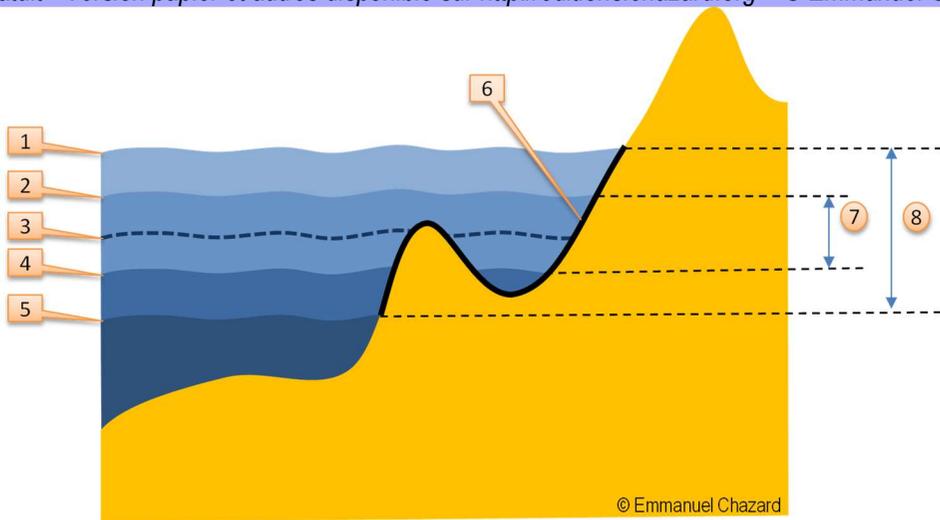


Figure 88. Vocabulaire des marées, mis en situation

La Figure 88 représente le zéro hydrographique (5) (BM de coefficient 120) et la plus haute mer (1) (PM de coefficient 120). Entre les deux se trouvent la hauteur moyenne des eaux (3), et la BM et la PM de ce jour (4)(2). On peut s'intéresser aux différences de hauteur : le marnage (7) et le marnage maximal (8). La zone couverte aux plus hautes mers et découverte aux plus basses mers s'appelle l'estran (6). Du point de vue des biologistes ou des artistes, l'estran est la zone « souvent » couverte et découverte (ex : la zone de sable dur et humide sur les plages). Du point de vue hydrographique, cette zone est définie strictement par les BM et PM de coefficients 120, il est donc possible que certaines sous-zones de l'estran soient très rarement émergées, ou d'autres très rarement immergées.

2.1.2 Genèse des marées

2.1.2.1 Rôle de la Lune

La Terre subit l'attraction de la Lune (et vice-versa). Cette attraction est proportionnelle à la masse de la Lune et inversement proportionnelle au carré de la distance. De plus, la Terre et la Lune constituent un système en mouvement de rotation. En raison de la faible masse de la Lune, le centre de rotation est proche du centre de la Terre, c'est pourquoi on dit que la Lune tourne autour de la Terre, ce qui est presque vrai.

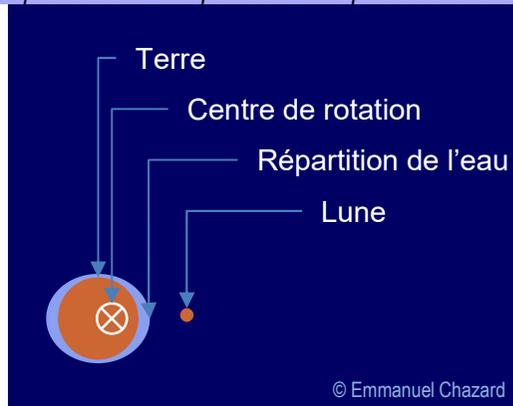


Figure 89. Genèse des marées : influence de la Lune (schéma sans échelle)

Il résulte de cela la **propagation d'une onde** en faveur de l'axe Terre - Lune au détriment du reste de la surface de la terre. En ces zones, la mer est haute. Dans les zones proches du plan orthogonal à cet axe, elle est basse (Figure 89). La terre change d'orientation dans ce système, si bien qu'en un point donné, la marée monte ou descend. Il faut bien comprendre qu'il ne s'agit pas d'un déplacement massif d'eau, mais bien d'une onde (déplacement faible transmis de proche en proche). Il ne faut pas s'imaginer qu'il existe un courant qui crée la marée : **la marée n'est pas un courant**. Nous verrons plus tard en revanche que **la marée engendre un courant**.

2.1.2.2 Rôle du Soleil

Le Soleil joue le même rôle mais dans des proportions bien moindres. Sa masse est certes considérable, mais le carré de la distance Soleil - Terre est considérablement plus élevé. Son action ne fait qu'infléchir celle de la Lune.

Lorsque le Soleil est dans l'axe Terre-Lune (quel que soit le côté), il renforce les marées. On est alors en **vives eaux** ou **grandes marées** (1 et 2 en Figure 90). L'alignement parfait (quel que soit l'ordre) est appelé **syzygie**.

Lorsque le soleil est dans un axe orthogonal, il diminue cette action. Ce sont des **mortes eaux** ou **petites marées** (3 en Figure 90).

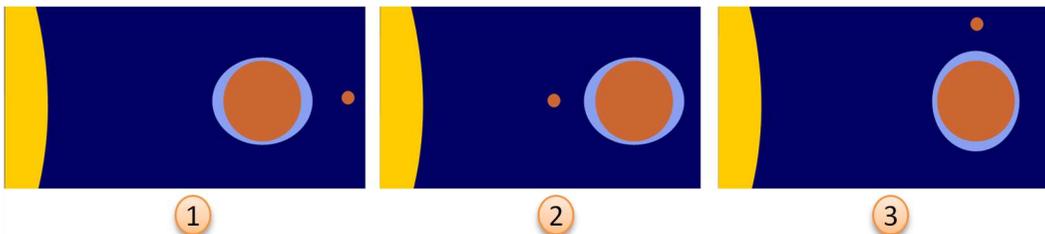


Figure 90. Genèse des marées : interaction du Soleil de la Lune (schéma sans échelle)

2.1.3 Calcul de marées

2.1.3.1 Calcul de marée

Quel que soit l'endroit dans le Monde, en eau libre, les marées peuvent être calculées et prédites à un horizon de temps infini.

Le **Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (Shom)** fait référence en France : <https://maree.shom.fr/>. De nombreux sites web et de nombreuses applications mobiles utilisent les données du SHOM.

Le calcul nécessite de choisir un port de référence (à gauche sur la Figure 91). Il tient compte des ondes planétaires des marées, et y ajoute des corrections éprouvées pour les espaces maritimes mi-clos, tels les rias les golfes, etc. La prévision est une courbe de hauteur d'eau en fonction du temps (au milieu sur la Figure 91). Cette courbe est résumée par un tableau journalier, indiquant les heures et hauteurs de PM et BM (à droite sur la Figure 91). Compte tenu de son allure et des marges d'erreur acceptables, ces quelques chiffres sont suffisants pour reconstituer la totalité de la courbe.

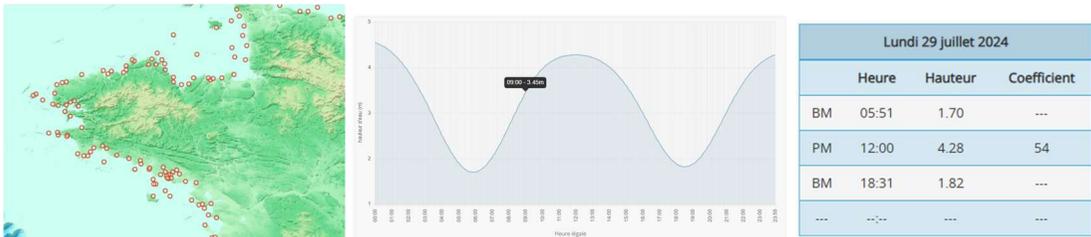


Figure 91. Captures d'écran du site <https://maree.shom.fr/>

La **hauteur d'eau en un point donné** est sa **hauteur rapportée sur une carte** (donc correspondant au zéro hydrographique), augmentée de la **hauteur d'eau** à un instant donné définie par le calcul de marée.

2.1.3.2 Principes du calcul de marée en France, avec papier et crayon

Chaque marée (montante ou descendante) dure approximativement 6 heures 1/4. Pour simplifier le calcul, on divise cette période en six « heures marée » de durée identique (souvent 1 heure et 2 à 3 minutes).

En France, une marée dure environ 6h15, donc 4 marées durent environ 25 heures ; c'est pourquoi les marées semblent approximativement se reproduire de jour en jour avec un retard d'une heure par jour.

- Pendant la 1^o et la 6^o heure, la hauteur d'eau parcourt 1/12 de son amplitude.
- Pendant la 2^o et la 5^o heure, la hauteur d'eau parcourt 2/12 de son amplitude.
- Pendant la 3^o et la 4^o heure, la hauteur d'eau parcourt 3/12 de son amplitude.

Si on représentait la hauteur d'eau en un point pendant une marée montante puis descendante, la courbe serait celle de la Figure 92.

En ordonnées : la hauteur graduée en douzièmes du marnage.

En abscisses : le temps en heures marée (sixièmes de la durée de la marée).

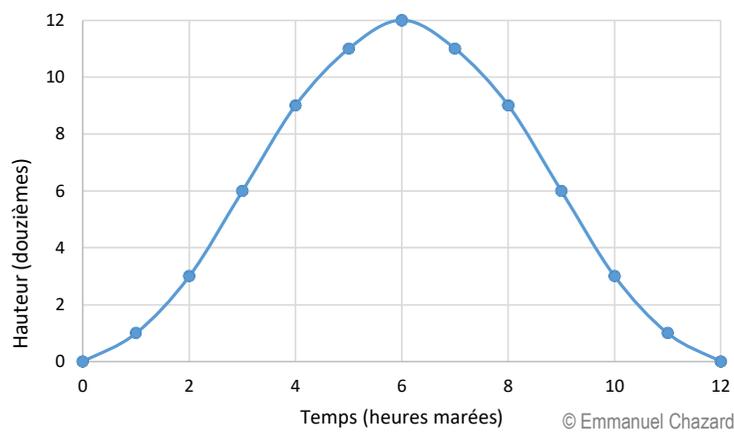


Figure 92. Courbe des marées, en abscisse régulière

Il est intéressant de remarquer que, si l'abscisse est corrigée et n'est plus régulière (1+2+3+3+2+1...) alors la courbe devient à son tour linéaire (Figure 93). Cette représentation sera utilisée pour faciliter le calcul de marées à la main : il n'est dès lors nécessaire de tracer que les points extrêmes, il suffit ensuite de les relier par un segment. La lecture entre deux heures précises sera approximative, mais cette marge d'erreur est moindre que la marge de sécurité à conserver en navigation.

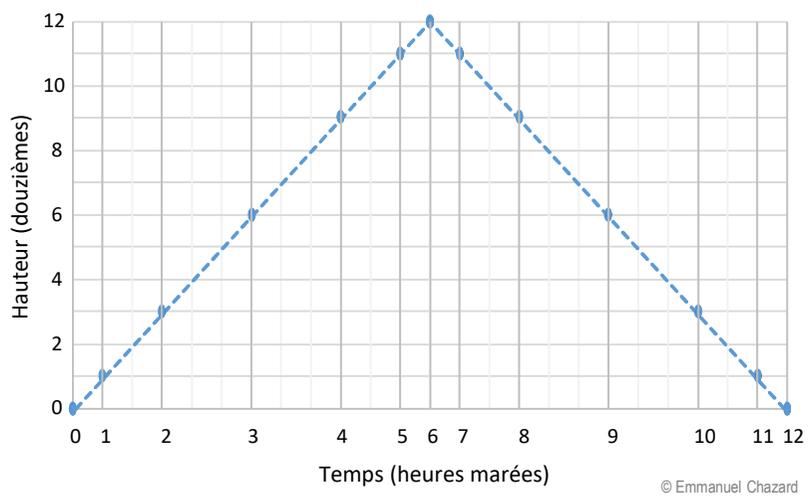


Figure 93. Courbe des marées, en abscisse irrégulière

2.1.3.3 Cas pratique

Voyons comment réaliser simplement un graphe qui permet, à partir des indications d'un calendrier des marées, d'interpoler la hauteur d'eau à une heure précisée. Un calendrier des marées donnera :

- Le **coefficient** (nombre compris entre 20 et 120 proportionnel au marnage) : il ne sera pas utilisé pour le calcul.
- L'**heure** de la marée basse et de la marée haute dans un port de référence. Des corrections numériques sont disponibles pour les autres ports.
- Les **hauteurs d'eau** en haute mer et basse mer. La hauteur est calculée par rapport au zéro hydrométrique (BM en coefficient 120). Il existe là aussi une correction selon les ports.

Soit l'exemple suivant, au mois de juillet :

	<i>Horaire</i>	<i>Hauteur</i>
BM	03h30	1m30
PM	09h42	3m50

Attention : les heures sont souvent données en UT (temps universel). Aussi faut-il ajouter 2 heures en été, et 1 heure en hiver pour compenser le décalage horaire.

Ainsi notre exemple devient-il en été :

	<i>Horaire</i>	<i>Hauteur</i>
BM	05h30	1m30
PM	11h42	3m50

Il faut d'abord calculer la durée d'un **heure marée** :

$$[(11h42) - (05h30)] / 6 = 1h02$$

On représente sur le graphique (Figure 94) :

- en ordonnées la hauteur d'eau en mètres, en graduations régulières
- en abscisses le temps en heure officielle, gradué avec les intervalles suivants : 1, 2, 3, 3, 2, 1. Cette échelle compensée permet de transformer la courbe en droite.

Il suffit de placer les points de PM et BM et de les relier. On peut lire la hauteur d'eau à une heure donnée et inversement ; avec la précaution suivante : l'échelle des abscisses n'est pas proportionnelle.

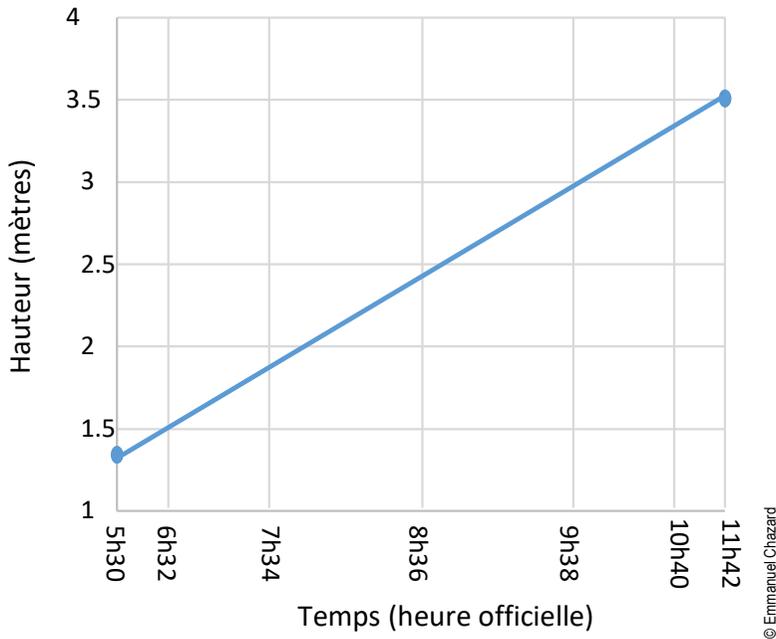


Figure 94. Résultat du calcul de marées

Ce résultat étant obtenu, pour une heure donnée, on connaît désormais la hauteur d'eau en plus du zéro hydrométrique. Cette hauteur doit être ajoutée aux mesures lues sur les cartes pour obtenir la hauteur d'eau réelle.

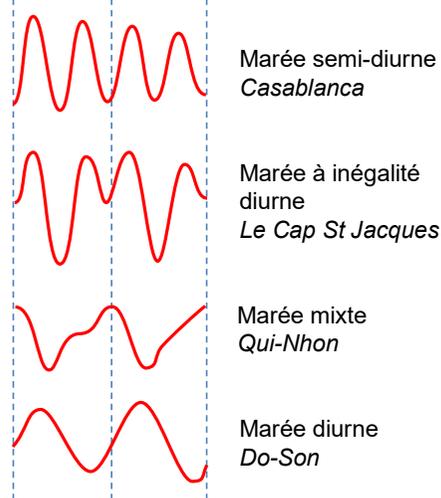
Par exemple, il est 9h00, la hauteur d'eau fournie par le graphique est environ de 2,7m.

Sur la carte, la profondeur est de 2m en un point => la profondeur réelle est de 4,7m.

Sur la carte, des rochers dépassent d'1m en un point => ces rochers sont immergés, et la profondeur réelle est de 1,7m au-dessus de ces rochers.

2.1.4 D'autres types de marées

La marée décrite précédemment est valable en France, mais il n'en est pas de même du monde entier. La Figure 95 vous montre quatre types de marées.



© Emmanuel Chazard

Figure 95. Différents types de marées (adapté de <https://www.shom.fr>)

2.2 Courants

2.2.1 Genèse

Les **courants marins périodiques** sont la conséquence des marées. Pour rappel, la marée est une onde et n'est pas en soi un déplacement d'eau, mais cette onde entraîne avec du retard un déplacement d'eau : ce sont les courants périodiques. Ces courants sont donc autant prévisibles que les marées, si ce n'est qu'ils sont fortement impactés par la forme des côtes.

S'y ajoutent des **courants non-périodiques** dont l'effet est souvent moindre, et qui sont imprévisibles (vent, embouchures des fleuves, évaporation, fonte des glaces, etc.). Ces courants ne seront pas abordés ici.

2.2.2 Rose des courants périodiques

En eau libre, le courant suit une « **rose des courants** », propre à chaque endroit en raison de l'orientation des côtés. On observe généralement un courant tournant, d'autant plus « arrondi » qu'il est éloigné des côtes. Nous nous intéresserons pour la suite à un point situé au large d'Ambleteuse dans le Pas-de-Calais, entre les ports de Boulogne-sur-Mer et Calais (Figure 96).



Figure 96. Point d'intérêt, au large d'Ambleteuse⁴

La Figure 97 montre la construction de la rose des courants en ce point.

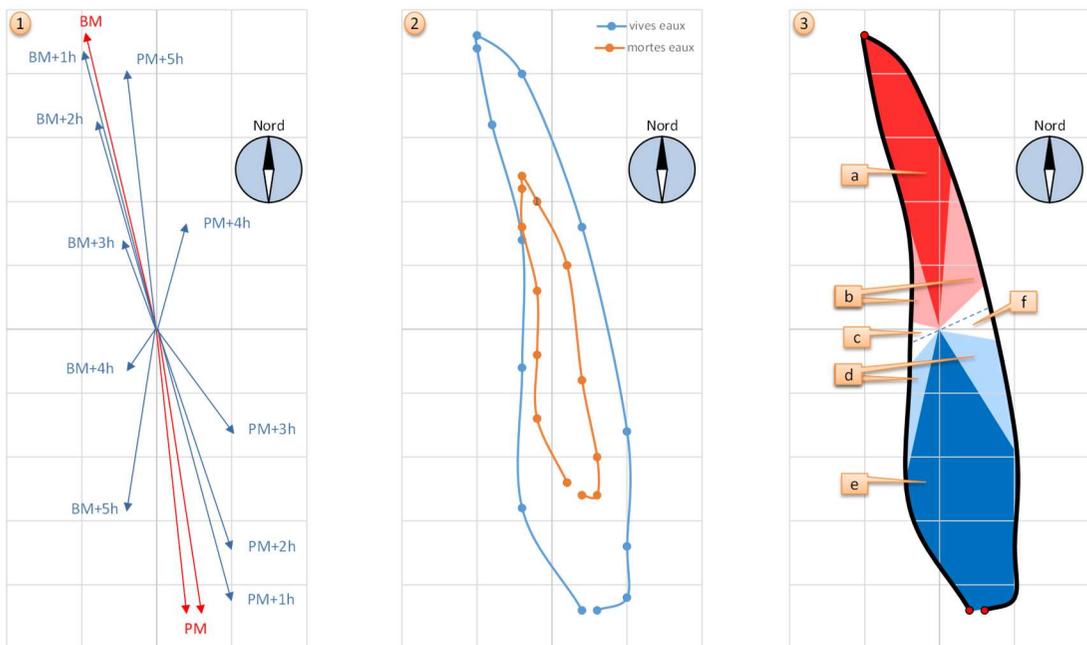


Figure 97. Construction et interprétation d'une rose des courants (en heures marées)

Il est possible de tracer, pour chaque heure, un vecteur représentant le courant (orientation et vitesse). Sur la partie (1) de la Figure 97, ce graphique est réalisé en débutant d'une PM (flèche rouge en bas à droite). Dans cet exemple, le courant en PM est orienté vers le Sud. Puis heure après heure, le courant tourne dans le sens anti-horaire. En BM, le courant est orienté vers le Nord. Puis il revient quasiment dans sa position initiale en poursuivant sa rotation dans le sens anti-horaire.

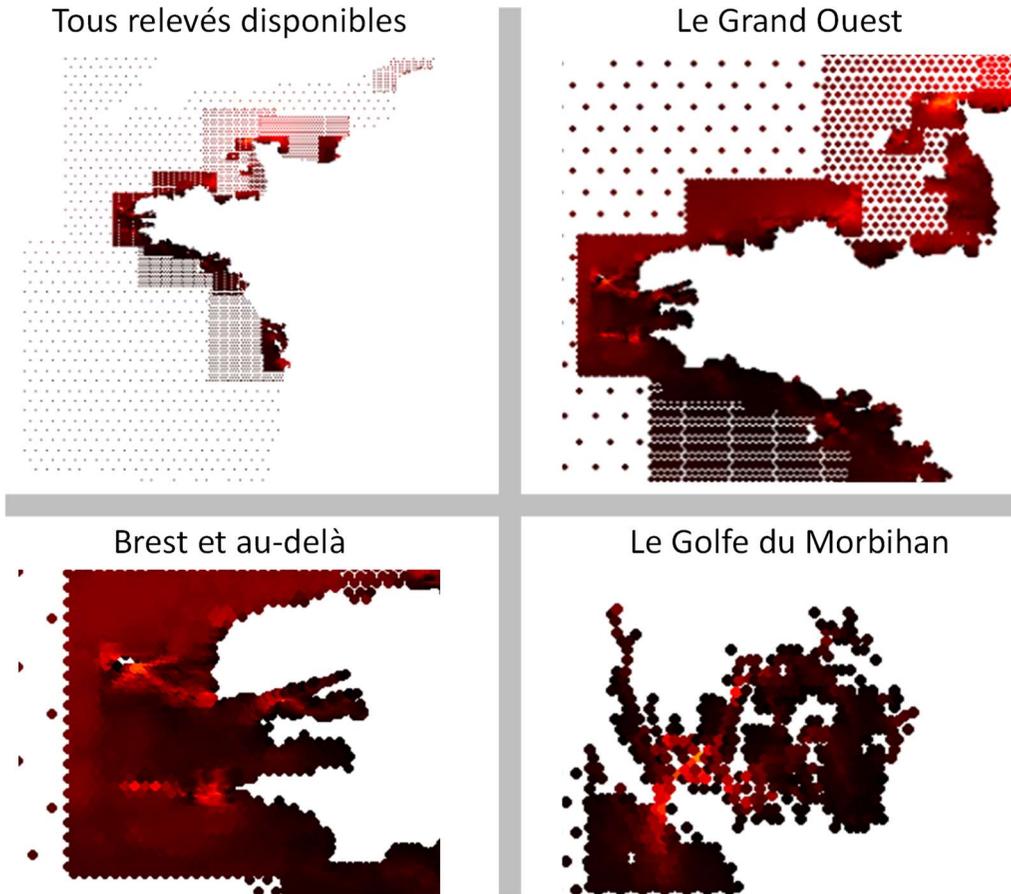
⁴ Image extraite de <http://maps.google.fr>

On peut relier les extrémités de ces vecteurs pour obtenir la « rose des courants ». La partie (2) sur la Figure 97 montre à la fois la rose des courants de **vives eaux coefficient 95** (en bleu) et celles de **mortes eaux coefficient 45** (en orange). La vitesse varie du simple au double mais les orientations restent similaires. Les courbes ne sont jamais parfaitement refermées, car du fait du mouvement perpétuel des astres, on n'observe jamais exactement la même marée au cycle suivant.

Les marées ne sont pas à proprement parler un déplacement d'eau, mais une onde. **Ce n'est pas le courant qui crée la marée, mais bien la marée qui crée un courant.** Ainsi, **le courant est « en retard » sur la marée**, comme on l'observe sur la partie (3) de la Figure 97. Commençons par la PM, située en bas du graphique : le courant est encore en flot, et très intense (e). Vers PM+3h seulement, alors que la mer descend déjà depuis trois heures, le flot diminue (d), pour atteindre une étale de flot (f) puis la renverse de courant vers PM+3,5h. Vers PM+3,75h, un jusant modéré s'installe (b), et se renforce progressivement à partir de PM+4h (a), pour devenir maximal à BM. Le jusant reste très fort après BM, puis persiste avec une vitesse moindre à PM+3h (b), puis survient une étale de jusant suivie de la renverse de courant vers BM+3,75h (c). Un flot s'installe et augmente progressivement pour donner un flot intense vers BM+5 (e), etc. On observe dans cet exemple que le courant de marée a environ **3h45 de retard** sur la marée.

Dans des **espaces contraints** (golfs, archipels, rias, etc.) le courant ne tourne pas de manière progressive, mais peut parfois suivre une direction unique, tantôt dans un sens pour le flot, tantôt dans l'autre sens pour le jusant : on parle alors de **courant alternatif**. Notez que la vitesse n'est pas nécessairement la même en valeur absolue au flot et au jusant. Nous verrons un exemple sur carte plus bas.

Sur la Figure 98, je représente tous les relevés de courants réalisés par le SHOM, d'après les données ouvertes qu'ils diffusent sur <https://data.shom.fr/>. On observe que les relevés sont plus denses sur les zones côtières et les zones de forts courants. Il n'y a pas de relevé en Méditerranée.



*Figure 98. Relevé des courants par le SHOM
(un point par relevé, vitesse maximale allant du noir au jaune)*

2.2.3 En pratique en voile légère

En voile légère, les embarcations sont rapides et ont un faible tirant d'eau. Elles sont donc moins impactées par le courant que les quillards. La navigation en espace mi-clos nécessite impérativement de connaître les courants (ex : Golfe du Morbihan). En revanche, ce n'est pas nécessairement le cas pour ceux qui naviguent directement sur une mer ou un océan. Ainsi, la plupart des pratiquants n'ont pas vraiment besoin de préparer leur navigation. Quelques principes simples suffisent pour anticiper les courants sans trop de préparation :

- le courant est **en retard** sur la marée
- le courant est d'autant plus fort que le **coefficient** de marée est élevé, que le marnage est important
- la **houle ne donne aucune indication** sur le courant : elle dépend uniquement du vent (avec du retard)
- la **déformation du plan d'eau** à proximité des balises ou des mouillages permet d'estimer la force et la direction du courant

- dans les espaces contraints (golfs, archipels, rias, etc.) :
 - o le courant emprunte habituellement le sens le plus **logique**, selon que la mer monte ou descend
 - o les couloirs **profonds** sont des endroits où les courants seront les plus forts (c'est le courant qui a creusé ces endroits)
 - o inversement, si un détroit est un passage obligé, le courant y sera d'autant plus fort qu'il sera **étroit** et que le volume d'eau drainé (donc la surface du plan d'eau) sera important.

Enfin, il est surprenant d'observer que parfois, au plus près des rochers, existent des **contrecourants** de sens opposé au sens normal (Figure 99). Cela peut être pratique pour les catamarans, dont le tirant d'eau est très faible.

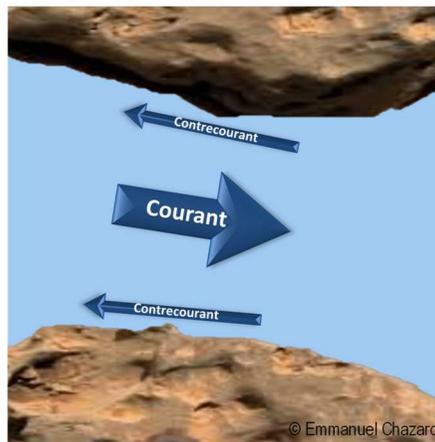


Figure 99. Contrecourants dans un chenal naturel

2.3 Lecture de cartes marines

2.3.1 Contours, reliefs, profondeur d'eau

Les hauteurs d'eau indiquées sur les cartes sont relevées par rapport au **zéro hydrométrique** : ce sont les hauteurs d'eau les plus faibles observables, elles correspondent à une **BM de coefficient 120**. Pour avoir la hauteur d'eau réelle à un instant donné, il faut ajouter au nombre lu sur la carte la **hauteur calculée** grâce au graphique précédemment établi.

- Pour les zones immergées en BM coefficient 120, la carte rapporte leur profondeur (nombre positif), par rapport au zéro hydrométrique
- Pour les zones de l'estran, émergées en BM coefficient 120 mais immergées en PM coefficient 120, la carte rapporte leur altitude, donc l'opposé de la profondeur (nombre positif souligné), par rapport au zéro hydrométrique

rochers, le contour le signale (6). La hauteur de l'estran par rapport au zéro hydrométrique est chiffrée en **italique souligné** (7). La ligne de côte (8) correspond aux plus hautes mers, les PM de coefficients 120. Au-delà, la terre est figurée de couleur beige ou marron. Les élévations éventuelles (collines, etc.) sont indiquées par leur hauteur au-dessus de la hauteur **moyenne** des eaux, et non par rapport au zéro hydrométrique, en chiffre marron sans italique (9).

Les cartes terrestres (troisième ligne de la Figure 100) proposent une version nettement plus simple, en dessinant la ligne de côté en PM coefficient 120 (11). Les altitudes terrestres sont mesurées par rapport à la hauteur **moyenne** des eaux (12). La mer (y compris l'estran) est représentée en bleu (10), et la terre est détaillée comme vous le savez déjà. Dans cet exemple, la ligne de côte est déjà à une altitude de 5 mètres (la moitié du marnage maximal), donc toutes les altitudes retranscrites sont nécessairement plus élevées, sauf en cas de dépression (au sens géomorphologique du terme).

Pour bien illustrer la manière dont l'estran est représenté, la Figure 101 montre le cas de l'Anse de Kerdual, près de La Trinité-sur-Mer, une anse marécageuse qui n'est recouverte que lors des plus hautes mers.



Figure 101. Anse de Kerdual, près de La Trinité-sur-Mer (56)⁵

La vue aérienne (1) montre une zone inoccupée par l'Homme, mêlant sable et végétation. La carte marine (2) utilise la couleur verte, montrant qu'il s'agit d'un estran. La carte terrestre (3) utilise la couleur bleue, indifféremment pour toute la mer. Une photographie prise depuis le bonhomme de la troisième vue (4) montre un paysage où manifestement l'eau de mer est rarement présente.

2.3.2 Courants marins

Les **courants périodiques** sont prédits de manière détaillée par le **SHOM** et diffusés à titre onéreux, sous forme d'**atlas des courants**.

Les **cartes marines** retranscrivent certains de ces courants, en particulier les courants alternatifs dans certains espaces contraints (golfs, archipels, rias, etc.). Cela permet de connaître leur vitesse moyenne, et également leur sens, qui n'est

⁵ Cartes issues de <https://www.geoportail.gouv.fr> et photo issue de <https://maps.google.fr>

PDF gratuit - Version papier et autres disponible sur <http://editions.chazard.org> - © Emmanuel Chazard
pas toujours évident à deviner. Notez que la vitesse n'est pas nécessairement la même en valeur absolue au flot et au jusant.

Le Courant de la Jument, dans le Golfe du Morbihan, est le deuxième courant marin le plus rapide d'Europe. En Figure 102, on peut lire une vitesse maximale de 8,1 nœuds au flot, et 9,1 nœuds au jusant (pour une marée de coefficient 120). La vue satellite permet de visualiser ce courant, ce qui est plutôt rare. Il s'agit d'un détroit de 290 mètres de large et 23 mètres de profondeur (en plus de la hauteur de marée), drainant (pas tout à fait seul) environ 0,68 km³ d'eau de mer.

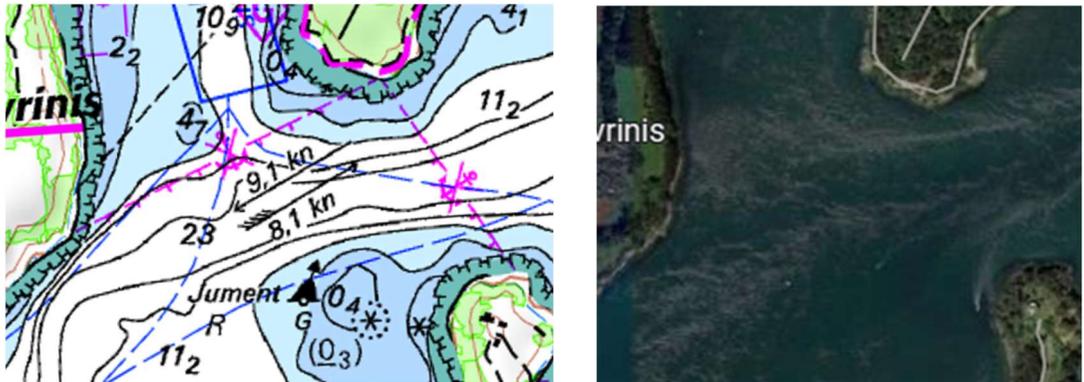


Figure 102. Le courant de la Jument, dans le Golfe du Morbihan (56), en carte et en vue satellite⁶

⁶ Carte issue de <https://www.geoportail.gouv.fr> et photographie issue de <http://maps.google.com>

3 Balisage en mer

3.1 Préambule

Le présent chapitre présente le système de balisage utilisé en mer. Nous verrons que ce système est simple et repose principalement sur trois types de balises :

- des **balises cardinales**, dont l'interprétation se fait par rapport aux points cardinaux Nord, Sud, Est et Ouest
- des **marques latérales** qui indiquent les limites latérales d'un chenal (couloir d'accès à la côte)
- des **marques ponctuelles**

Le système de balisage est nettement plus simple que celui utilisé sur les voies navigables, c'est la raison par laquelle le permis fluvial est plus complexe que le permis côtier. On observera en particulier qu'il n'existe pas en mer de signal explicite de profondeur de l'eau : ce point est à prendre en compte sous la responsabilité du navigant, qui devra réaliser un calcul de marée (voir le chapitre [Marées, courant, lecture de cartes marines en page 131](#)) et se reporter à la carte marine.

La présentation faite ici est simplifiée, car elle s'adresse à des pratiquants de voile légère, qui ne naviguent que de jour et n'accèdent pas aux ports.

3.2 Marques cardinales

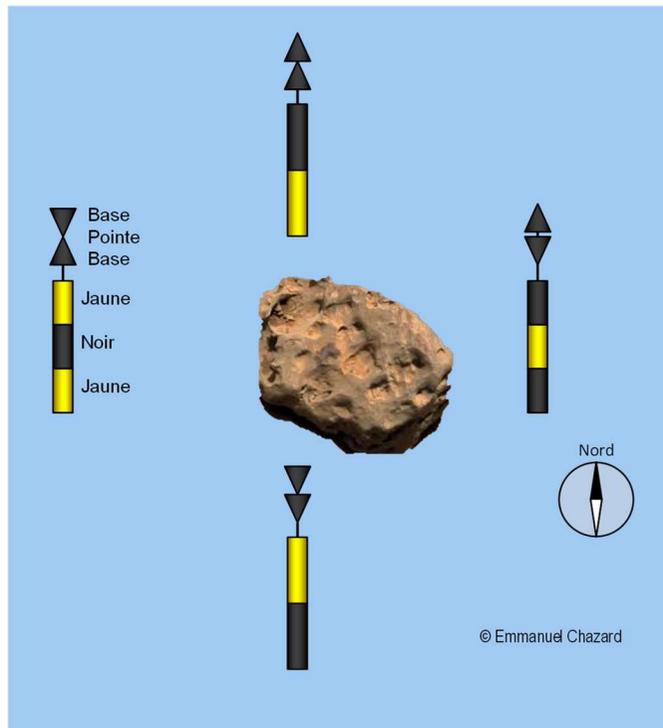


Figure 103. Balises cardinales mises en situation

Les **marques cardinales** indiquent un danger, ou plutôt le chemin par lequel il faut passer pour éviter un danger. Les marques cardinales sont représentées sur la Figure 103 par rapport au danger qu'elles signalent. Par exemple, la marque Nord est placée au Nord du danger, il faut donc passer au Nord de cette balise.

A leur sommet, deux cônes noirs permettent d'identifier la balise. Leur corps est peint en correspondance avec le symbole : les pointes correspondent à la couleur noire, et les sommets à la couleur jaune. Ces balises peuvent se décrire ainsi de bas en haut :

- Nord : pointe, base. Noir, jaune.
- Sud : base, pointe. Jaune, noir.
- Ouest : base, pointe, base. Jaune, noir, jaune.
- Est : pointe, base, pointe. Noir, jaune, noir.

On retiendra notamment que les cônes de la balise Ouest forment un W comme West, et les cônes de la balise Est forment un epsilon « ϵ ».

Généralement, il n'y a qu'une seule marque cardinale pour un danger donné. Il est souhaitable de se référer à une carte car la balise seule n'est pas suffisante pour se faire une idée du danger. L'interprétation stricte de la balise vous interdit la

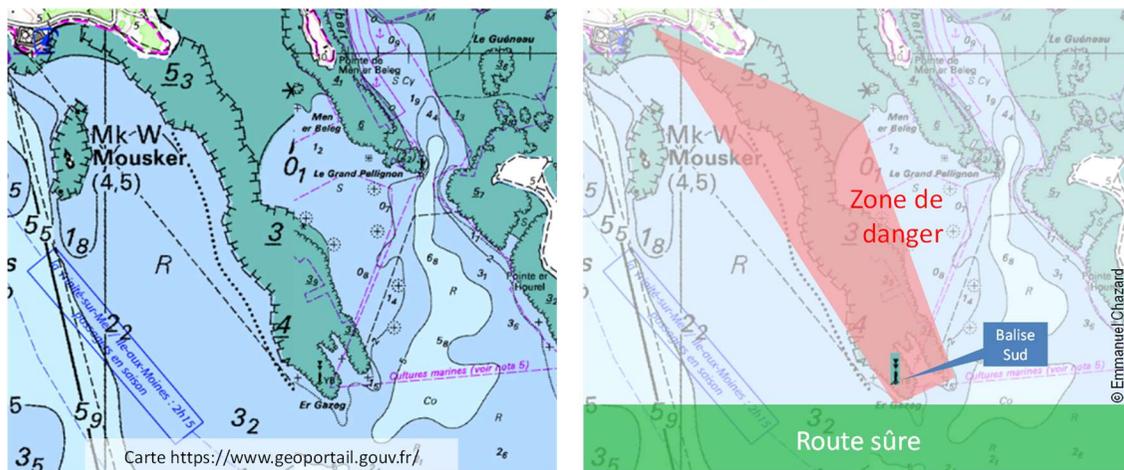


Figure 104. Exemple typique de balise cardinale Sud, à St Philibert, Morbihan⁷

3.3 Marques latérales

Les marques latérales indiquent un chenal. En Europe, la bouée tribord doit être laissée à droite en entrant dans le port ou en regagnant la côte, et la bouée bâbord à gauche (Figure 105).

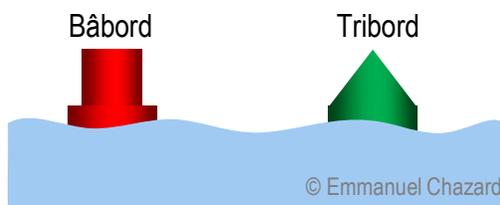


Figure 105. Marques latérales

La bouée **bâbord** est **cylindrique, rouge** (et porte un numéro **pair**, croissant en entrant dans le port).

La bouée **tribord** est **conique, verte** (et porte un numéro **impair**, croissant en entrant dans le port).

Bien évidemment, c'est tout le contraire lorsqu'on quitte un port. Le moyen mnémotechnique suivant est apprécié : **un tricot vert et deux bas si rouges**. Cette phrase permet de mettre en correspondance la couleur, la forme et la parité des balises.

⁷ carte issue de <https://www.geoportail.gouv.fr>



Figure 106. Exemple typique de balise bâbord, accès au port de La Trinité sur Mer, Morbihan⁸

Dans l'exemple de la Figure 106, la balise bâbord indique où se trouve le chenal pour accéder au port de La Trinité-sur-Mer. Cette balise permet de savoir qu'il faut passer à tribord. La lecture de la carte (partie gauche Figure 106) n'est ainsi pas nécessaire pour trouver le chenal, et comprendre pourquoi il faut longer le bord Est de l'étendue d'eau visible en surface (partie droite Figure 106).

3.4 Marques ponctuelles

D'autres marques sont ponctuelles. Lorsqu'une balise n'est pas mentionnée sur les cartes marines les plus récentes, deux balises identiques sont placées côte à côte.

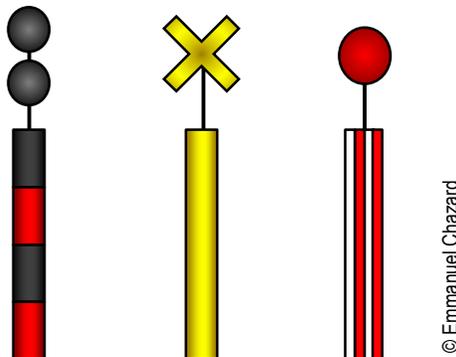


Figure 107. Marques ponctuelles (de G à D) : danger isolé, marque spéciale, eaux saines

La balise de danger isolé (à gauche Figure 112), aisément identifiable par ses couleurs rouge et noir, indique un danger isolé. Elle peut être contournée par n'importe quelle direction.

⁸ carte issue de <https://www.geoportail.gouv.fr>

La balise de marque spéciale (au milieu Figure 112), arborant une croix de Saint André de couleur jaune, peut indiquer des choses aussi diverses que câbles sous-marins, terrain militaire, stockage de mines, prise d'eau, intersection, etc. Il faut se référer à la carte pour en savoir plus. Si vous apercevez plusieurs balises similaires, il se peut qu'elles délimitent une zone (ex : parcs à huîtres) et il vaudra mieux s'en écarter à marée basse. A défaut d'indication, il vaut mieux la considérer comme un danger isolé.

La balise d'eaux saines (à droite Figure 112) indique l'absence de danger.

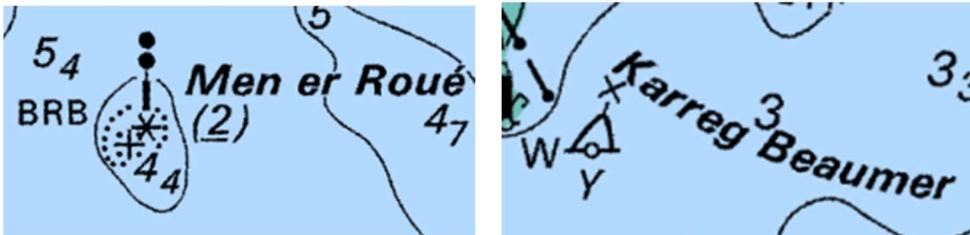


Figure 108. Marques ponctuelles (de G à D) : danger isolé, marque spéciale⁹

3.5 Balisage des plages

3.5.1 Généralités

Le balisage des plages indique les règles d'accès pour différents types d'utilisateurs :

- Les **baigneurs** : personnes marchant ou nageant sans embarcation
- Les **engins de plage** comprennent :
 - o Les voiliers de moins de 2,50 m
 - o Les engins propulsés par un moteur de puissance inférieure ou égale à 4,5 kW (6,1 ch), et de moins de 2,50 m
 - o Les engins à propulsion humaine de moins de 3,50 m, ou sans garantie d'étanchéité stabilité et flottabilité
 - o Les planches (surf, paddle, etc.)
- Les **voiliers** sont les engins propulsés par une voile, sans moteur (ou moteur éteint), et qui ne sont pas des engins de plage
- Les **bateaux à moteur** sont les engins disposant d'un moteur allumé et qui ne sont pas des engins de plage

La **bande côtière des 300 mètres** est réglementée. Les zones auxquelles les différents protagonistes peuvent accéder dépendent du balisage mis en place : cette bande côtière peut être équipée de balises jaunes délimitant des chenaux d'accès, et des zones de baignades.

⁹ Cartes issues de <https://www.geoportail.gouv.fr>

Ces définitions posent actuellement des difficultés¹⁰. Au regard du Code Maritime, les planches à voile sont des voiliers, mais certains engins (windsurf, kite surf, wing foil, etc.) sont des engins de plage. Or les baigneurs s'attendent à ce que ces véhicules empruntent le chenal, et stationnent au droit du chenal. Cependant, l'application du Code Maritime s'entend dans un esprit différent du Code de la Route : les infractions pénales sont rarement recherchées et sanctionnées, mais le Code Maritime est surtout utilisé pour arbitrer les actions civiles et régler la question des indemnisations de sinistres et des couvertures assurantielles. Ainsi, si un véliplanchiste blesse un baigneur, quelle que soit la longueur de sa planche, sa responsabilité sera certainement engagée, à moins que l'accident ait lieu dans une zone où la baignade est explicitement interdite.

3.5.2 Cas 1 : pas de balisage

En l'absence de balisage (Figure 109), les baigneurs, voiliers et bateaux à moteur, peuvent aller où ils souhaitent. Dans la limite des 300 mètres, leur vitesse est limitée à 5 nœuds. Les engins de plage doivent rester dans la limite des 300 mètres. Les navires peuvent stationner temporairement sur la plage.

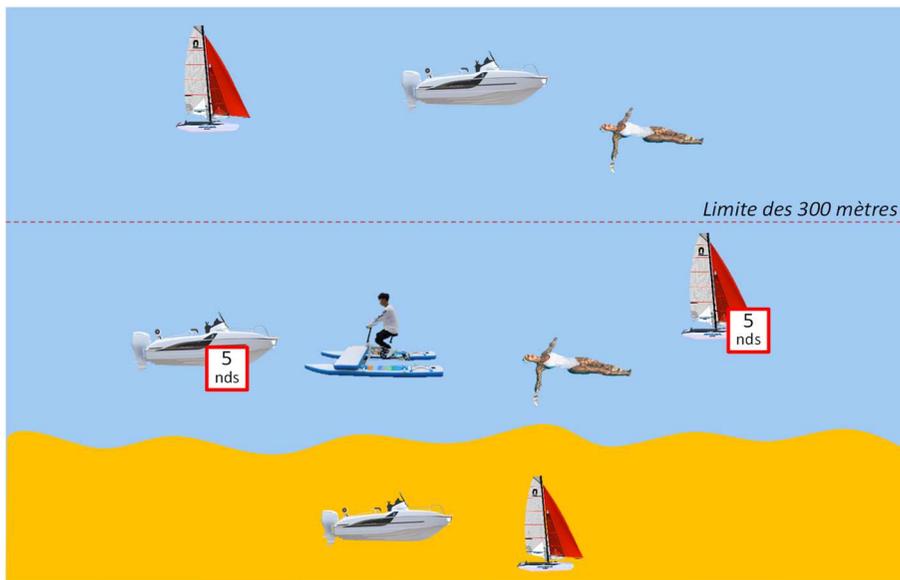


Figure 109. Navigation côtière en l'absence de signalisation

¹⁰ Claire Humann. Planche à voile, kitesurf, jet-ski : quel régime juridique? Le droit des activités maritimes et portuaires, Oct 2018, Le Havre, France. hal-02423253 <https://hal.science/hal-02423253/document>

3.5.3 Cas 2 : chenal (ou chenaux) d'accès

Si un chenal d'accès est présent (voir Figure 110), il est signalé par une bande de bouées cylindriques jaunes (bâbord) et une bande de bouées coniques jaunes (tribord). Il se peut qu'il existe un chenal pour les voiliers et un chenal séparé pour les bateaux à moteur : un panneau bleu l'indique alors spécifiquement sur la plage.

Les voiliers et bateaux à moteur doivent obligatoirement emprunter le chenal dans la bande des 300 mètres, avec une vitesse limitée à 5 nœuds. Ils peuvent stationner sur la plage « au droit du chenal », c'est-à-dire dans l'axe du chenal orthogonalement à la plage. Cette zone est parfois signalée par des poteaux jaunes.

Les baigneurs et engins de plage n'ont théoriquement pas le droit d'emprunter le chenal.

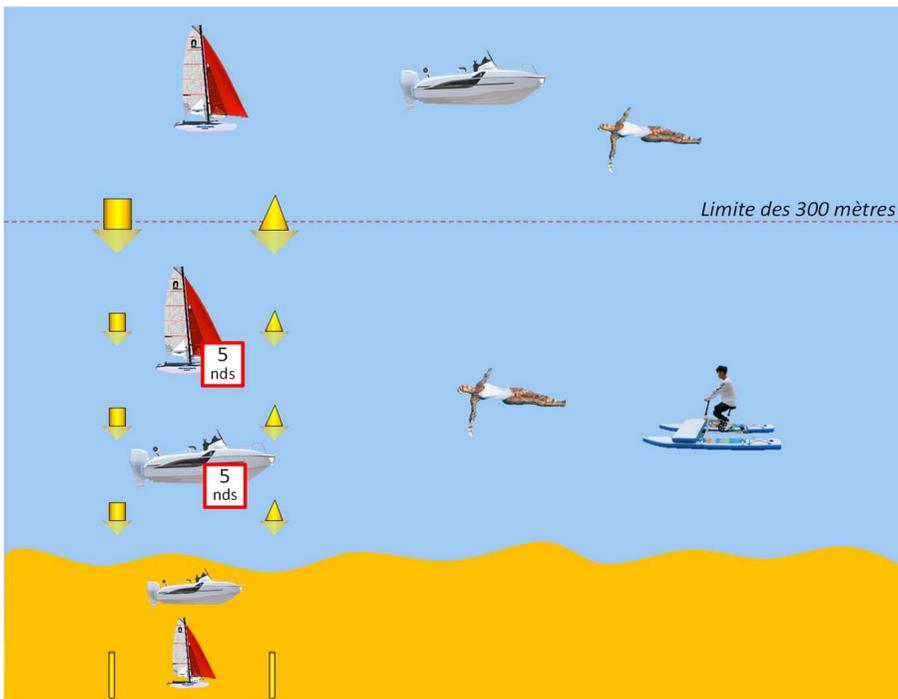


Figure 110. Navigation côtière avec chenal d'accès à la plage

3.5.4 Cas 3 : chenal (ou chenaux) d'accès et zone de baignade

Des zones de baignades (voir Figure 111) peuvent être délimitées par des bouées jaunes arrondies. Dans ces zones, seuls les baigneurs peuvent évoluer, les engins de plage sont interdits. Hormis cela, les règles énoncées précédemment s'appliquent également.

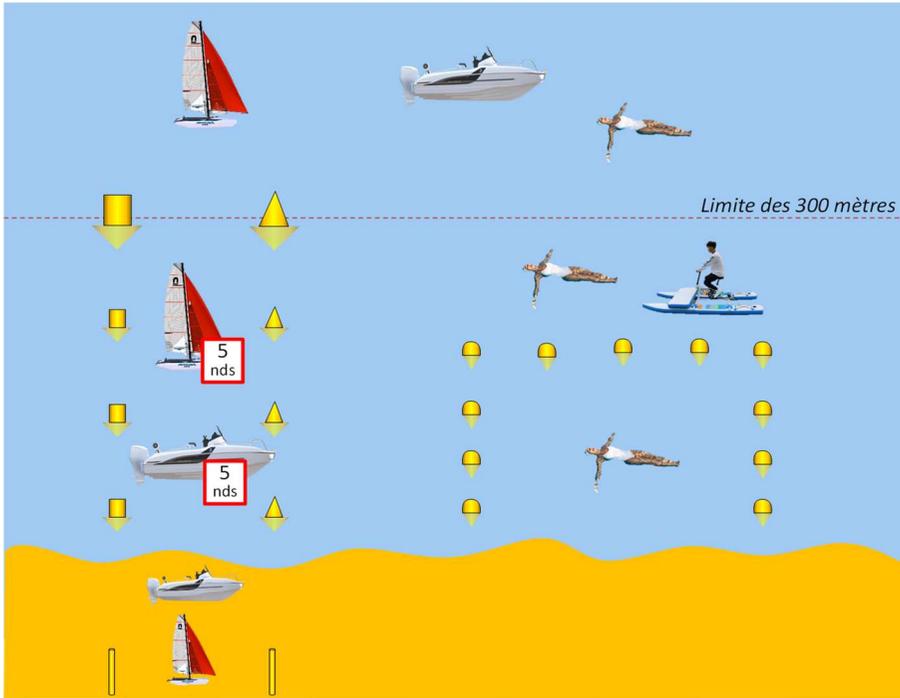


Figure 111. Navigation côtière avec chenal et zone de baignade

4 Priorités en mer

Le **RIPAM**, Règlement International pour Prévenir les Abordages en Mer, définit des règles permettant d'éviter les abordages involontaires entre navires qui font route. Il s'agit de règles non pas de priorité, mais de **privilège** : chaque navire a l'obligation d'éviter l'abordage, ces règles indiquent seulement lequel doit fournir l'effort, mais s'il s'y refuse, l'autre doit à son tour éviter l'abordage. Les règles suivantes permettent de privilégier un des deux navires lorsqu'il y a route de collision. Elles s'appliquent uniquement en plaisance : les règles sont nettement plus complexes en régate. Enfin, même si les règles priment, la courtoisie a encore sa place en mer et le navire prioritaire peut décider de changer sa route si la manœuvre lui est plus facile.

Lorsqu'ils arrivent en face-à-face, les navires sont invités à se croiser **en passant chacun à droite**, comme sur une route. Cette règle est obligatoire dans un chenal. Dans les autres circonstances, les règles de priorités permettent de savoir lequel des deux navires doit dévier sa route.

Les règles qui suivent doivent être utilisées dans l'ordre énoncé. Dès qu'une règle permet de désigner le navire prioritaire, on ignore les suivantes.

1. L'ordre de priorité est d'abord défini selon la nature et l'état du navire, dans cet ordre (les 4 premiers cas doivent mettre en place un signal visuel adapté) :
 - a. navires équipés d'un **gyrophare** allumé
 - b. navires **non-maîtres** de leur manœuvre (ex : avarie)
 - c. navires en **capacité de manœuvre restreinte** du fait de leur activité (ex : dragage)
 - d. pêcheurs en **cours de pêche** navigant tout droit (filet, chalut)
 - e. navires **à voile**
 - f. navires **au moteur**. Un voilier dont le moteur est allumé est considéré comme navigant au moteur
2. Il incombe à tout navire **rattrapant** un autre d'éviter la collision en s'écartant.
3. Entre deux bateaux à moteur : le navire arrivant sur la **droite** est prioritaire
4. Entre deux bateaux à voile :
 - a. Un voilier **tribord amure** est prioritaire sur un voilier **bâbord amure**.
 - b. A amure identique, le voilier **sous le vent** est prioritaire (NB : c'est donc celui qui remonte le plus au vent).

Remarques :

Un **voilier sous spi** n'est **pas** considéré comme un navire en capacité de manœuvre restreinte. Il obéit donc aux mêmes règles que tous, même s'il cela l'oblige à affaler le spi.

Un navire sans propulsion active mais non attaché (ancre, mouillage, quai) est un navire qui **fait route** comme les autres : cela ne change pas les règles de priorité. La notion « d'arrêt » n'existe pas en mer, du fait de l'erre, de la dérive, du courant, etc.

5 Navigation en milieu hostile

5.1 Navigation dans les mouillages

Les bateaux au mouillage subissent le vent et le courant. Le plus souvent, leur orientation dépend majoritairement du vent. Dans ce cas, tous les bateaux suivent clairement la même direction.

Toutefois, en cas de vent faible ou de fort courant (bien que les mouillages soient le plus souvent dans des zones abritées du courant), le courant peut l'emporter. Dans ce cas, les différents bateaux sont susceptibles de suivre des directions différentes, en fonction de leur localisation et de leur prise au vent et à l'eau.

Dans tous les cas, cette direction prise par les bateaux au mouillage indique également la dérive qui suivra votre catamaran, qu'il s'agisse du vent ou du courant. D'autre part, la proue des bateaux au mouillage indique obligatoirement la présence de leur chaîne ou bout de mouillage, qu'il s'agisse d'une ancre ou d'un corps mort.

Si vous naviguez près de la proue des bateaux, vous risquez de heurter leur corde ou chaîne de mouillage, ainsi que de dériver sur eux (2 sur la Figure 112). Si vous visez la poupe, vous ne rencontrerez aucune difficulté car vous ne croiserez pas de mouillage et votre dérive vous écartera toujours plus que prévu des bateaux (1 sur la Figure 112). Il est donc recommandé de **viser la poupe des bateaux au mouillage**, il est alors possible de passer près sans risque.

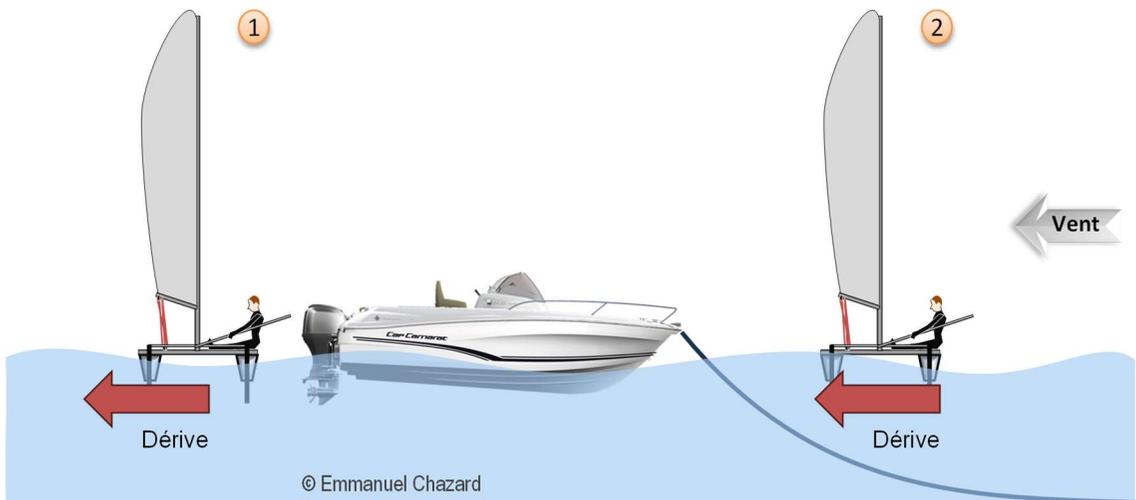


Figure 112. Navigation dans les mouillages

5.2 Navigation près des rochers

Par vent medium ou fort venant de mer, les rochers sont très visibles car ils sont entourés d'écume. Attention cependant, par **vent faible** ou par **vent de terre**, la houle ne s'est pas formée, et **les rochers sont invisibles**. Il faut donc être particulièrement prudent si vous longez une côte que vous ne connaissez pas. La consultation d'une carte marine est nécessaire. Certains sites peuvent être piégeurs, comme en Figure 113 (St Philibert, à l'Est de La Trinité-sur-Mer), où une bande de rochers s'étend à 1200 mètres au sud de la côte. Cette bande de rochers est signalée par une balise Sud, mais cette balise est tellement éloignée de la côte que la plupart des embarcations légères ne la voient pas, ou sous-estiment son importance.

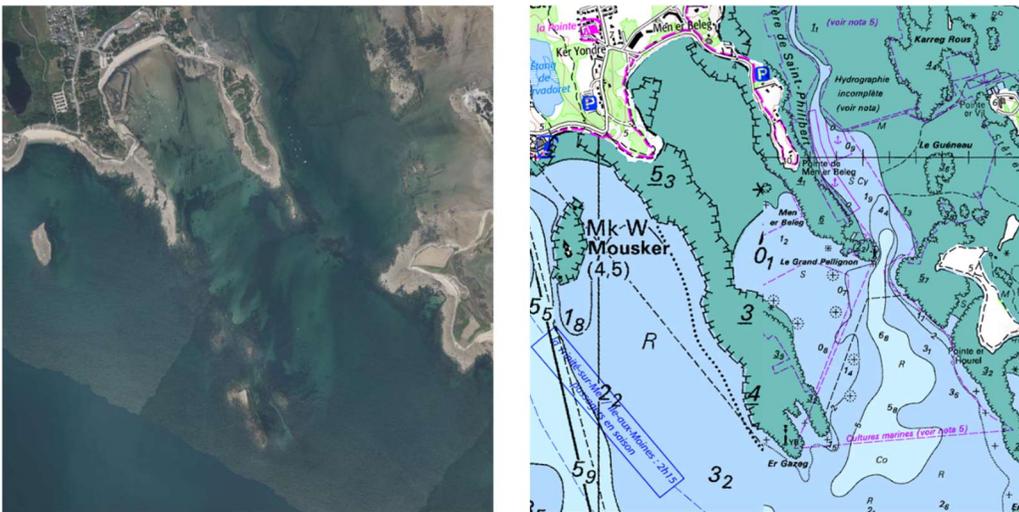


Figure 113. Dangereuse bande de rochers à St Philibert (56)¹¹

Retenez cet adage : « Lorsque les mouettes ont pied, il est temps de virer ! »

5.3 Navigation au-dessus des casiers de pêche

Les casiers de pêche sont des cages posées au fond de l'eau, et signalés par de petits flotteurs reliés par une corde. Ils ne sont pas un danger en soi, car les casiers sont trop profonds pour être atteignables par un catamaran, même à marée basse, et les flotteurs sont trop légers pour abîmer un bateau. Les nombreuses cordes et flotteurs peuvent cependant enquiquiner les navigants.

Evitez ces zones si vous avez des **dérives sabres** ou des **foils**.

Si vous décidez de traverser ces zones, voici quelques conseils.

¹¹ Carte marine et vue aérienne issues de <https://www.geoportail.gouv.fr>

Ne faites **pas un bord de près serré**, car vous dériverez trop et n'aurez aucune marge de manœuvre pour lofer : essayez de passer plutôt entre le grand large et le petit large.

Comme pour la navigation dans les mouillages, **frôlez les flotteurs sous leur vent**, et non au vent, et ce pour les mêmes raisons.

Assurez-vous qu'aucun bout ne traîne dans l'eau, surtout s'il forme une boucle : écoutes de spi, écoute de GV, etc.

5.4 Navigation au-dessus des parcs à huîtres

Les huîtres peuvent être élevées de différentes manières. La culture la plus fréquente est « en surélevé » : les huîtres sont placées dans des poches grillagées fixées sur des tables ostréicoles métalliques posées sur une partie de l'**estran**. Les huîtres sont ainsi le plus souvent immergées, tout en permettant un accès à l'air libre aux ostréiculteurs à marée basse. Ils utilisent des bateaux à fond plat, amenés lorsque la hauteur d'eau est suffisante, puis qu'ils laissent se poser au sol lorsque le niveau de la mer descend.

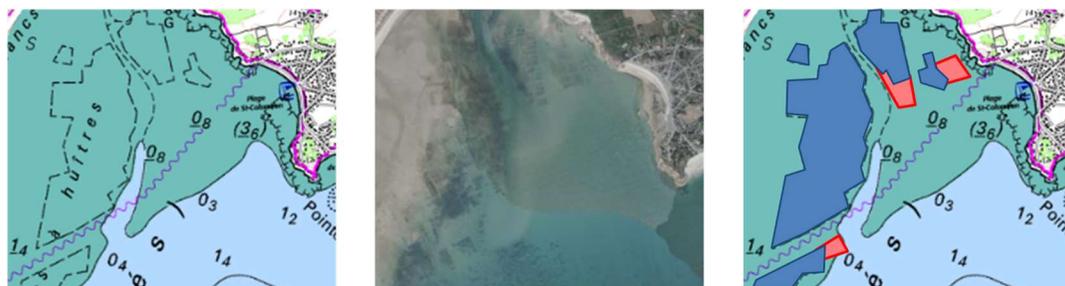
Il est possible de naviguer au-dessus des parcs à huîtres si la hauteur d'eau est suffisante, et si votre catamaran dispose de plans anti-dérives ou de dérives pivotantes, et de safrans qui se relèvent. C'est fortement **déconseillé en cas de dérives sabres ou de foils**. Faites tout de même attention avec vos safrans : ils peuvent se relever facilement en marche avant, mais pas en cas de contact en marche arrière, ce qui arrive souvent durant un virement de bord par vent fort.

Les tables ostréicoles sont généralement positionnées sur le **bas de l'estran**, afin que les huîtres soient immergées le plus souvent. A ma connaissance, en Bretagne Sud et dans le bassin d'Arcachon, cela correspond à des hauteurs d'eau entre 0 et 2m. En Bretagne Nord, où le marnage est beaucoup plus important, cela peut monter jusqu'à une hauteur d'eau de 6m. Il faut y ajouter la hauteur des tables (1m) et votre tirant d'eau (0,5m). De manière très générale, **vous pourrez naviguer au-dessus des parcs à huîtres au moins la moitié du temps** (deuxième moitié de la marée montante et première moitié de la marée descendante).

Nous attirons alors votre attention sur quelques points.

Les parcs à huîtres sont **inconstamment balisés**, mais sont théoriquement **mentionnés sur les cartes** marines. Certains ostréiculteurs signalent en outre leur concession avec des tubes PVC (parfait), des morceaux de bois ou des piques métalliques à fleur d'eau, dont les intentions ne sont pas toujours pacifiques. Parfois, les parcs à huîtres **dépassent des zones cartographiées**, comme l'illustre la Figure 114, qui correspond à une vue de la plage de St Colomban, à Carnac. Il faut donc rester prudent : les parcs à huîtres sont dangereux pour les navires, mais encore plus pour les embarcations gonflables ou les véliplanchistes, kitesurfeurs, wingsurfeurs etc., qui tombent fréquemment à

PDF gratuit - Version papier et autres disponible sur <http://editions.chazard.org> - © Emmanuel Chazard
l'eau. La plage de St Colomban à Carnac, en Figure 114, est justement un spot pour ces pratiquants.



© Emmanuel Chazard

Figure 114. Les parcs à huîtres, en théorie et en pratique à Carnac (rouge : zones non cartographiées)¹²

Il arrive également que des concessions ne soient **pas du tout cartographiées**, comme à La Trinité-sur-Mer (Figure 115), probablement parce qu'elles sont à côté du chenal d'accès au port, qui est très bien balisé : les voiliers ne sont pas tentés de sortir du chenal, mais c'est chose fréquente pour les catamarans dont le tirant d'eau est très faible.



© Emmanuel Chazard

Figure 115. Parcs à huîtres non cartographiés à côté du chenal de La Trinité-sur-Mer¹³

En cas de doute, le plus sage est de se mettre debout et de scruter la mer : **en position debout**, regard plongeant, il est plus aisé de voir le fond de l'eau et les stries caractéristiques des parcs à huîtres.

¹² Carte marine et vue aérienne issues de <https://www.geoportail.gouv.fr>

¹³ Carte marine et vue aérienne issues de <https://www.geoportail.gouv.fr>

Comprendre, entretenir et améliorer le matériel

1 Mieux hisser et affaler la grand' voile

1.1 Hisser la GV

Il est parfois difficile de hisser la grand' voile. Si ces difficultés sont inhabituelles, vous pouvez vérifier les points suivants :

- La drisse de GV est bien libre de tout obstacle
- La GV est libre de toute entrave, elle est disposée bien en face du rail du mât, elle n'est pas bloquée au niveau de l'entrée
- Le catamaran est strictement face au vent

Vous pouvez vous aider de gants (indispensables) ou d'un harnais de trapèze pour tirer plus facilement. Vous pouvez également faire passer la drisse dans une poulie de pied de mât, pour tirer vers l'arrière du bateau, un pied sur la traverse arrière en passant sous la barre de liaison des safrans (Figure 116).



Figure 116. Exemple de position pour hisser la grand' voile

Face à des difficultés récurrentes, vous pouvez envisager les actions suivantes :

- Vaporiser un spray de téflon sur l'ensemble du rail
- Changer la drisse pour une drisse neuve (donc plus souple), en kevlar (donc moins extensible) et pas trop épaisse

1.2 Renverser le catamaran à terre

Vous pourrez être amené à renverser le catamaran à terre, par exemple pour changer la drisse, débloquer le hook, mieux comprendre son fonctionnement, etc.

Si les voiles sont en place, ou par vent fort (qui peut prendre dans le trampoline), il est impératif de mettre le catamaran **strictement face au vent**.

Relevez les safrans et fixez la barre en **position médiane** à l'aide d'un bout pour éviter qu'elle parte à bâbord ou tribord (ou mieux, enlevez entièrement les safrans).

Le catamaran peut être renversé sur du sable fin sans caillou, ou en le posant au préalable sur des pneus. Pour ce faire, en plus des 4 pneus (2 sous chaque coque), prévoyez **2 pneus supplémentaires** en latéral de la coque qui restera à terre.

Le renversement peut être réalisé par une personne seule (Figure 117). Mettez-vous debout sur le côté, **saisissez le hauban et tirez vers vous**. Au fur et à mesure que le catamaran s'incline, déplacez-vous vers la tête de mât. La face latérale de la coque à terre reposera sur les 2 pneus supplémentaires, déjà en place. La tête de mât peut être posée à même le sol, ou sur un objet quelconque.



Figure 117. Renverser le catamaran à terre

! N'essayez jamais de renverser le catamaran en soulevant une coque : le catamaran tomberait de l'autre côté et vous abîmeriez le mât.

Si vous n'êtes pas sûr de vous, vous pouvez simplement renverser le catamaran dans l'eau sans vague, avec une profondeur suffisante pour amortir la chute du mât (1,5m).

1.3 Systèmes de hook (crochet) de grand' voile

Toutes les GV de catamaran doivent être accrochées en tête de mât : contrairement aux dériveurs classiques, il ne suffit pas de hisser la voile et de frapper la drisse en pied de mât, car la traction sur la drisse est trop forte. La plupart de ces hooks sont inopérants en cas de prise de ris.

Nous présenterons ici trois systèmes de hook.

1.3.1 Système le plus fréquent

Le système de hook le plus classique est un crochet situé sur le bord du rail du mât, et à concavité orientée vers le haut. La drisse est frappée sur la GV par une manille vrillée à 90° au-dessus de laquelle se trouve un gros anneau orienté sur le plan frontal (Figure 118). Ces deux pièces sont parfois fusionnées. On trouve ce système par exemple chez KL / Erplast, et sur de nombreux Hobie Cat (17, 18, 21).

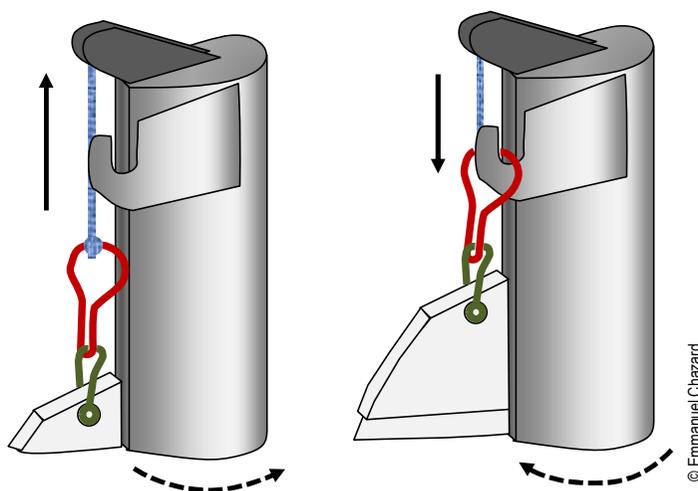


Figure 118. Hisser la GV avec le système de hook le plus répandu

Pour hisser la GV, le bateau doit être strictement face au vent. Hisser la voile à fond, le hook s'enclenche naturellement, puis descendre la GV : une butée très nette est ressentie quelques centimètres plus bas, et c'est tout (Figure 118). On

PDF gratuit - Version papier et autres disponible sur <http://editions.chazard.org> - © Emmanuel Chazard
peut éventuellement légèrement faire tourner le mât pour faciliter cela : tourner le mât légèrement vers le hook en hissant la GV, puis remettre le mât bien droit en abaissant la GV.

Pour affaler la GV, le bateau doit être strictement face au vent. Remonter la GV à fond (10 cm) (1 et 2 sur Figure 147), tourner le mât au maximum vers le hook (3 sur Figure 147), en attrapant le bras de rotation du mât par exemple : on a en général 60° de débattement. Idéalement la GV reste dans l'axe du bateau, ce qui fait que le hook se décroche. Il faut ensuite tirer la GV vers le bas sans relâcher la rotation du mât (4 sur Figure 147). Descendre la GV de 30 cm, relâcher le mât, puis continuer à descendre la GV librement.

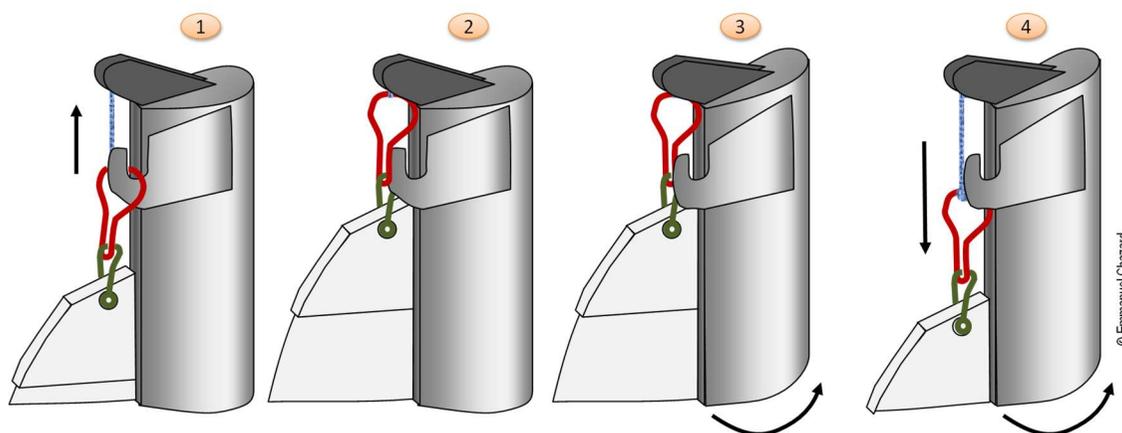


Figure 119. Affaler la GV avec le système de hook le plus répandu

Parfois, la pièce qui permet de frapper la drisse sur la GV n'est pas tout à fait symétrique. Si tel est le cas, cette pièce est conçue pour être frappée avec la main droite lorsqu'on est debout par terre face au mât, donc la prise du manillon étant côté bâbord du bateau. Si vous avez beaucoup de mal à décrocher la GV, il est possible que ce soit parce que vous serrez la manille avec la mauvaise main : essayez dans l'autre sens.

1.3.2 Sur certains Hobie Cat (HC 14, HC 16, HC Twixxy)

Il existe sur certains modèles Hobie Cat un système de hook très simple et très efficace : la drisse de GV est constituée d'un câble métallique, sur lequel se trouve un plot cylindrique. En tête de mât, sur la face antérieure, se trouve une petite fourche à deux dents.

Pour gréer la GV, il suffit de hisser la GV à fond (1 et 2 sur Figure 120), puis plaquer la drisse contre la face antérieure du mât et bien au milieu (3 sur Figure 120), et descendre la GV à la main (4 sur Figure 120) : il y a environ 4 cm de débattement, et la GV est ainsi « hookée ». On peut vérifier facilement que tout est en place : en écartant la drisse du mât (doucement), on s'aperçoit qu'elle ne

PDF gratuit - Version papier et autres disponible sur <http://editions.chazard.org> - © Emmanuel Chazard
semble plus partir de la tête du mât, mais d'une dizaine de centimètres plus bas (5 sur Figure 120).

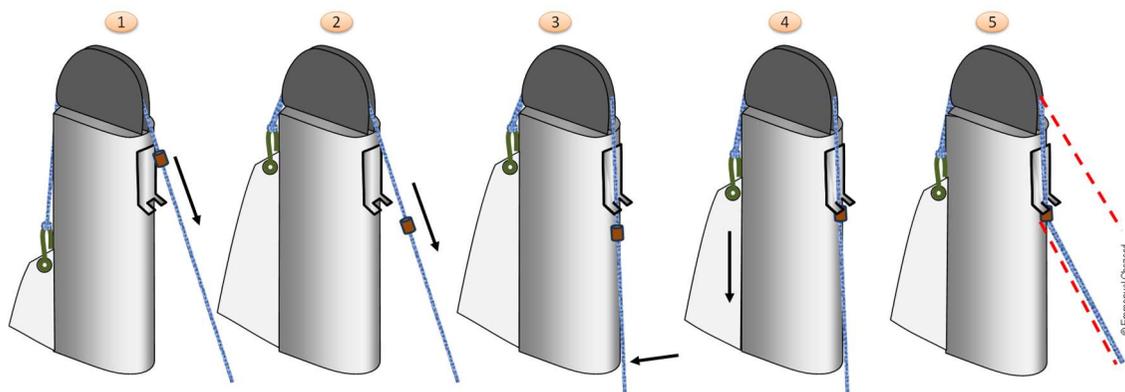


Figure 120. Hisser la GV avec le système de hook des HC14, HC16 et Twixxy

Pour affaler la GV, il suffit de tirer sur la drisse en s'écartant d'un mètre du mât vers l'avant du bateau (1 et 2 sur Figure 121). On peut alors affaler la GV en tirant dessus vers le bas (3 sur Figure 121).

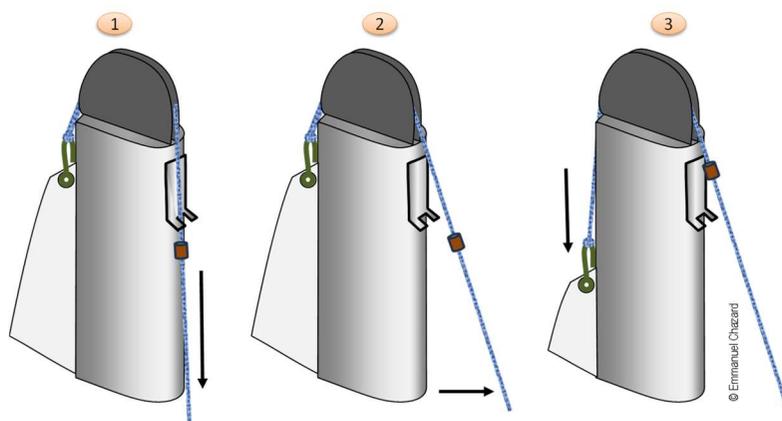


Figure 121. Affaler la GV avec le système de hook des HC14, HC16 et Twixxy

Ce système, outre sa simplicité d'utilisation, permet d'avoir un deuxième hook disponible lorsqu'on prend un ris, ce qui est très utile.

1.3.3 Certains modèles récents (HC Tiger, HC Fx-One)

Enfin, d'autres modèles plus récents disposent d'un mécanisme assez simple. Il présente l'inconvénient d'être en partie fixé sur la GV, mais l'avantage de faire économiser 10 cm de longueur de mât. La Figure 122 illustre son fonctionnement.

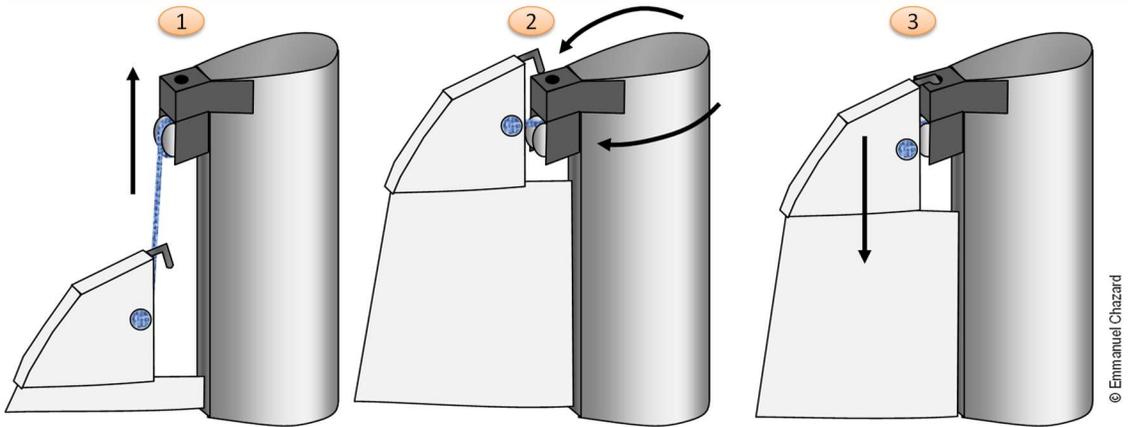


Figure 122. Hisser la GV avec le système de hook des HC Tiger et Fx-One

Pour hisser la GV, hisser à fond en tournant légèrement le mât (1 sur Figure 122), puis remettre le mât dans l'axe de la GV (2 sur Figure 122), et faire descendre la GV (3 sur Figure 122), elle est ainsi verrouillée.

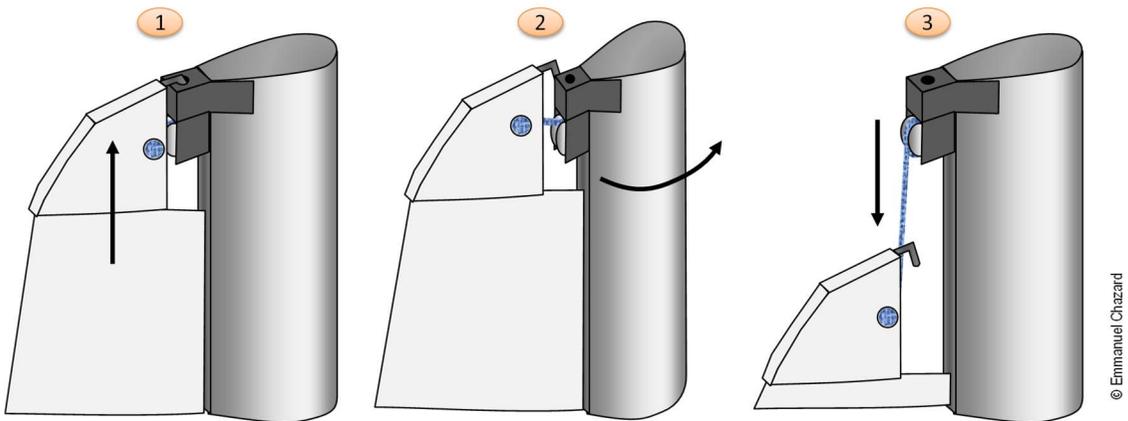


Figure 123. Affaler la GV avec le système de hook des HC Tiger et Fx-One

Pour affaler la GV, hisser à fond (1 sur Figure 123), tourner le mât de 30° dans un sens ou dans l'autre (2 sur Figure 123), et tirer la GV vers le bas (3 sur Figure 123) en relâchant la rotation du mât.

1.4 Au sujet du palan de grand' voile

Avant de fustiger des poulies « grippées », il faut s'assurer que le palan d'écoute de GV est correctement monté. Le truc consiste à positionner les deux parties **orthogonalement** l'une par rapport à l'autre ; par la suite l'enroulement est tout naturel.

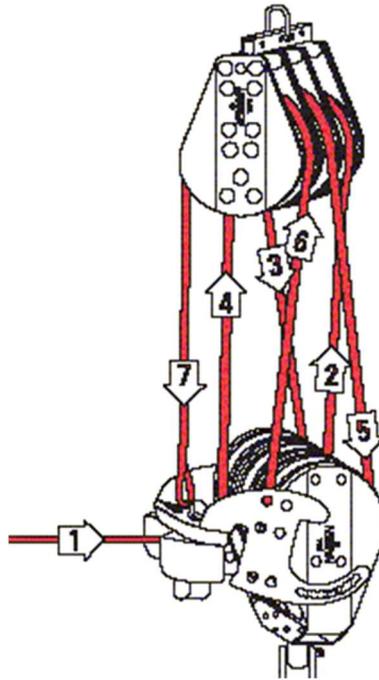


Figure 124. Exemple d'enroulement du palan de GV
(auteur inconnu)

2 Comprendre et utiliser les comes de safrans

Les safrans de catamarans sont dotés de divers systèmes permettant de les maintenir en position basse en navigation, de les relever à l'approche du rivage, mais également de les faire remonter automatiquement en cas de contact avec le sol ou un obstacle.

Le système le plus fréquent utilise une came. Ce système se rencontre sur de nombreux modèles, par exemple chez Hobie Cat et KL / Erplast.

2.1 Fonctionnement

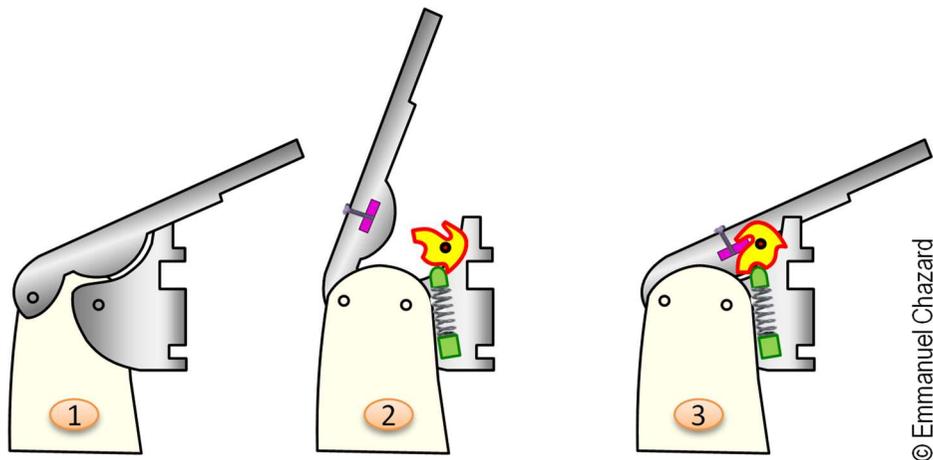


Figure 125. Cames de safran du HC 16

Le schéma (1) en Figure 125 présente l'aspect extérieur d'un safran de Hobie Cat 16 baissé : le casting supérieur couvre le casting inférieur, et tous deux maintiennent la pelle du safran en position basse.

En position débloquée (2 en Figure 125), le casting supérieur est libre, la pelle du safran peut donc monter et descendre librement. La came (en jaune) est en position haute (ici, tournée dans le sens horaire). Lorsqu'on baisse le safran, la came (en jaune) pivote vers l'arrière (ici, dans le sens anti-horaire), elle se baisse et mord une plaque métallique (en violet). Dans tous les cas, un ressort (en vert) appuie sur la came vers le haut et l'empêche de tourner trop aisément. Lorsqu'on remonte le safran (2 en Figure 125), la came retourne en position haute et libère la plaque métallique.

La came (et donc le safran) remonte dans certaines circonstances :

- Lorsque le safran touche le sol ou un obstacle, alors la plaque avance et fait tourner la came
- Lorsqu'on tire la barre vers le haut, ce qui fait remonter la plaque ; ce mouvement abîme plus volontiers la came

2.2 Problèmes et solutions

Les safrans se relèvent en navigation

Plusieurs explications selon la position préalable de la came :

- la came était baissée dès le début
- le ressort n'est pas assez serré
- la came est cassée et ne mord plus correctement la plaque

La came reste baissée

Il peut arriver que la came reste anormalement baissée, bien que le casting supérieur soit libéré, pour les raisons suivantes :

- le ressort est trop serré
- la came est grippée
- le petit ergot de la came est fendu et devient souple

Si la came est baissée, on peut la remonter :

- soit en utilisant l'écoute de GV pour ligaturer l'ergot de la came à la barre, puis en tirant sur la barre
- soit, plus finement, en abaissant le ressort à l'aide d'une lame

Les safrans sont difficiles à baisser

Causes :

- le bateau avance ! Il ne faut pas hésiter à s'arrêter à la cape pour baisser les safrans !
- la plaque métallique est trop avancée

Les safrans sont difficiles à remonter

Causes :

- le bateau recule ! Pour les manœuvres de marche arrière, il faut relever les safrans tant que le bateau avance
- le ressort est trop serré
- la came est grippée par le sel

2.3 Réglages

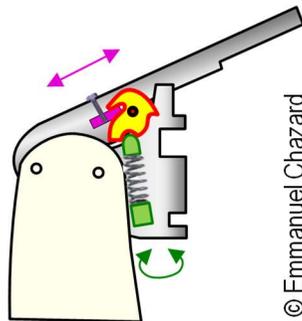


Figure 126. Réglage des cames de safran

On peut donc réaliser deux réglages sur ce mécanisme (Figure 126) :

- On peut avancer ou reculer la plaque (violet) : son réglage permet de régler la **compensation** du safran. Plus on avance la plaque, plus le safran est compensé (la pelle part vers le bas et vers l'avant) et la barre devient facile en navigation.
- On peut régler la **dureté** du ressort (vert) en serrant ou en desserrant une vis (verte) à l'aide d'un tournevis, par en-dessous. Si le ressort est trop mou, les safrans se relèveront trop facilement. S'il est trop dur, il sera très difficile de les relever.

Ce mécanisme peut être rincé à l'eau douce, voire démonté et nettoyé de temps à autres.

Enfin, pour changer une came, il suffit de chasser la goupille métallique à l'aide d'un marteau et d'un chasse-goupille ou d'un gros clou. On repositionne ensuite la nouvelle came et l'ancienne goupille.

3 Entretien ou restaurer une plateforme

Nous verrons ici quelques éléments utiles pour restaurer une plate-forme de catamaran.

3.1 La surface des coques

3.1.1 Mise en condition



© Emmanuel Chazard

Figure 127. Conditionnement des coques

On démonte entièrement les coques, et on les dispose sur des tréteaux, à l'abri si possible des insectes et chûtes de végétaux. Si on met de la mousse sur les tréteaux, il faut la protéger à l'aide de sacs plastiques pour éviter qu'elle ne se colle à la peinture imparfaitement sèche.

On nettoie les coques sans ménagement. Il faut ensuite décoller les autocollants. Cette tâche est fastidieuse, alors tenez compte des conseils qui suivent. Les vieux autocollants perdent en souplesse et se cassent quand on tire dessus. On peut passer un coup de chalumeau : sans faire cloquer, cela les assouplit et rend le décollage nettement plus aisé. Il faut ensuite retirer la colle. Là encore ce conseil devrait vous faire gagner du temps : déposez une couche de papier essuie-tout sur les zones encollées, versez de l'alcool à brûler pour bien l'imbiber, puis attendez au moins cinq minutes. Ensuite, par petite zone, retirez l'essuie-tout et raclez la colle à l'aide d'une spatule métallique. La colle très sèche peut également être poncée. Sinon, des solvants moins polarisés tels le white spirit ou l'acétone sont nettement plus efficaces, mais ne doivent être appliqués que si vous comptez refaire la peinture.

On pourra également retirer le fin joint en silicone parfois présent sur le liston, s'il part tout seul. Ce joint ne sera plus utile car la peinture réalisera une étanchéité

3.1.2 Restauration des éclats

Les éclats de *gel coat* doivent être éliminés (creusé) et comblés à l'aide de mastic polyester armé ou choucroute. Si vous n'en avez pas, il suffit d'utiliser à la place de la résine lestée à l'aide de fibre de verre coupée en très fins morceaux.



© Emmanuel Chazard

Figure 128. Restauration des éclats

Les photographies ci-dessus montrent le cas classique d'une étrave abîmée par des impacts de force moyenne. Les dégâts paraissent peu étendus (1^{ère} image Figure 128). En réalité, il faut creuser à l'aide d'une spatule et on se rend généralement compte que tout s'effrite. On creuse en conservant toutefois les parois, qui seront utiles pour la forme (2^{ème} image Figure 128). On comble ensuite le trou avec de la choucroute. Il est difficile de façonner la choucroute du fait des morceaux de fibre de verre présents. Je vous conseille de l'appliquer généreusement, et de l'écraser à l'aide de film étirable de cuisine (cellophane) maintenu avec du ruban adhésif : c'est très facile et le résultat est remarquable (3^{ème} image Figure 128). Ensuite, on ponce le tout (4^{ème} image Figure 128).



© Emmanuel Chazard

Figure 129. Restauration des éclats

Il en est de même pour l'arrière des coques (Figure 129) et pour tout impact visible. On en profite pour rajouter un peu d'épaisseur, qui sera certainement consommée un jour ou l'autre. Le mastic pourra être poncé une fois sec.

3.1.3 Gel coat

Ensuite, on réalise un ponçage d'accroche sur 15cm de large sur tout le bord inférieur des coques. On réalise un masquage latéral, et toute cette surface ainsi que les parties réparées à la choucroute sera enduite de *gel coat*.

Comprenons bien le rôle du *gel coat* : sur un catamaran neuf, il n'y a que du *gel coat* et pas de peinture, c'est donc le *gel coat* qui fait l'étanchéité. Avec le temps, sous l'effet des UV, le *gel coat* devient poreux. Lors d'une restauration, c'est la peinture qui imperméabilisera réellement les coques. Mais la peinture est très fine, et elle s'usera trop vite sous les coques, c'est pour cela qu'on rajoute de l'épaisseur en *gel coat* qui, lui, n'est pas tout à fait imperméable.

En tout état de cause, le *gel coat* polymérise sous certaines conditions d'exposition aux UV, et chaleur et d'humidité. Cela ne fonctionne pas à tous les coups...

3.1.4 Peinture

Il faut ensuite peindre la coque avec une peinture spéciale : c'est ça qui la rendra étanche. Voici quelques conseils (appris de mes propres erreurs).

Option 1 : restauration *low cost*. Utilisez simplement une peinture de façade brillante de marque. Cela conviendra parfaitement pour une utilisation familiale. Prenez le temps d'obtenir une finition bien lisse. On peut obtenir cet effet en diluant

légèrement la peinture avec le solvant conseillé par le fabricant. En contrepartie, le séchage est plus long. Il ne faut pas être tenté de faire une seule couche épaisse, au risque de faire apparaître des coulures.

Option 2 : restauration plus chère. Achetez une peinture spéciale. Appliquez toujours la sous-couche proposée par le fabricant : j'ai voulu faire sans, j'ai du tout refaire ! Il n'est pas utile d'acheter une peinture antifouling, utile uniquement aux bateaux qui restent immergés plusieurs semaines d'affilée (ex : bateaux au quai ou au corps mort).

Dans tous les cas, ne travaillez que dans des conditions excellentes de chaleur et de sècheresse, sinon il faudra tout refaire. La plupart des peintures ne nécessitent pas des UV pour polymériser, et peuvent donc sécher en intérieur. Refaire une peinture en extérieur en hiver n'est généralement pas une bonne idée.

3.2 Les traverses en aluminium

Sur les HC16 en particulier, les traverses peuvent s'user de manière très importante : en prenant du jeu, les traverses s'usent et perdent jusqu'à la totalité de leur épaisseur.

La Figure 130 montre un exemple de traverse antérieure de HC16 complètement usée : sur une des faces, les 3mm d'épaisseur d'aluminium ont complètement disparu !



© Emmanuel Chazard

Figure 130. Traverse en aluminium usée

Dans ce cas, on a pu utiliser une épave de HC16 et retrouver, moyennant meulage, des profilés compatibles avec les formes du HC16. Il faut simplement insérer ces profilés pour doubler la traverse à l'intérieur.



© Emmanuel Chazard

Figure 131. Insertion de profils comparables dans la traverse

Ensuite, à défaut de savoir souder l'aluminium, on colle à l'Araldite prise longue sur une grande surface (colle forte epoxy). Attention, seule la colle qui sèche en 24 heures ou plus doit être utilisée, pas la prise rapide qui manque de solidité. Ne pas prendre non plus les colles qui se prétendent "soudage à froid", qui sont de simples colles lestées en limaille d'aluminium. Avant l'encollage, il convient de rayer le métal au disque abrasif. Après le collage, on renforce le tout avec des rivets aveugles de diamètre 5 ou 6 mm, à un endroit où ils ne seront pas gênants.



© Emmanuel Chazard

Figure 132. Maintien du collage

On reperce ensuite les trous : désormais, les rivets qui fixent la pièce aux *pods* s'appuieront surtout sur la pièce de renfort. On ne dirait peut-être pas comme cela, mais c'est très solide.

Pour éviter l'agrandissement des trous de rivets, on se rappellera que c'est le contact de l'aluminium et de l'acier inoxydable qui, en eau salée, crée une oxydation qui ronge l'aluminium. On utilisera autant que possible des rivets en aluminium, mais pour les pièces maîtresses il faudra utiliser des rivets en inox, plus solides.

4 Améliorer une mise à l'eau

Je vous présente ici quelques trucs et astuces qui pourront vous simplifier la vie, en particulier si vous naviguez en solo, pour tout ce qui concerne le remorquage à terre et le transport de matériel (voiles, etc.).

4.1 Retenir votre mise à l'eau sans timon

Si vous utilisez une mise à l'eau sans timon, nous vous conseillons de fixer deux bouts latéraux, éventuellement avec un mousqueton. Vous pourrez les attacher aux traverses, aux haubans ou aux pantoires, et ainsi retenir votre mise à l'eau en marche avant. Ce sera particulièrement apprécié pour passer outre les obstacles, marches, ou sable trop mou.

4.2 Concevoir une remorque avec votre mise à l'eau

Nous vous proposons à présent de transformer votre mise à l'eau, si c'est un simple axe sans timon. Ce bricolage vous permet de transporter vos voiles et safrans à bicyclette ou à pied, en même temps que / à l'aide de votre mise à l'eau. Il sera particulièrement apprécié par ceux qui n'ont pas de magasin à disposition, et éviteront ainsi de se déplacer en voiture.

Cette remorque deux-en-un se présente ainsi (Figure 133).



© Emmanuel Chazard

Figure 133. Remorque utilisant une mise à l'eau

En position "route", elle permet de transporter à pied ou à vélo les voiles, tangon, bôme et autres sur un axe qui n'est autre que l'axe de la mise à l'eau, le tout

PDF gratuit - Version papier et autres disponible sur <http://editions.chazard.org> - © Emmanuel Chazard
roulant sur les roues de la mise à l'eau. Entre les deux, une caisse permet de
ranger tout l'accastillage.



© Emmanuel Chazard

Figure 134. Remorque une fois démontée

Une fois démontée (Figure 134), on aura d'un côté la mise à l'eau (un axe et ses roues), d'un autre tout le matériel, et enfin la remorque et sa caisse.

Le tout est utilisable très simplement pour transporter du matériel à bicyclette ou à pied. Sur la photo ci-dessous, vous voyez qu'il est même très aisé à une personne seule de transporter un mât sur plusieurs kilomètres, à pied.



© Emmanuel Chazard

Figure 135. Exemple de transport d'un mât de 8,5m

4.3 Bers légers

Nous vous présentons ici une idée simple et rapide à mettre en œuvre. A l'aide de frites de piscine, vous pouvez fabriquer des bers légers, que vous pourrez facilement embarquer. La fixation est réalisée avec une bille de déodorant entrée dans une boucle. L'élasticité est assurée par la frite elle-même, nous n'avons utilisé que des bouts non extensibles.



© Emmanuel Chazard

Figure 136. Bers légers fabriqués à l'aide de frites

Ce matériau s'abîme aux UV et finit par devenir spongieux : il faut donc le conserver à l'abri de la lumière lorsqu'il n'est pas en utilisation, et le changer tous les 3 ans.

5 Installer un spi

5.1 Fournitures

Cette page explique comment construire son propre kit spi. Naturellement, il faudra quand même acheter, neuf ou d'occasion, un spi, et certains éléments de matériel. Vous avez besoin des éléments suivants (les dimensions sont indicatives et prennent une marge, vous pourrez les recouper par la suite à l'usage) :

- Dans tous les cas

- Le spi
- Une écoute de spi (prévoir 3 fois la longueur du bateau, choisissez une écoute pas trop lourde)
- Un tube d'aluminium (ex : 6 cm de diamètre, 2mm d'épaisseur, 3m de longueur)
- Des pantoires (en câble métallique ou bout solide et inextensible)
- Un court morceau d'élastique pour soulever le tangon
- De quoi fixer le tangon à la traverse avant
- Une poulie fixée en hauteur sur la face avant du mât, avec ressort
- Deux winches à fixer sur les côtés du trampoline en arrière
- Un taquet coinqueur ou des taquets à ressort sur la traverse avant

- Pour les spis sur sac sur trampoline

- Une poulie en bout de tangon, avec ressort
- Une poulie au pied du tangon (sans ressort)
- Une double poulie circulant le long du tangon
- Une drisse de spi (prévoir 2,5 fois la hauteur du mât)
- Une drisse d'amure (prévoir 2,1 fois la longueur du tangon)
- Un sac à spi

- Pour les spis avec avaleur

- Une poulie en bout de tangon, avec ressort
- Une poulie au pied du tangon (sans ressort)
- Une double poulie circulant le long du tangon
- Une drisse de spi et d'aveur (prévoir 3,5 fois la hauteur du mât)
- Une drisse d'amure (prévoir 2,1 fois la longueur du tangon)
- Une embouchure et un sac d'aveur
- Sur votre spi, 1 œillet et 2 anneaux pour la drisse d'aveur

- Pour les spis sur enrouleur

- Un enrouleur au bout du tangon, avec son bout
- Un émerillon à placer au bout de la drisse de spi
- Une drisse de spi (prévoir 2,1 fois la hauteur du mât)

Nous supposons que vous avez déjà gréé un spi (voir le chapitre [Gréer un spinnaker asymétrique ou un gennaker en page 15](#)) et utilisé un spi (voir le chapitre [Navigation sous spi en page 80](#)).

5.2 Quelques pièces en particulier

5.2.1 Avaleur : embouchure et sac

Je m'étais par le passé fabriqué l'embouchure en fibre de verre, et le sac en tissu. Voici le résultat (Figure 137). Avec le recul, le coût des fournitures est tel que j'aurais mieux fait d'acheter des pièces dédiées, d'occasion. Les pièces n'ont rien de spécifique à tel ou tel modèle : il faut simplement qu'elles soient compatibles avec le diamètre de votre tangon et, dans une moindre mesure, sa longueur.



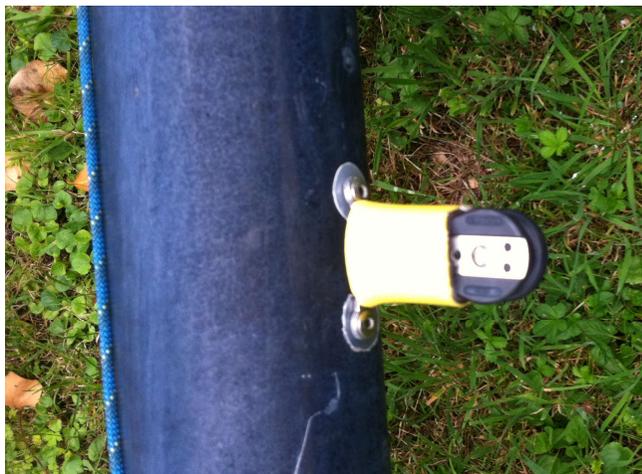
© Emmanuel Chazard

Figure 137. Avaleur de spi maison

5.2.2 Poulie en tête de mât

Il s'agit simplement d'une poulie fixée directement sur un pontet. La poulie est positionnée entre la manille de capelage et la tête de mât, sa hauteur dépend de votre spi. Si vous ne savez pas, il vaut mieux la fixer trop haut que trop bas.

Prévoyez des rivets aveugles solides, au moins 5mm de diamètre en inox. Le ressort peut être remplacé par un bout de tuyau d'arrosage. Soignez l'étanchéité du mat avec du mastic.



© Emmanuel Chazard

Figure 138. Poulie au mât

5.2.3 Poulie en bout de tangon

Il s'agit simplement d'une poulie avec ressort (ou tuyau d'arrosage) fixée sur un pontet. Veillez à ce qu'aucun bout de métal qui pourrait abîmer le spi ne dépasse.

Pour l'anecdote, le bouchon à gauche sur la Figure 139 est réalisé avec un pied de distributeur de dentifrice et une boule de déodorant. Rien ne se perd !



© Emmanuel Chazard

Figure 139. Poulie en bout de tangon

5.2.4 Poulie double

Pour réaliser la double poulie centrale, celle qui permet à la drisse du mât de tirer sur la drisse d'amure, nous avons pris deux poulies simples, nous avons percé l'une d'elles pour faire sauter les rivets et la démonter totalement. Puis nous l'avons remontée en prenant en même temps l'autre poulie et un ressort, et remplacé le rivet par un boulon. Ces petites poulies peuvent se trouver pour 3 euros pièce d'occasion.



© Emmanuel Chazard

Figure 140. Poulie double

5.2.5 Winchs

Les poulies d'écoute (winch) sont classiques, assez chères en matériel neuf (près de 100€ euro par poulie !) et difficiles à trouver en occasion. Nous les avons fixées très simplement sur les traverses latérales, au niveau du tiers postérieur du bateau. Un pontet est rivé dans la traverse, puis on y fixe la poulie à l'aide d'une manille. Pour maintenir la poulie verticale, il existe trois possibilités : un ressort en inox, un ressort gainant en plastique ou, comme sur la photo, un simple morceau de gros tuyau d'arrosage ou de tuyau d'évacuation d'eaux usées (rayon jardinage des magasins de bricolage). Attention au sens de montage de la poulie. Selon la forme du spi, ces poulies devront être montées plus ou moins en arrière. Il faut faire des essais à terre pour déterminer leur position.



© Emmanuel Chazard

Figure 141. Winch

6 Fabriquer une barre de redressement

6.1 Objet

L'objet de ce bricolage est de vous permettre de réaliser une perche de redressement pour votre catamaran. Elle vous permettra de redresser seul le catamaran après un dessalage. Ce bricolage fonctionne TRES bien. Je navigue en solo en HC16 et ai testé plusieurs autres systèmes auparavant, c'est pour moi le meilleur (en fait le seul vraiment bon...).

Attention : vous devriez tester une première fois ce bricolage avec l'aide d'un coéquipier ou à un endroit où vous avez pied avant de vous sentir totalement protégé.

6.2 Matériel requis

Le coût de ce bricolage est modique car il requiert très peu de matériel :

- un tube d'aluminium, 2,5 m de long, 6 cm de diamètre, 2 mm d'épaisseur
- du bout fin (moins de 20 m)
- un gros mousqueton, qui sera fixé à l'aide d'un simple boulon
- quatre doubles anneaux de réglage (arrêts en 8, voir Figure 147)
- un taquet en plastique, fixé par deux rivets aveugles
- cinq pontets, fixés par 10 rivets aveugles
- un crochet en S (esse)
- 20 cm de gros élastique

En particulier, il n'y a pas d'articulation métallique. Pour des catamarans qui n'auraient pas de martingale, ou une martingale trop épaisse, contrairement au HC16 par exemple, fixer deux gros pontets (avec 4 rivets) sous la traverse avant.

6.3 Situation générale

Le montage se constitue principalement d'un tube en aluminium unique, d'une longueur de 2,5 mètres, diamètre 60 mm, épaisseur 2 mm. Ce tube est muni au bout d'un mousqueton, qui permet de l'articuler très librement avec la martingale (ou avec les pontets sous la traverse avant). On peut rapidement changer le côté de la martingale selon l'amure de dessalage. Le tube est également contrôlé par plusieurs cordages que nous détaillerons après.

6.3.1 Barre repliée

Replié, le tube est dans l'axe sagittal orienté vers l'arrière : le tube est plaqué contre la traverse arrière. Ceci est illustré sur la photographie suivante, qui sera reprise plus bas pour expliciter les cordages.



© Emmanuel Chazard

Figure 142. Barre de redressement, repliée

6.3.2 Barre dépliée

Déplié, le tube prolonge le mât vers le bas, et il est possible de marcher dessus pour redresser le bateau, en se tenant aux cordages. Ceci est illustré sur la photographie suivante, qui sera reprise plus bas pour expliciter les cordages.



© Emmanuel Chazard

Figure 143. Barre de redressement, dépliée

6.4 Détail des cordages

6.4.1 Convention

Dans les schémas et photomontages suivants, nous utiliserons toujours les mêmes couleurs :

- Cordages assurant le maintien latéral : rouge
- Cordage assurant le maintien postérieur : vert

- Cordages assurant le maintien antérieur : bleu
- Pontets : bleu
- Doubles anneaux de réglage : noir
- Taquet : bleu

6.4.2 Présentation générale

Le schéma suivant illustre la construction de la barre de redressement.

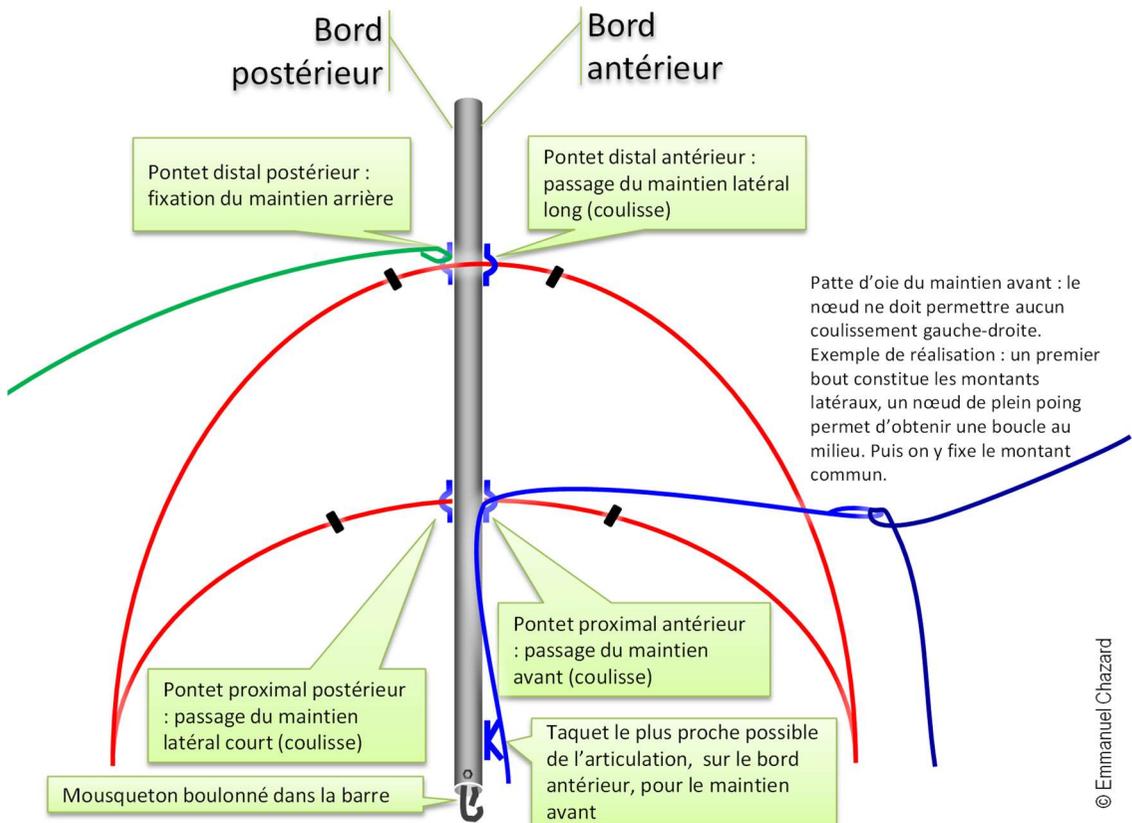
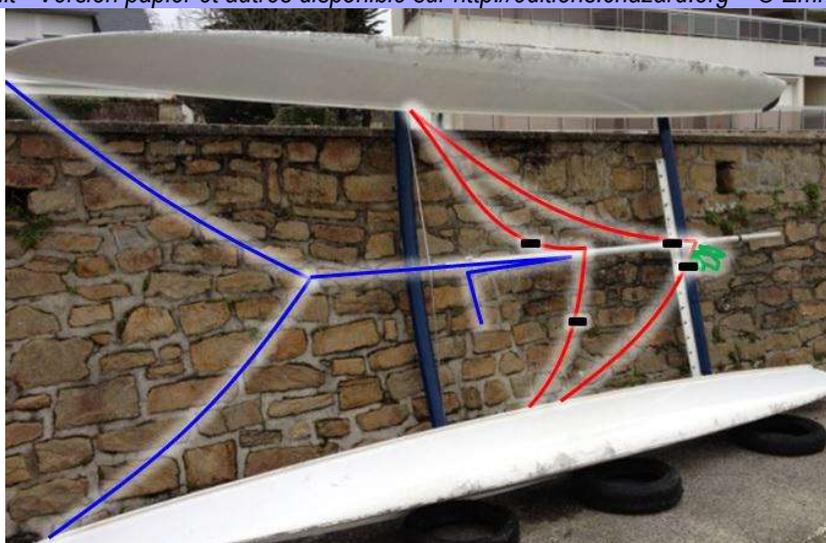


Figure 144. Schéma des cordages de la barre de redressement

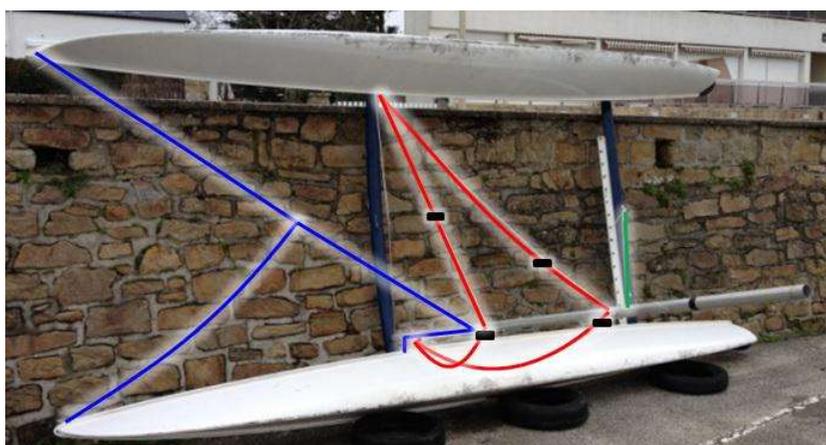
En position repliée, la barre est située dans l'axe du tangon et plaquée contre la poutre arrière.



© Emmanuel Chazard

Figure 145. Barre de redressement, repliée

En position dépliée, la barre est grossièrement orientée dans l'axe du mât, mais décalée vers le côté sur lequel le bateau repose. Les maintiens avant et arrière sont entièrement tendus, mais les maintiens latéraux ne sont tendus que d'un côté. Leur mise en tension est le fait des arrêts en huit qui butent contre les pontets.



© Emmanuel Chazard

Figure 146. Barre de redressement, dépliée

6.4.3 Maintien latéral (rouge)

Le maintien latéral est assuré par deux cordages. Chacun d'entre eux relie les deux extrémités de la traverse antérieure entre elles, en passant dans un pontet situé sur la barre de redressement. L'un des cordages passe au premier tiers de la barre, tandis que l'autre passe au deuxième tiers. Quatre « doubles anneaux

PDF gratuit - Version papier et autres disponible sur <http://editions.chazard.org> - © Emmanuel Chazard
de réglage » (Figure 147) sont positionnés sur les cordages de manière que la barre s'appuie dessus quelle que soit l'amure.

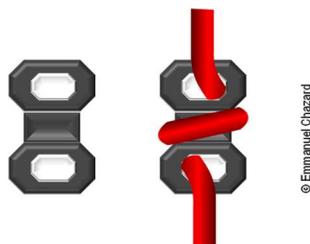


Figure 147. Utilisation d'un double anneau de réglage

6.4.4 Maintien arrière (vert)

Un simple cordage relie de manière fixe le milieu de la poutre arrière à un point situé à une distance de l'origine de la barre exactement égale à la longueur du trampoline. Ce point, lorsque la barre est repliée, doit arriver exactement au milieu de la poutre arrière. La longueur est telle que, lorsque la barre est dressée, elle est dans l'axe du mât mais ne peut pas partir plus en avant. En position repliée, un élastique terminé par un crocher en S maintient la barre contre la poutre arrière.

6.4.5 Maintien avant (bleu)

Un cordage en Y (dont les trois segments ont la même longueur) relie les deux avants de coque (aux points d'insertion des pantoires par exemple) à une poulie située au milieu de la barre (la poulie est constituée par un pontet tout simplement, sans poulie à proprement parler). La forme en Y permet une utilisation à l'identique sur une amure ou sur l'autre. La longueur doit permettre à la barre d'être repliée sous le trampoline. Une poulie est présente au point d'insertion sur la barre, et un taquet plastique. Le cordage en Y passe dans la poulie, retourne au pied de la barre et passe dans le taquet. Cela permet, après le dessalage, de dresser la barre en tirant sur le cordage, et de la coincer dans cette position.

6.5 Utilisation

6.5.1 Dessalage

Immédiatement après le dessalage, une fois le catamaran prêt et couché sur un côté, positionnez-vous debout sur la coque qui flotte. Décrochez l'élastique sur la traverse arrière. Positionnez la barre du côté de la martingale le plus bas, à l'aide du mousqueton. Tirez sur le cordage avant pour dresser la barre, et frappez le cordage avant sur son taquet au pied de la barre. C'est tout.

La barre est maintenant dressée, et ne peut pas bouger. En tenant le bout de resalage si besoin, marchez doucement vers l'extrémité de la barre. Dès que nécessaire, saisissez la martingale pour éviter de recevoir la coque sur le crâne.

Notez que, comme la barre peut librement remonter vers la coque supérieure, lorsque la profondeur d'eau est insuffisante, cela ne pose généralement pas de problème : la barre part simplement sur le côté.

6.5.2 Rangement

Une fois le bateau resalé, montez sur le trampoline. Décrochez le cordage avant du taquet (en avant du mât), et depuis la poutre arrière, remontez la barre à l'aide du cordage arrière. Fixez la barre sous la poutre arrière à l'aide d'un élastique muni d'un crochet en S sur le pontet de l'écoute de chariot par exemple.

Table des illustrations

Figure 1. Axes, directions et plans.....	11
Figure 2. Anatomie descriptive d'un catamaran.....	12
Figure 3. Positionnement du tangon.....	16
Figure 4. Grément du spi avec un sac sur le trampoline.....	17
Figure 5. Grément du spi avec avaleur.....	19
Figure 6. Grément du spi sur enrouleur.....	21
Figure 7. Allures en fonction de la direction du vent.....	25
Figure 8. Allures en fonction de la direction du catamaran.....	26
Figure 9. Allures détaillées.....	27
Figure 10. Quatre types de changement de direction (vue conceptuelle).....	28
Figure 11. Quatre types de changement de direction (vue pragmatique).....	28
Figure 12. Rôle de la GV et du foc dans les changements de direction.....	30
Figure 13. Le virement de bord.....	31
Figure 14. La manœuvre d'empannage.....	36
Figure 15. Position du barreur pendant l'empannage.....	38
Figure 16. Manœuvre de resalage.....	40
Figure 17. Orientations possibles du catamaran pendant un resalage.....	41
Figure 18. Redresser un catamaran après capotage.....	42
Figure 19. Plantage du mât dans le sol.....	43
Figure 20. Extraire un mât planté dans le fond pour resaler.....	44
Figure 21. Le nœud d'écoute.....	46
Figure 22. Passage d'un bout de remorquage sous la patte d'oie.....	47
Figure 23. Vent arrière (1) et marche arrière face au vent (2) suivent la même trajectoire.....	48
Figure 24. Effet du sens de la marche, avant (1) ou arrière (2), sur le comportement des safrans.....	49
Figure 25. Marche arrière face au vent : position de l'équipage.....	50
Figure 26. Départ et arrivée par vent latéral.....	53
Figure 27. Départ et arrivée par vent de terre.....	54
Figure 28. Départ et arrivée par vent de mer.....	56
Figure 29. Mise à la cape forcée.....	58
Figure 30. Mise en cape courante depuis un virement de bord.....	59
Figure 31. Mise en cape courante depuis un empannage.....	60
Figure 32. Départ d'un arrêt à la cape.....	61
Figure 33. Mouvements d'oscillations d'un catamaran arrêté à la cape.....	62
Figure 34. Différentes trajectoires de catamarans arrêtés à la cape.....	63

Figure 35. Trois manières d'éviter un obstacle à la cape	64
Figure 36. Exemple de manœuvre d'homme à la mer, prise au vent	66
Figure 37. Exemple de récupération d'homme à la mer sous le vent	67
Figure 38. Exemple de prise de mât appropriée	69
Figure 39. Exemple de prise de mât inappropriée	70
Figure 40. Principe d'une courbe polaire de vitesse.....	71
Figure 41. Courbe polaire : gain au vent (gauche), gain sous le vent (droite)	73
Figure 42. Exemple de trajectoires de gain au vent	74
Figure 43. Exemples de temporalité de VDB en gain au vent	74
Figure 44. Cadre de navigation dans le gain au vent	75
Figure 45. Gain au vent : modification du cadre de navigation par le courant	76
Figure 46. Gain au vent : modification du cadre de navigation lorsque le vent tourne... 77	
Figure 47. Exemple de trajectoires de gain sous le vent.....	78
Figure 48. Gain sous le vent : impact espéré d'une navigation en crabe	79
Figure 49. Initier une marche arrière dos au vent	85
Figure 50. Repartir en avant après une marche arrière dos au vent	86
Figure 51. Vent réel, vent vitesse, vent apparent.....	91
Figure 52. Effet des changements de vitesse du catamaran.....	92
Figure 53. Effet des changements de force du vent réel.....	93
Figure 54. Différences de vent réel et donc de vent apparent sur la hauteur de la GV.. 94	
Figure 55. Vrillage de la GV en fonction du réglage du palan et du chariot.....	95
Figure 56. Vent apparent au vent arrière et au grand large.....	96
Figure 57. Exemple de courant dans le sens du vent	98
Figure 58. Exemple de courant à l'opposé du vent	99
Figure 59. Ecoulement turbulent ou laminaire.....	100
Figure 60. Ecoulement turbulent ou laminaire sur une voile.....	101
Figure 61. Poussée vélique	101
Figure 62. Utilisation des penons sur un catamaran tribord amure	102
Figure 63. Ecoulement sur l'ensemble foc et GV	103
Figure 64. Vent arrière : écoulement de l'air turbulent	104
Figure 65. Effet des coques asymétriques avec de la gîte	105
Figure 66. Exemple typique de réglage de la GV sur toute sa hauteur	106
Figure 67. Création d'un creux de voile avec trois laizes	107
Figure 68. Exemples de coupes de voile (de gauche à droite : horizontale, verticale, bi- radiale, tri-radiale,)	108
Figure 69. Création d'un creux de voile avec le rond de guindant.....	108
Figure 70. Diminution du creux de la GV en étarquant le guignol (barres de flèche postérieures)	110
Figure 71. Pris de ris sur la grand' voile.....	111

Figure 72. Différents montages du cunningham (en rouge ; 1 : sans bôme, 2 : bôme coulissante, 3 : bôme articulée)	111
Figure 73. Catamaran à vitesse constante, au travers bâbord amure.....	113
Figure 74. Au travers, choquer le GV ralentit peu le catamaran.....	114
Figure 75. Comprendre l'impact d'une force en termes de translation et rotation.....	116
Figure 76. Principe des couples de forces	118
Figure 77. Couple de chavirement, en fonction de la gîte	120
Figure 78. Couple de redressement, en fonction de la gîte.....	120
Figure 79. Couple d'enfournement	122
Figure 80. Couple de redressement, à plat et en cas d'enfournement	123
Figure 81. Dessalage en arrière au décours d'un VDB	125
Figure 82. Vents liés à la force de Coriolis (1) et à la circulation atmosphérique (2) ...	126
Figure 83. Genèse d'une dépression.....	127
Figure 84. Genèse d'un anticyclone	127
Figure 85. Genèse d'un vent synoptique	128
Figure 86. Genèse d'une brise thermique de jour	129
Figure 87. Genèse d'une brise thermique de nuit	129
Figure 88. Vocabulaire des marées, mis en situation.....	132
Figure 89. Genèse des marées : influence de la Lune (schéma sans échelle).....	133
Figure 90. Genèse des marées : interaction du Soleil de la Lune (schéma sans échelle)	133
Figure 91. Captures d'écran du site https://maree.shom.fr/	134
Figure 92. Courbe des marées, en abscisse régulière.....	135
Figure 93. Courbe des marées, en abscisse irrégulière.....	135
Figure 94. Résultat du calcul de marées.....	137
Figure 95. Différents types de marées (adapté de https://www.shom.fr).....	138
Figure 96. Point d'intérêt, au large d'Ambleteuse	139
Figure 97. Construction et interprétation d'une rose des courants (en heures marées)	139
Figure 98. Relevé des courants par le SHOM (un point par relevé, vitesse maximale allant du noir au jaune).....	141
Figure 99. Contrecourants dans un chenal naturel	142
Figure 100. De la réalité aux cartes marines (bas) ou terrestres (haut)	143
Figure 101. Anse de Kerduel, près de La Trinité-sur-Mer (56).....	144
Figure 102. Le courant de la Jument, dans le Golfe du Morbihan (56), en carte et en vue satellite	145
Figure 103. Balises cardinales mises en situation	147
Figure 104. Exemple typique de balise cardinale Sud, à St Philibert, Morbihan.....	148
Figure 105. Marques latérales	148

Figure 106. Exemple typique de balise bâbord, accès au port de La Trinité sur Mer, Morbihan	149
Figure 107. Marques ponctuelles (de G à D) : danger isolé, marque spéciale, eaux saines.....	149
Figure 108. Marques ponctuelles (de G à D) : danger isolé, marque spéciale	150
Figure 109. Navigation côtière en l'absence de signalisation.....	151
Figure 110. Navigation côtière avec chenal d'accès à la plage.....	152
Figure 111. Navigation côtière avec chenal et zone de baignade	153
Figure 112. Navigation dans les mouillages	156
Figure 113. Dangereuse bande de rochers à St Philibert (56)	157
Figure 114. Les parcs à huitres, en théorie et en pratique à Carnac (rouge : zones non cartographiées)	159
Figure 115. Parcs à huitres non cartographiés à côté du chenal de La Trinité-sur-Mer	159
Figure 116. Exemple de position pour hisser la grand' voile	160
Figure 117. Renverser le catamaran à terre	161
Figure 118. Hisser la GV avec le système de hook le plus répandu	162
Figure 119. Affaler la GV avec le système de hook le plus répandu	163
Figure 120. Hisser la GV avec le système de hook des HC14, HC16 et Twixxy	164
Figure 121. Affaler la GV avec le système de hook des HC14, HC16 et Twixxy	164
Figure 122. Hisser la GV avec le système de hook des HC Tiger et Fx-One	165
Figure 123. Affaler la GV avec le système de hook des HC Tiger et Fx-One.....	165
Figure 124. Exemple d'enroulement du palan de GV (auteur inconnu).....	166
Figure 125. Cames de safran du HC 16	167
Figure 126. Réglage des cames de safran	169
Figure 127. Conditionnement des coques	170
Figure 128. Restauration des éclats	171
Figure 129. Restauration des éclats	172
Figure 130. Traverse en aluminium usée.....	173
Figure 131. Insertion de profils comparables dans la traverse.....	174
Figure 132. Maintien du collage.....	175
Figure 133. Remorque utilisant une mise à l'eau	176
Figure 134. Remorque une fois démontée.....	177
Figure 135. Exemple de transport d'un mât de 8,5m	178
Figure 136. Bers légers fabriqués à l'aide de frites	178
Figure 137. Avaleur de spi maison	180
Figure 138. Poulie au mât.....	180
Figure 139. Poulie en bout de tangon.....	181
Figure 140. Poulie double.....	182
Figure 141. Winch	182

Figure 142. Barre de redressement, repliée	184
Figure 143. Barre de redressement, dépliée.....	184
Figure 144. Schéma des cordages de la barre de redressement.....	185
Figure 145. Barre de redressement, repliée	186
Figure 146. Barre de redressement, dépliée.....	186
Figure 147. Utilisation d'un double anneau de réglage	187

A travers **191 pages** et **147 illustrations** originales, vous apprendrez dans ce cours tout ce qu'il faut savoir pour naviguer en catamaran de sport. L'approche proposée par l'auteur permet d'apprendre les éléments pratiques de base, puis d'améliorer sa pratique par la compréhension de la théorie, sans jamais se noyer dans des éléments théoriques inutiles à la pratique. Ce cours bénéficie de nombreuses innovations didactiques.

La première partie s'intéresse à la **préparation du catamaran à terre** (description, grément d'un spi, équipement de sécurité).

La deuxième partie décrit la **pratique de base et les manœuvres** (allures et réglages, virement de bord, empannage, ressalage, prise de mât, homme à la mer, marche arrière face ou dos au vent, départs et arrivées de plage, arrêt à la cape, remontée au vent, descente sous le vent, spinnaker et gennaker, navigation en solo).

La troisième partie apporte les **éléments théoriques utiles pour améliorer la pratique** (vent réel et apparent, fonctionnement des voiles, réglage fin des voiles, forces de translation, couples de rotation).

La quatrième partie traite de l'**environnement de navigation** (vents, marées, courants, cartes marines, balisage, priorités, milieux particuliers).

Enfin, la dernière partie s'intéresse au **matériel**, sa compréhension et son entretien (safrans, *hooks*, *gel coat* et peinture, mise à l'eau, kit spi, barre de redressement).

