

Tout savoir sur les voiles



TECHNIQUE

Conception et fabrication.
Bien choisir ses voiles.



PRATIQUE

Réglages en croisière et en course.
Les conseils du maître voilier.

Et demain ?
Ailes, automatisation :
les nouveaux défis.



Voiles et Voiliers est édité
par SERNAS SAS, capital 530 000 euros.

Associé unique, Président : SOFIOUEST.

Directeur de la publication :

Jean-Paul Boucher.

Directeur délégué : Pierre Lavalier.

Secrétaire générale : Véronique Le Troadec.

Directeur de la rédaction : Didier Rapon.

RÉDACTION DES HORS-SÉRIES

Rédacteur en chef : Frédéric Augendre.

Secrétaire générale de la rédaction :

Michèle Hors.

Secrétaires de rédaction :

Sophie Berteloot, Véronique Cheneau.

Conception graphique : Alexandre Chenet.

Couverture : Rachel Collet

et Christine Bouleau.

Rédaction : Pierre-Marie Bourguinat,

Véronique Cheneau, Loïc Le Bras,

Gilles Martin-Raget, Michel Sauget,

Jean-Baptiste Ternon et Eric Vibart.

Illustrations : François Chevalier.

ADMINISTRATION-DIFFUSION

Assistante de direction :

Bénédicte Sainson.

Assistante de la promotion :

Amandine Larragnague.

PUBLICITÉ

Directeur de la publicité : Patrice Lindet.

Directeur de clientèle : Philippe Engel.

Chef de publicité : Ludvine Rocca.

Maquette publicité : Florence Hévin.

Distribution : SAS Presstalis,

30, rue Raoul-Wallenberg,

75931 Paris Cedex 19.

Marchands de journaux :

SIP, M. Ribaux, 01 42 36 80 91.

Photogravure : Richard Roussel.

Imprimerie : Maury, 45300 Manchecourt.

Dépôt légal août 2014, n° 191497.

Commission paritaire n° 1016K80845.

ISSN n° 1168-0555.

Copyright Voiles et Voiliers 2014.

Imprimé en France.

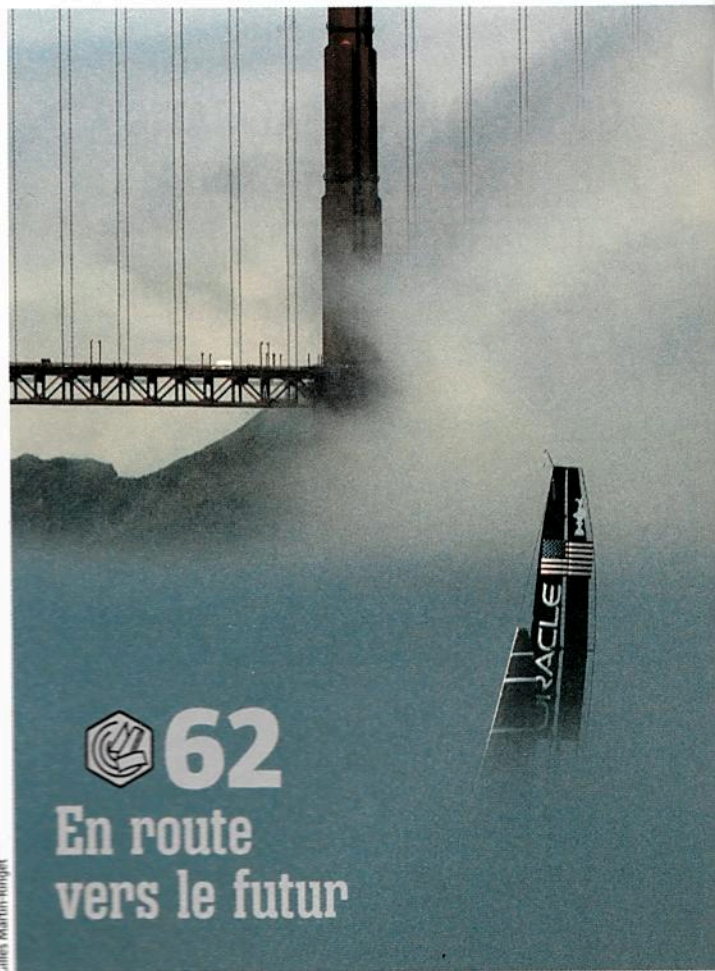
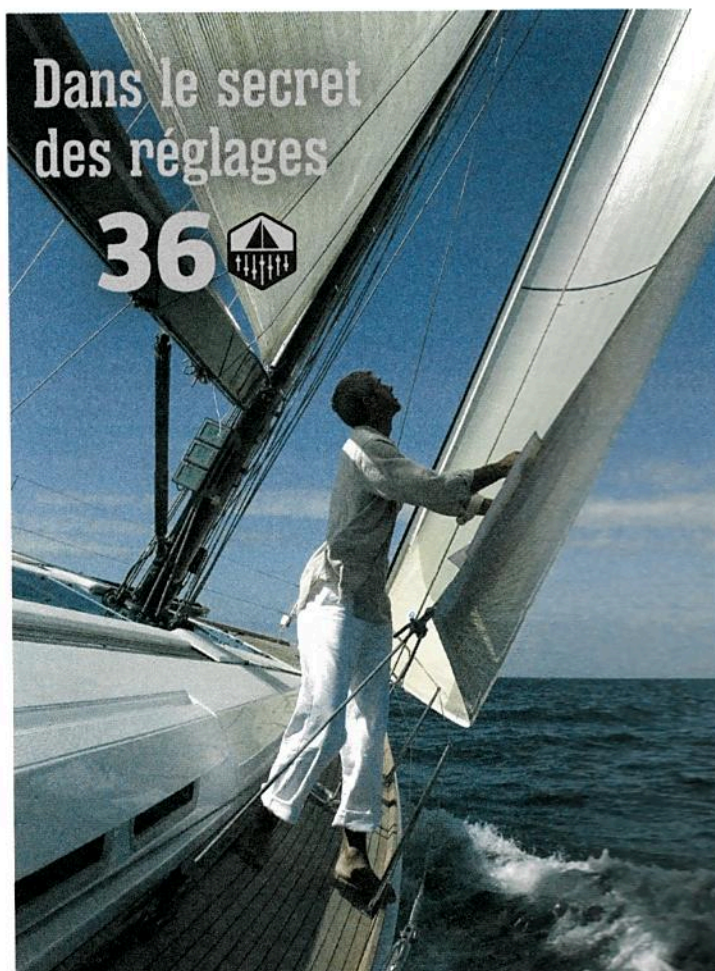
Toute reproduction, même partielle, des textes et illustrations est interdite sans accord préalable. La revue Voiles et Voiliers n'est pas responsable des textes, dessins, photos et illustrations qui lui sont envoyés sous la seule responsabilité de leurs auteurs. Les citations de marques et les adresses qui figurent dans les pages rédactionnelles sont données à titre d'information, sans aucun but publicitaire. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et aux organismes liés contractuellement avec Voiles et Voiliers, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

Jouer avec le vent

Les voiles, a-t-on coutume de dire, sont le moteur de nos bateaux. L'allégorie touche juste, puisque les fines membranes que nous hissons sur nos gréements sont bien les propulseurs naturels de nos voiliers (ne qualifie-t-on pas l'engin bruyant et un peu sale en fond de cale de « moteur auxiliaire »), et l'image est séduisante : quoi de plus beau et fascinant qu'un mode de locomotion propre et insonore, utilisant pour seule énergie le vent ? Elle a malgré tout une limite. On ne hisse pas ses voiles comme on tournerait une clé de contact, pas plus qu'on ne régule leur puissance par le simple jeu d'une manette des gaz, le maniement et le réglage des voiles relèvent d'un savoir-faire, qui s'enrichit sans cesse des situations vécues et de l'expérience. Et cela nous va bien comme cela. Il ne s'agit pas de se poser en nostalgiques plaidant pour le retour généralisé en plaisance du grément aurique et du cap-de-mouton ni de ronchonner contre les progrès des matériaux et des coupes de nos voiles, des gréements qui les portent et de l'accastillage permettant de les manœuvrer. Bien au contraire, et tant mieux si sous leur garde-robe moderne les bateaux sont plus rapides, plus réactifs, plus sûrs et plus faciles. Il s'agit juste de dire combien c'est gratifiant d'être acteur de sa progression sur l'eau, de mobiliser ses méninges pour comprendre le vent, les vagues, les réactions de la carène, et d'en déduire des actions intelligentes sur ses réglages, plus ou moins subtils, plus ou moins nombreux, selon le bateau et le programme de navigation. Ce n'est pas qu'une obsession de régatier collé aux brins de laine sur son foc, c'est la préoccupation de tout marin soucieux de l'équilibre de son bateau, du plaisir de son équipage et de la sûreté de la navigation. Tout n'est pas forcément rationnel, il y a parfois du mystère dans la pertinence d'une configuration ou l'efficacité d'un réglage, tout cela peut parfois sembler un peu magique. Cela mobilise notre sensibilité, et cela nous porte. Pour autant, ce n'est pas si sorcier. Cela ne relève pas d'un savoir académique, même si la compréhension de quelques phénomènes physiques ne nuit pas. Il est possible de parler de la conception des voiles, des matériaux qui les composent, de leur utilisation et de leurs évolutions futures en termes simples, pratiques, de façon à rapporter cette séduisante complexité du moteur de nos bateaux à sa vraie valeur, celle d'un jeu passionnant.

Frédéric Augendre



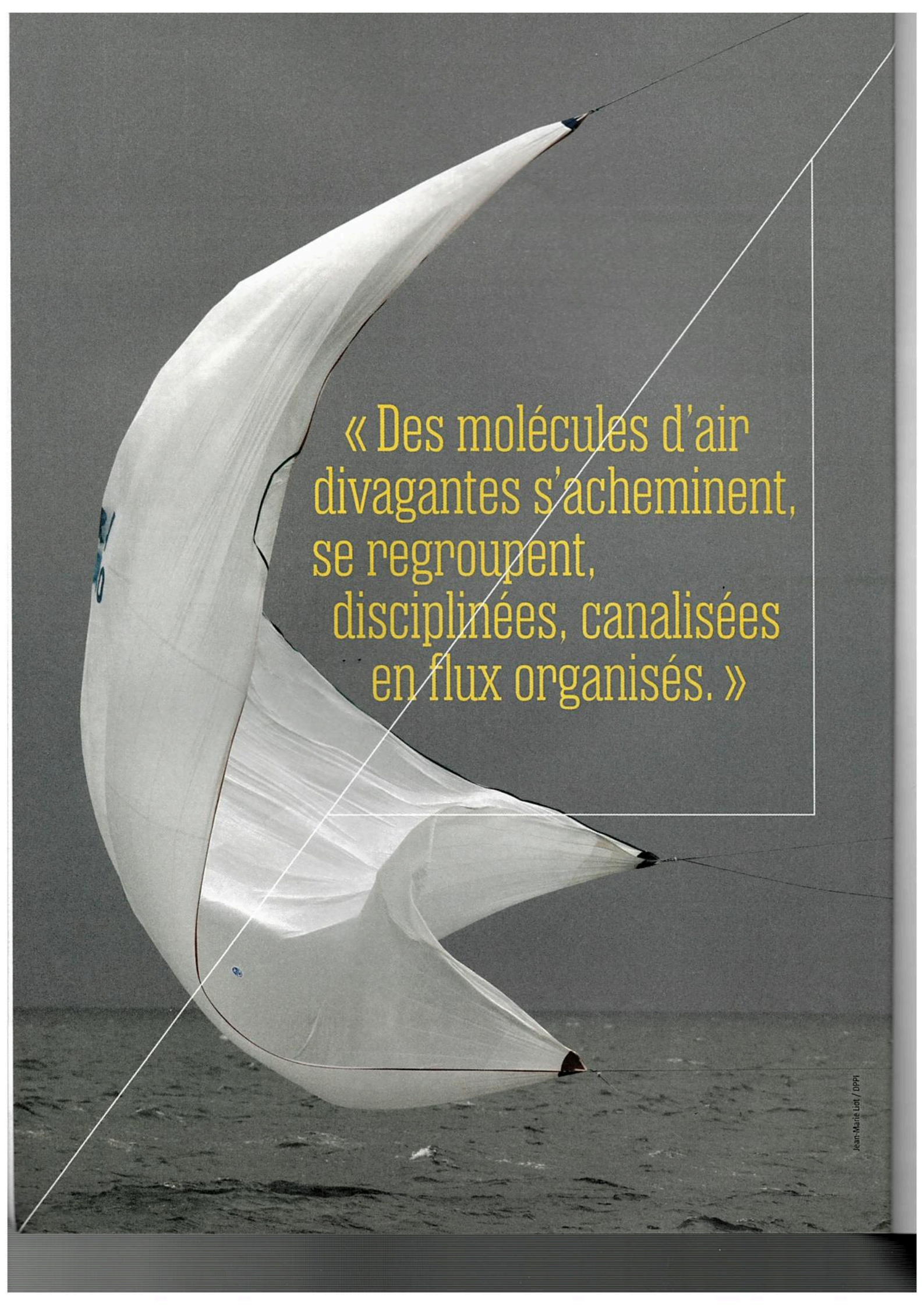


Dans le secret des réglages

L'aérodynamique des voiles	38
Observer et comprendre son plan de voilure	42
Les outils du régleur	44
<i>Le point de tire - L'écoute de foc - Le rentreur - Le barber-hauler - La drisse - La barre d'écoute - Le palan d'écoute - Le cunnigham - L'étai - Les haubans - Le pataras - La bordure - Le hale-bas.</i>	
Le langage des penons	46
<i>Penons de guindant et de chute sur le foc et la grand-voile.</i>	
Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les réglages sans jamais oser le demander	49
<i>Les conseils du maître voilier Michel Sauget, de Delta Voiles. Cap ou vitesse? - Régler d'abord le foc ou la GV? - Au près dans le clapot - Modifier le vrillage - Le vent monte - Comment aborder une risée - La barre devient dure - On réduit d'abord la GV ou le foc? - Le cas du génois sur enrouleur - Des plis dans la grand-voile - Du bon usage du hale-bas de bôme - La GV dévente le long du mât - Intérêt des voiles full-batten - Le petit temps - Le bateau roule au portant - Sous spi - Contrer une tendance à l'abattée - Au vent arrière sous spi asymétrique. Et aussi : Gradient et vrillage - Près océanique - Triangle avant et recouvrement - Barrer à la lame - Entretenir et préserver ses voiles.</i>	

En route vers le futur

Ailes souples, voiles épaisses : un nouveau paradigme pour la plaisance	64
<i>Le gréement Matin bleu face au gréement Omer Wing Sail.</i>	
L'aile rigide, ou la voile sous son meilleur profil	71
<i>Retour sur la Coupe de l'America avec Francis Hueber, du team Oracle.</i>	
Les cerfs-volants et la loi de la traction	78
<i>Le Kiteboat de Dan Montague - L'expérience de Lalou Roucayrol - Entretien avec Yves Parlier.</i>	
Intelligentes comme des voiles	80
<i>Des penons électroniques au full-automatic.</i>	



« Des molécules d'air
divagantes s'acheminent,
se regroupent,
disciplinées, canalisées
en flux organisés. »

Un univers infini

Par Eric Vibart

Pourrait-on imaginer un monde sans voile, sans vent, sans vie? Distinguées depuis le rivage, représentées, virgules blanches sur les horizons des peintres, les voiles ont une puissance évocatrice immédiate. A elles l'élan d'apparente liberté, la destinée vagabonde des voiliers, à elles l'énergie native et la mise en jeu des forces qui les font évoluer.

Border une voile faseyante : des molécules d'air divagantes s'acheminent, se regroupent, disciplinées, canalisées en flux organisés. D'une simple traction d'écoute, parfois à peine perceptible, l'amateur de voile donne ordre et sens : son voilier s'élance, s'incline, gagne en vitesse et devient point de convergence des efforts. Un bateau sous voiles, c'est d'abord une respiration continue, une recherche permanente d'équilibre. Exigeante et ludique, cette adaptation continuelle est si prenante qu'elle peut suffire à aiguïser la sensibilité pour une vie entière.

Si chaque navigation apporte sa part d'enrichissement entre apprentissage et découverte, c'est à la voile qu'elle le doit, bien plus qu'au bateau lui-même. La coque est corps flottant ; la voile, esprit aérien. Elle est l'anima latin – souffle et âme – qui donne sens et but. Si la carène, c'est «être porté par», la voile, «c'est être entraîné vers», principe dynamique vital. Si le bateau contient une part consciente de réalité, la voile condense ses représentations oniriques par ses palpitations, ses mouvements prompts à déjouer l'analyse. Un virement de bord, et la lumière change, l'environnement bascule, avec de nouveau un temps d'adaptation pour regagner équilibre et allure régulière. Le champ des réglages s'étend à l'infini et l'on peut en discuter des heures en vieux

philosophes d'écoles opposées. Comme les livres, les voiliers sont là pour ouvrir la connaissance et aiguïser la subtilité.

Il y eut dans les années 1950 d'éphémères essais de voiles de compétition en film transparent, voiles absolues, mimétiques, évoluant immatérielles dans le vent invisible, une fois établies déformant à peine les paysages aperçus par transparence en arrière-plan. Il y eut des voiles à fentes, à tuyères, à trous, à volets... Dès les années 1890, on hissa des «pots à fumée» dans les gréements, on en fixa à bout de perche en avant des bateaux pour matérialiser les mouvements de l'air, esquisser une compréhension des écoulements avant le temps des souffleries. On réfléchissait à la matière même : au temps des voiles en coton, en régate par bon vent, il arrivait qu'à grands coups d'écope certains équipages balancent de l'eau dans les voiles pour diminuer la porosité du tissu. On se souvient aussi que le peintre impressionniste Caillebotte créa la révolution avec des voiles translucides, arborant à bord de *Condor*, son clipper de la Seine, une ruineuse voilure en simili-soie pour temps légers. Nos bateaux étaient alors exotiques : le bon coton à voiles venait d'Égypte, l'acajou des coques du Honduras et le spruce des espars du Canada.

Mais il fallait comprendre à toute force. Gustave Eiffel, le premier, travailla sur les «effets de plaque», la résistance au vent des ouvrages d'art qui l'avaient tourmenté toute sa vie d'ingénieur puis, créant une première soufflerie, sur les profils et leur vrillage pour répondre à la demande de l'aviation naissante.

Dans l'entre-deux-guerres, à 25 ans, le jeune Américano-Bavarois Manfred Curry reprit les travaux d'Eiffel et fut le premier

à aborder scientifiquement l'effet du vent dans les voiles, à théoriser les formes, les effets et les réglages. Lu par tous les régatiers du monde, il rationalisa jusqu'à l'image poétique, usée jusqu'à la corde, de la voile comparée à une aile : «La voile ouvre son aile, la brise va souffler! [...] J'ai pour lest une orange, pour voile une aile d'ange...» (Théophile Gautier).

On doit beaucoup à Curry : mâts-ailes et mâts tournants, imposition du génois, dérives angulées dans leurs puits, safrans à profil déformable, voiles entièrement lattées, spi à tuyères et même taquets coincideurs. Manfred Curry nous a fait sortir de l'innocence et, aujourd'hui, avec la venue des profils épais, la voile est devenue aile et l'aile... voile.

Depuis un siècle, recherches et expérimentations n'ont jamais cessé, mais sans que les voiles perdent pour autant leur aspect symbolique et leur force émotionnelle. Récemment, avec les voiles laminées, on a gagné à l'emploi des termes de «peau» ou mieux encore de «membranes», qui suggèrent un rôle organique, respirant, un échange cellulaire pour des voiles en liaison intime avec le corps du bateau. La voile résiste dans ses symboles aux assauts de la science. Avec ses nouveaux matériaux : carbone, Technora, Spectra, Kevlar, le voilier a gagné en pureté formelle et n'a rien perdu de ses promesses de rupture et de régénération. Le bateau, comme une licorne échappée d'un bois sacré ou un violoncelle dans la pénombre, garde une charge lyrique naturelle dont la voile magnifie la portée. Et tout navigateur s'acheminant vers le port, hissant la toile, manœuvrant et peaufinant ses réglages peut s'exclamer comme Rimbaud : «Mais que salubre est le vent!»

MAÎTRE VOILIER

Par Eric Vibart

Photo Laurent Charpentier



ÉRIC VARIN

La voilerie artisanale a toute sa place

Entreprise familiale, la Voilerie Granvillaise figure parmi les fabricants hors réseaux où rien n'est sous-traité. Du dessin à la finition, Eric Varin assisté de cinq à sept collaborateurs produit des voiles en lien direct avec ses clients.

Voiles et Voiliers : Votre plancher est sur le port même de Granville et vous pratiquez la vente directe, est-ce encore viable dans le paysage actuel de la voilerie?

Eric Varin : Chez nous, rien n'est sous-traité. Je dessine les voiles avec les mêmes logiciels que l'ensemble de la profession et il utilise également un logiciel

de structures qui permet de calculer les efforts. Nous disposons d'une table de découpe : on assemble, on fait toutes les finitions, on livre, on tient nos plannings. Nous, petites voileries – et je ne parle pas seulement pour moi –, n'avons qu'une solution pour exister sur le marché : la qualité et le service. Après, sur les prix on

peut toujours se battre. En l'occurrence, la vente directe nous permet d'avoir des prix bien placés. Car on n'est pas non plus artisans d'art. On ne peut pas vendre une voile trois fois son prix ! Il faut qu'on tienne la route économiquement mais sans jamais baisser la qualité. Là, on est bons. Si on s'expose sur les prix, on fait baisser la qualité et on est mort.

V.V. : Vous considérez-vous encore artisan?

E.V. : Si être artisan signifie avoir une proximité avec le client, mettre un nom, un bateau, une définition sur chaque travail, ma voilerie est encore artisanale, car nous ne vendons pas de produits venus d'ailleurs. Mais nos clients ont besoin d'être rassurés sur la qualité, le savoir-faire, sur la production, le SAV. Plus personne n'accepte d'attendre son devis ou sa voile trois mois. Un très bon outil est notre site Internet qui permet d'obtenir un premier devis en temps réel. Et puis nous sommes

« Il faut continuer à travailler sur des produits plus accessibles en utilisation et en réglage.

naturellement éco-responsables. Les bons tissus sont fabriqués en Allemagne. A qualité équivalente, si on fait fabriquer une voile en Chine, le tissu va d'Allemagne en Chine, puis de Chine en France. Cela peut paraître marginal, mais l'empreinte écologique n'est pas identique à celle d'une voile réalisée à Granville!

V.V. : Peut-on aujourd'hui encore demeurer hors réseaux?

E.V. : On m'a plusieurs fois proposé de m'appeler «Stroumpf-Granville»... Mais aujourd'hui je préfère fabriquer des voiles plutôt que de passer mon temps à en réparer en raison d'un panonceau de concessionnaire. Même si la réparation fait partie de notre métier, ce n'en est qu'une des composantes. Je reconnais que techniquement et économiquement nous sommes un peu seuls dans notre coin, notamment pour obtenir des tarifs intéressants lors des achats. Mais j'œuvre pour que des voileries de taille identique et structurellement indépendantes se rapprochent. Ne serait-ce que pour se dire qu'on n'est pas concurrents mais collègues. Les Chinois, eux, sont nos concurrents, ils nous attaquent sur les marges auprès de gens qui achètent un prix plus qu'une voile. Je vois des voiles chinoises en réparation. Je ne les refuse pas mais vu le montant de la facture que ça représente, je sors généralement au client un devis pour la même voile faite chez nous : «Voilà, chez moi cela vous aurait coûté tant. C'est 15% plus cher, mais c'est le prix du travail, de la qualité et vous ne seriez pas revenus si vite en réparation.»

V.V. : Mais s'adresser à un réseau bien établi est peut-être commercialement et techniquement plus rassurant...

E.V. : Par rapport à un réseau, le client d'une voilerie artisanale n'a aucun déficit en matière de conception, de recherche et développement. En revanche, quand une voilerie est en réseau ou qu'elle est importante, chaque employé peut s'impliquer dans une série, dans un modèle de bateau. Moi, je n'ai que cinquante-deux week-ends dans l'année, une femme, des enfants, et je n'ai pas la disponibilité pour faire à la fois du J80, du Formule 18, du Moth à foils ou du Class America! Cela explique que sur les séries de course les grosses voileries dominent. Lorsque j'avais un IMX 40, on faisait beaucoup d'IRC et on a développé les voiles de Class 40. On a également dessiné un spi de Formule 18 qui marche super bien. C'est là où le principe de mutualisation avec des voileries comparables, même si c'est informel, fonctionne bien. Olivier Tarot, voilier aux Sables d'Olonne, fait telle série, si on me demande une voile de cette série, il me file son dessin et moi je lui file mon dessin de spi de Formule 18... Ne réinventons pas la roue tous les jours!

V.V. D'où vient votre clientèle?

E.V. : Je livre des voiles dans toute la France et même à l'étranger. Granville représente 5% de mon chiffre.

V.V. : Donc, on peut vous commander une voile pour un bateau qui se trouve à La Grande-Motte?

E.V. : Bien sûr. Si on a un peu de marge, je fais une tournée, soit pour la prise de cotes, soit pour la livraison. Si je prends les cotes, je sais ce que je fais. Si c'est le client qui a pris ses cotes, je veux voir à la livraison si tous les détails collent bien. L'historique d'une base de données est précieux. On a dû faire une trentaine de voiles de First 26, par exemple. Si les

cotes sont prises par le client, on vérifie tout de suite si on est dans les normes. En cas de souci, on fait revenir par transporteur. Avec les appareils photo, Internet, les smartphones, on a de nombreux moyens d'analyse et de contrôle à distance.

Avec le Dacron, le taux de renouvellement constaté est d'environ quinze ans. A condition de bien entretenir et protéger ses voiles. Nous produisons environ 15% de voiles de course, 55% de voiles de croisière et 30% de voiles pour des unités de plus de 60 pieds. Cette part de notre activité tournée vers les gros bateaux s'explique parce que c'est un tout petit milieu où le bouche-à-oreille fonctionne très bien, notamment parmi les charters. L'an dernier, nous sommes intervenus sur un bateau aux Antilles qui avait démâté : on a mis le mât et les voiles en conteneur et on est allé sur place. Je n'hésite pas à faire des kilomètres et de l'avion!

V.V. : Comment voyez-vous l'avenir?

E.V. : Il faut continuer à travailler sur des produits plus accessibles en utilisation et en réglage. On est passé du génois sur mousquetons avec de beaux profils au génois sur enrouleur qui a un rendement un peu moindre mais qui s'est imposé par sa facilité. Il va falloir poursuivre dans ce sens-là, faciliter la vie à bord quitte à abandonner des performances. Comme beaucoup de voiliers, je viens du monde de la course, et je me suis mis à découvrir les plaisirs de la croisière en famille. Je constate que parfois je ne mets pas la grand-voile, que je navigue sous spi seul, que je ne ferme pas le lazy-bag à chaque fois, parce que la bôme est haute. Il faut développer des produits qui rendent le bateau convivial. Mais, de toute façon, on ne pourra jamais transiger sur la qualité. ▲



MAÎTRE VOILIER

Par Eric Vibart

Photo Thierry Martinez

ALAIN LEROUX

Le joker des voileries

Homme de l'ombre, il dessine des voiles pour les petites structures qui ne disposent pas de cette compétence en interne. L'émergence de ce type de profil traduit une véritable évolution du secteur.

Seul designer de voiles indépendant du marché français, Alain Leroux travaille pour les professionnels du secteur. Ancien maître voilier formé chez Tasker dans les années soixante-dix, il fut cofondateur de la société Technique Voiles, qui contribua à équiper les multicoques de course des années quatre-vingt : Paul-Ricard, Royale, Brittany Ferries... Alain Leroux travaille ensuite au programme voiles du défi Ville-de-Paris lors de l'America's Cup 1992, qui ira jusqu'en demi-finale de la Louis Vuitton

Cup. A la suite de ces expériences, le voilier s'interroge sur l'avenir de l'activité, avec ce double constat : l'existence d'un grand nombre de planchers d'une part, et un marché en pleine mutation du fait de la délocalisation, d'autre part. Vient alors le projet de créer un cabinet d'études externalisé avec la volonté d'apporter une ingénierie haut de gamme aux professionnels de la voilerie. «Aujourd'hui, tout le monde travaille en flux tendu, explique Alain Leroux. Les voileries n'ont pas ou peu de stocks de tissus et pas de frais d'investissement important sur les machines de découpe. Pour les petites structures où le patron fait l'accueil des clients, la production, la facturation, déléguer le dessin de voile est une façon de se libérer l'esprit avec une grande sûreté dans l'exécution, car avec l'informatique, ce qui est dessiné est découpé au millimètre près.»

Alain Leroux fait partie de ces experts prestataires de services, indispensables

mais aux interventions parfois passées sous silence par les enseignes commerciales, tout comme des concepteurs de mâts carbone (Illy Brummer), des développeurs de logiciels de CAO et de système embarqués de visualisation des voiles (Antoine Bonnaveau avec Sailpack et Sail Vision) ou de petites unités effectuant de la modélisation et des préformes pour les grands chantiers.

«Je suis consultant et concepteur, détaille Alain Leroux. Par exemple, auprès du chantier JPK, je travaille en amont avec l'architecte Jacques Valer pour la définition du point de jauge. Il me consulte, mais joue son rôle pleinement. C'est lui qui définit le "J", c'est-à-dire la position du mât par rapport au bateau, tout comme il le fait pour les grands équilibres du voilier. Moi j'interviens ensuite sur des notions plus fines, pour faire évoluer la forme en plan des voiles. La forme en plan, ce n'est pas la forme 3D mais la manière dont les ronds



« La voilerie va encore se rationaliser. »

– les ronds de chute notamment – vont être utilisés par rapport à une jauge. Là, on entre dans un domaine pointu qui touche à l'optimisation de la jauge telle que le permet l'IRC. Cela signifie par exemple que d'un JPK 10.10 à un autre, en fonction de son utilisation (participation à la Transquadra ou navigation en équipage), on aura des points de jauge différents. La répartition foc/grand-voile ne sera pas la même, les surfaces de spi ne seront pas identiques. Ces bateaux étant proposés avec quille plate ou quille à bulbe, monsafran ou bisafra, cela fait évoluer le point de jauge et chaque fois l'approche est différente.»

Aujourd'hui auto-entrepreneur, Alain Leroux est entouré d'architectes, de constructeurs, de voiliers et de coureurs qui lui font remonter des informations lui permettant de progresser sans cesse dans son métier. Coureur lui-même – on l'imagine régleur très sollicité –, il n'est jamais éloigné de son sujet. Après avoir beaucoup régalé en JPK 9.60 et 10.10, on l'a vu à bord du A35 Prime Time dont l'équipage a gagné l'Obelix Trophy, le Spi Ouest-France et le Fastnet en 2009. Il navigue actuellement à bord de Brittany Drizzle, ancien half-tonner de Bernard Fournier Le Ray, qui a remporté le Spi Ouest en IRC en 2014, pour la deuxième année consécutive.

Des demandes spécifiques

Au-delà des voiles de compétition, une part importante de l'activité d'Alain Leroux est constituée de travaux sur des voiles de croisière. Il n'est plus un secret que les jeux de voiles proposés en première monte par les grands chantiers sont de piètre qualité par nécessité de contenir les tarifs. Il est donc fréquent que les plaisanciers voulant du bon matériel fassent exécuter leurs voiles

par leur propre voilerie, laquelle peut faire appel à Alain Leroux pour dessiner un jeu de voiles personnalisé.

« Des petites voileries de quatre ou cinq personnes, avec une forte implication régionale, font appel à mes services et sortent les produits adaptés à une demande spécifique après une imprégnation – c'est le mot souvent employé – du programme de navigation et des désirs du client. Je peux ainsi être amené à dessiner des voiles d'Océanis ou de Sun Odyssey différentes parce que certains considèrent que le génois enrouleur n'a pas à avoir un trop grand recouvrement, que des voiles full-batten peuvent être améliorées de différentes façons... Je peux avoir des modèles de voile extrêmement différents avec les mêmes bateaux. » A l'inverse, deux plaisanciers avec les mêmes programmes et des demandes similaires faisant appel à des voiliers différents peuvent tout à fait obtenir un même jeu de voiles sans pour autant savoir qu'Alain Leroux en est l'auteur !

Le designer conçoit des voiles pour des voileries françaises mais aussi pour des professionnels européens, belges, suédois ou espagnols. Certaines de ses voiles sont même réalisées en Chine.

« Le tissu intervient énormément dans le produit fini, et quand on parvient à faire fabriquer des voiles avec des tissus élaborés, on obtient en Chine des produits qui ne sont pas déshonorants, même si le prix est moins compétitif en raison du coût de la matière première. Une entreprise comme China Sail Factory est une formidable machine à produire, et le sous-traitant mondial de la profession. Aux Etats-Unis, il n'y a plus une voile blanche en Dacron fabriquée sur place. L'essentiel vient de Chine, de Malaisie ou du Sri Lanka. North a une unité de production au Sri Lanka

redoutable d'efficacité. Dès l'instant où ils utilisent des bons matériaux ils sont extrêmement compétitifs. Une voile de Melges 24 commandée en Angleterre ou à San Diego sera faite au Sri Lanka, et elle sera bien faite. » Rien qu'en France, le recours aux sociétés de découpe qui disposent de stock de tissus consignés par les fabricants (RCX à La Rochelle ou VMG, filiale de Soromap, à Rochefort) favorise un fractionnement et une délocalisation des tâches par sous-traitance. Sans parler des membranes 3DL et 3Di, toutes fabriquées par North Sails dans le Nevada, qui a réorganisé la production. Le métier de voilier se structure et s'organise : la voilerie Incidences a racheté le D4 pour continuer à exister par rapport au groupe North. North, de son côté, appartenait à Terry Kolher, homme d'affaires américain, et qui vient de s'en séparer. On est dans une forme moderne, capitaliste du secteur qui suit une évolution qui va de pair avec l'externalisation.

L'atout des petites structures

« La voilerie va encore se rationaliser, conclut Alain Leroux. Peut-être faut-il s'attendre encore à des groupements. Beaucoup de voileries reçoivent des voiles finies ou à demi-finies, avec une activité souvent annexe de gréement, de pose d'enrouleurs, ce qui permet de générer un chiffre d'affaires. Dans ce cadre, la profession garde un certain avenir pour des petites structures de quatre à dix personnes. Et cela donne toute son importance à la qualité du dessin, car si la voile est bien faite, la différence va se faire sur la qualité des finitions mais aussi beaucoup sur la qualité du dessin en amont. C'est un point sur lequel professionnels et plaisanciers commencent à être sensibilisés. » ▲

MAÎTRE VOILIER

Par Eric Vibart

Photo Laurent Charpentier



BERNARD MALLARET

De la régate à la plaisance

Coureur émérite et maître voilier, Bernard Mallaret, gérant du groupe Delta Voiles, témoigne d'un secteur qui a changé de visage. Multiple vainqueur du Tour de France à voile, concurrent de la Route du Rhum, 4^e de la Transat Jacques Vabre 1999, son palmarès fait de lui l'une des autorités du métier et l'un des voiliers les plus engagés dans la compétition.

Voiles et Voiliers : La voilerie, métier de tradition, est devenu très technologique. Comment en est-on arrivé là ?

Bernard Mallaret : Je suis entré dans le métier à la toute fin des années soixante-dix avec un bagage technique en génie mécanique. Il y avait alors des gens qu'on appelait maîtres voiliers, des artisans, des artistes qui fabriquaient des voiles au coup d'œil avec des ronds de guindant, des pinces dont on ne savait trop d'où elles sortaient. Certains étaient excellents, avec une expérience et un feeling extraordinaires. C'est comme cela qu'au début j'ai appris à dessiner des voiles. Je sais d'ailleurs toujours en dessiner de cette façon et cela peut encore produire de très jolies voiles !

V.V. : Mais la généralisation du Dacron dans les années soixante avait déjà marqué une avancée spectaculaire !

B.M. : Oui, mais pas pour le dessin et la découpe ! Or la première grosse mutation a été au début des années quatre-vingt, avec l'arrivée des premiers logiciels qui modélaient les voiles, en faisaient un volume en trois dimensions et calculaient le format



« Les idées viennent de l'expérience et de l'observation.

de chaque laize. Quasi simultanément sont arrivées les machines de découpe numérique. Delta Voiles a d'ailleurs été la première voilerie française à en être équipée. Avec quelques moments épiques, car c'était très lourd et complexe à mettre en œuvre. Aujourd'hui, aucune voile ne sort d'une voilerie qui n'ait été coupée par une machine. La deuxième grande révolution a été, à peu près dans les mêmes années, l'arrivée des tissus composites. Je me souviens avoir taillé mon premier génois en Mylar en 1980. Aujourd'hui, c'est monnaie courante, de nombreux bateaux de croisière utilisent des voiles composites. Enfin, la troisième révolution a été l'apparition des membranes au tout début des années 2000.

V.V. : Disposez-vous d'un service recherches et développement?

B.M. : Le département de recherche ouvre chaque soir à 19 heures et ferme à 6 heures du matin quand on se lève! Nous sommes une voilerie moyenne, on pourrait dire la plus petite des grandes et la plus grande des petites voileries! Dans l'ensemble du réseau, quarante personnes travaillent sous la marque Delta, dont quinze à la maison mère. Pour nous, la recherche ce sont des hommes qui payent de leur personne, ce qui nous a permis de créer des produits originaux comme le code D ou le Vortex. Les idées viennent de l'expérience et de l'observation. Le Vortex, génois à enrouleur polyvalent, est venu de l'observation d'une de nos collaboratrices, Valérie, qui a constaté que le maximum de clics sur notre site Internet portait sur la trinquette! On a réfléchi : pourquoi les plaisanciers s'intéressent-ils à la trinquette? On s'est dit soit on propose une trinquette extraordinaire, soit on dit

aux gens : «*Pourquoi vous prenez-vous la tête avec une trinquette? Parce que vous n'êtes pas content de votre génois? Et si on vous faisait un génois qui serve de trinquette?*» Et c'est ce qu'on a fait avec le Vortex. On a créé un génois avec une seconde amure 15% en arrière de la première, ce qui représente une surface réduite de 70% par rapport au génois déroulé. Roulée, la voile reste plate et le bateau remonte correctement au vent. On a réfléchi de même pour le code D, voile de portant sur emmagasineur, à mi-chemin entre le code zéro et le spi asymétrique avec une plage d'utilisation de 60 à 140° du vent.

V.V. : Comment s'opère l'échange entre compétition et croisière?

B.M. : Il n'y a pas deux approches distinctes. Nous nous sommes fixé une règle qui est de faciliter la voile. Concrètement, la maîtrise des formes et des réglages, c'est en course qu'on l'acquiert. Tout le monde en bénéficie, et on aime pouvoir dire à nos clients de croisière : «*On va vous faire des voiles faciles, mais qui vont aller un peu plus vite que celles de votre voisin de ponton.*»

V.V. : Vous ne vous investissez pas du tout en voile légère?

B.M. : L'Optimist est la seule série que nous suivons vraiment, une série historique sur laquelle on peut tout le temps réfléchir. On évolue, on aplatit, on creuse, on vrille... C'est une voile qui est en développement permanent. Et puis c'est aussi un bon moyen d'approcher les jeunes générations.

V.V. : Où se situe la force d'un réseau?

B.M. : C'est un choix stratégique de proximité de la marque sur les plans d'eau,

l'antithèse d'un achat de voile sur Internet. Nous fabriquons plus de 1000 voiles par an. Pour chacune, quelqu'un de chez nous a pris les cotes sur le bateau puis est venu à bord vérifier les détails, la position des renforts, etc. Ceci dit, je pense que la voilerie sur Internet a aussi sa place sur le marché, une formule renforce l'autre. Il se vend encore davantage de voiles par contact direct que par Internet, mais cela peut changer parce que les états d'esprit évoluent. Le gars qui achète une voile sur Internet sait qu'il la paie moins cher, mais sait aussi qu'il a des services en moins. A chacun d'évaluer ses besoins...

V.V. : Où situez-vous les domaines de progression de la voilerie contemporaine?

B.M. : La qualité est montée partout et la satisfaction est un enjeu primordial car le client est devenu plus précieux qu'avant. Ensuite, beaucoup se sont intéressés aux normes ISO, et même ceux qui ne sont pas allés jusqu'à la labellisation ont mis à plat l'ensemble de leurs processus de fabrication et cela a influencé la technique. Lorsqu'on vend une voile, la question est de savoir si elle va satisfaire le client pendant longtemps. Or la durée psychologique d'une voile tourne autour de sept ans, même si j'ai personnellement sur mon bateau une voile composite de quatorze ans. Tout dépend comment le client traite ses voiles. Le gars qui ne va pas reprendre son nerf de chute, qui va laisser fassayer sa voile, qui navigue au moteur avec le génois dans les barres de flèche va abréger la durée de vie de son matériel. Les matériaux nouveaux sont plus résistants quand on les utilise bien, mais se fatiguent plus vite quand on les maltraite. Ce n'est pas le cas d'un Dacron qui, bien utilisé, peut durer longtemps. ▲



MAÎTRE VOILIER

Par Eric Vibart

Photo Yvan Zedda



GAUTIER SERGENT

Au vent de la modernité

Designer de haut vol chez North Sails, après avoir travaillé en Nouvelle-Zélande sur les projets les plus prestigieux, il est aujourd'hui à Vannes au cœur des nouveaux développements technologiques de cette enseigne très internationale.

Cela pourrait débiter comme un conte de fées. Il était une fois un jeune homme passionné de voile, de musique et de vélo, du genre «bon-élève-sachant-s'amuser» étudiant à l'Institut des Sciences appliquées de Lyon. Vient, en fin d'études, la nécessité d'accomplir un stage. Voile ou vélo? Gautier Sergent adresse des CV aux entreprises

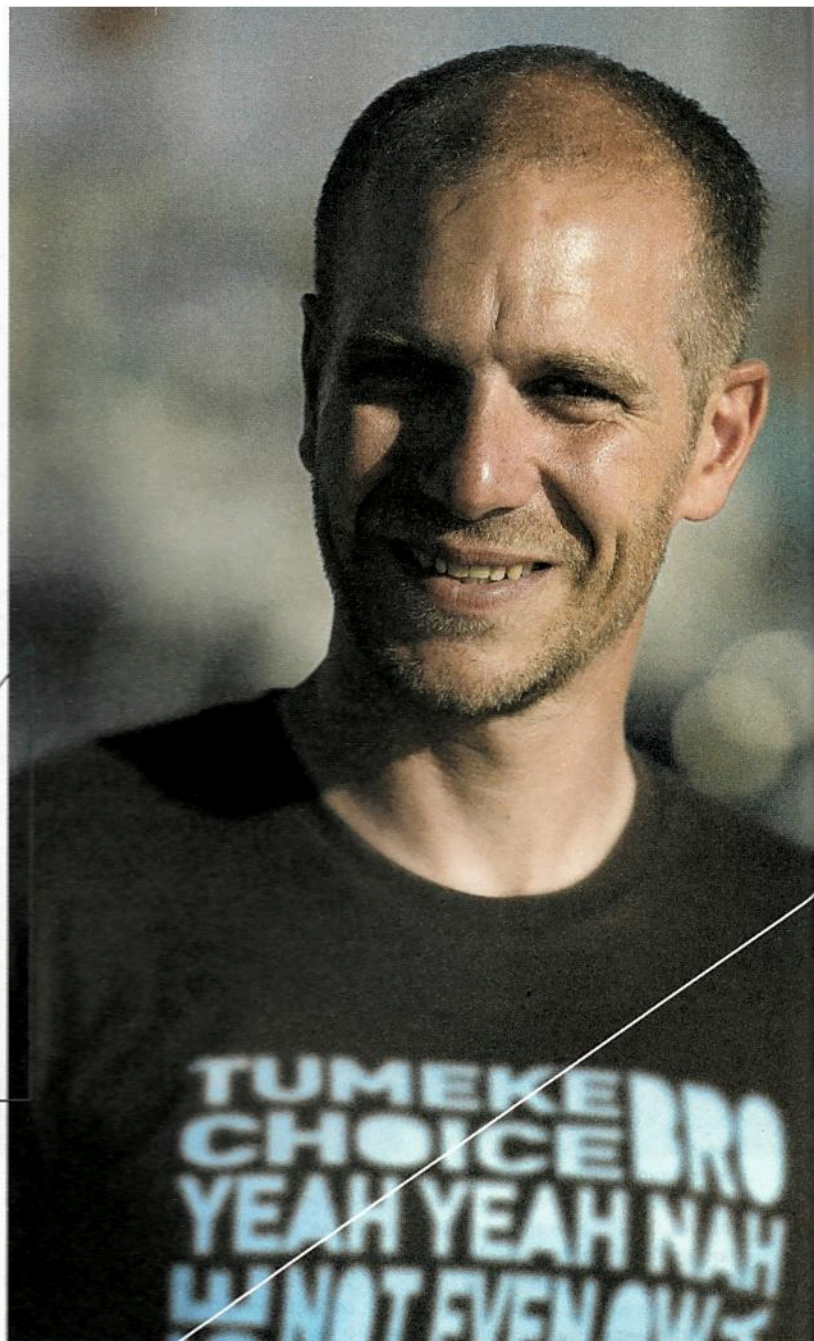
de pointe de ces deux secteurs, et, mieux qu'un séjour en entreprise, décroche une incroyable aventure : son profil retient l'attention de North Sails pour son unité néo-zélandaise. Bientôt, dans le cadre du Yacht Research Unit de l'université d'Auckland, le Frenchy travaille à la mise au point de modèles numériques de mécanique des fluides appliqués aux voiles. C'est le bon endroit, au bon moment : cette année-là, *Team New Zealand* remporte l'America's Cup pour la première fois. L'ingénieur de 23 ans ne se doute pas qu'il va demeurer onze ans en Nouvelle-Zélande.

Aujourd'hui, la liste des projets sur lesquels Gautier a travaillé est impressionnante : consultant pour Oracle BMW Racing, Victory Challenge, Team Origin, Groupama Sailing Team ou encore pour Artemis Racing lors de la 34^e America's Cup,

sans compter des études «aéro-élastiques» allant du Finn aux Imoca, TP 52 ou VOR 70 et aujourd'hui Volvo 65. Revenu en France comme responsable de la cellule recherche et développement de North Sails Europe, il est un incontestable agent du changement.

Des tissus à la "peau" dure

«Designer de voiles», l'innovant métier de Gautier Sergent, est à traduire de l'anglais. «Architecte de voiles, metteur au point de structures» donnerait une idée plus exacte de ses préoccupations. Après le 3DL dont le brevet est tombé dans le domaine public, c'est aujourd'hui le 3Di qui forme le fond de ses études et réalisations. Membranes composites flexibles, ces nouvelles voiles sont fabriquées en disposant dans des sens d'efforts précis des fibres high-tech à l'état filamentaire, lesquelles sont combinées, préimprégnées





« Les voiles moulées se répandent parmi les pratiquants de course-croisière.

puis moulées à chaud. Il en résulte des «peaux» précisément conçues, voiles de demain qui se rapprochent des qualités d'un plan porteur rigide, cumulant légèreté, stabilité de forme et durabilité. «On possède une longueur technologique d'avance, reconnaît Gautier Sergent, grâce aux investissements considérables consentis dans la recherche. C'est un cercle vertueux : les voiles sont performantes, les compétiteurs viennent à nous et participent à développer la technique.» Aurons-nous tous demain des voiles moulées? «Déjà, cela se répand parmi les pratiquants de course-croisière car les avantages sont nombreux, répond Gautier. Certes, les membranes sont plus chères, mais elles durent longtemps et participent à réduire le nombre de voiles. On gagne en longévité. L'investissement de base est plus lourd, mais deux-trois ans plus tard le produit n'a pas bougé. Un signe spectaculaire est la division par trois en dix ans du nombre de voiles à bord des bateaux de la Volvo Ocean Race. On est parti d'édition en édition avec une jauge qui autorisait 38 voiles en 2005, puis 24 en 2008, puis 17 dont 8 embarquées à chaque étape en 2011, puis aujourd'hui 11 pour le prochain départ. La dernière Volvo autorisait trois grands-voiles par bateau. A bord des Volvo 65 de la course à venir il n'y en aura plus qu'une seule!»

Plus que toute autre, les membranes composites sont devenues des voiles d'intellectuels. Une fois le cahier des charges défini avec l'équipage et les architectes du bateau débute un travail numérique en profondeur associant plusieurs logiciels, certains développés en interne, pour dessiner les voiles, déterminer l'orientation et la densité des fibres, déterminer un plan de drapage, placer les renforts. Ensuite,

Gautier Sergent ainsi que six autres dessinateurs du bureau d'études travaillent sur le couple aéro-élastique que forment voile et gréement. «Ce travail avec les architectes et la mise au point des gréements me fascine, témoigne Gautier, on arrive à des calculs de structures qui donnent accès à de nouveaux domaines. Pour des voiles de grande taille, il faut gagner en poids et en tenue de forme. Pour le dernier Banque Populaire (ex-Groupama 3, maxi-trimaran de 31,50 m; ndlr), on a divisé le nombre de lattes par deux, ce qui a réduit le poids de 20%!» Lors de ce couplage aéro-élastique sont simulées pressions et turbulences aérodynamiques pour cerner les déformations de la voilure et du gréement. La précision est si proche de la réalité que les essais en soufflerie, chers et pas toujours aussi précis, sont devenus marginaux.

Impression en 3D

Autre conséquence : la création d'une voile en 3Di s'opère beaucoup plus en amont que sur le plancher, où ne sont effectuées que des finitions sur des peaux brutes, toutes livrées depuis l'usine North du Nevada. Les crochets, les lattes en TPT (Thin Ply Technology, cousin rigide du 3Di), les renforts sont laminés dans la peau elle-même. «Les membranes arrivent de l'usine avec quasiment zéro défaut, entre autres grâce à des sondes de températures réparties sur l'ensemble du moule, précise Gautier. Sur le plancher, on place des coins en bouts épais collés sous vide, technique de collage composite qui distribue mieux la charge que la sangle cousue. D'ailleurs, le 3Di s'étend au-delà de la voilerie : ainsi en classe Ultime, le carénage des bras avant du trimaran Sodebo est en 3Di, tout comme des cloisonnements à bord de certains bateaux de compétition.

Les moules sur lesquels on fait fabriquer les voiles aux Etats-Unis sont un peu comme une imprimante 3D : on envoie des données en appuyant sur un bouton, et là-bas les moules sont conformés, les fibres fabriquées, disposées en nappes, et la voile moulée.» La fabrication d'une voile 3Di demande une vingtaine de jours. Schématiquement, la combinaison des fibres et leur réunion dure trois ou quatre jours. Il faut ensuite une journée pour les déposer sur le moule avec un «plotter» qui oriente les nappes de filaments, trois jours pour le moulage sous vide à température contrôlée suivi d'un temps de séchage incompressible de sept jours. «Il y a des petites différences d'emploi du matériau entre North Sails France et les entités anglo-saxonnes du groupe, fait observer Gautier Sergent. Les Anglo-Saxons privilégient la tenue, parfois au détriment du poids. Nous, nous cherchons à faire avant tout des voiles légères.»

Les nouvelles membranes sont peu fragiles et, en croisière, supportent très bien le pliage. «Les peaux sont fines, donc elles ne cassent pas, explique Gautier Sergent. C'est la même différence qu'entre du carton et du papier. Au pliage, le carton se déchire parce que le rayon de courbure des deux faces n'est pas le même. Le papier ne casse pas parce que les rayons de courbure des deux faces sont très proches. C'est la même chose pour le 3Di.»

Le bureau d'études dirigé par Gautier Sergent a défini le jeu de voiles des Volvo Ocean 65 de la prochaine course autour du monde. A la légèreté, la tenue de forme et la longévité s'ajoute aussi la polyvalence d'emploi, et le 3Di s'étend aux domaines de la course-croisière et de la croisière performante. Pour Gautier Sergent, le progrès s'écrit toujours avec un coup d'avance. ▲

Du Dacron à la membrane

Le nuancier des matières et des coupes

▲ Par Jean-Baptiste Ternon



Les fibres

Déjà le polyester et le nylon, dans les années 50, avaient remplacé le coton dans la fabrication des voiles. De nouvelles fibres synthétiques aux qualités accrues sont, depuis, apparues, garantissant une résistance encore meilleure à la déformation. Le carbone, qui est la plus résistante – et la plus chère – des fibres synthétiques de dernière génération, est cent fois plus rigide que le coton. Moins le matériau s'allonge à l'usage et à l'effort, meilleure est la transmission de la force vélique au bateau, et mieux la voile conserve sa forme, l'utilisateur disposant d'une maîtrise accrue de ses réglages.

Le Nylon

Le Nylon est le nom commun d'un polyamide. Il est utilisé dans les voiles légères tels que les spis car il est très résistant à l'abrasion et au pliage. Cependant, son module très faible (le module d'élasticité désigne la résistance à la déformation) le rend très élastique, ce qui interdit son usage pour les voiles de près. Il a aussi la particularité d'absorber l'humidité.

Le polyester

Le plus célèbre des tissus réalisés à partir du polyester est le Dacron. Cette fibre peu coûteuse est résistante aux UV, à l'abrasion et au pliage. Bien que plus élevée que

pour les polyamides, le module des fibres polyester est trop faible pour être utilisé en voile de régate, sauf pour certains spis.

La fibre PEN est une fibre polyester haut module. C'est la fibre utilisée dans la construction du Pentex qui, en fonction des fabricants, peut prendre un nom différent. Cette fibre entre parfois dans la confection des taffetas.

Les aramides

Kevlar, Twaron et Technora sont des aramides. Les deux premiers sont très similaires tant en élasticité qu'en résistance au pliage. Leur module est presque cinq fois supérieur à celui du polyester. Le Technora affiche un module un peu plus faible que le Kevlar. Le Black Technora est teinté en noir pour une meilleure résistance aux UV. On le retrouve associé à des fibres de carbone.

Le Spectra

Aussi connu sous le nom de Dyneema, il fait partie de la famille des polyéthylènes. Bien que le Spectra présente de très bonnes caractéristiques techniques (bonne résistance au pliage et aux UV, haut module), la fibre a tendance à s'allonger sous un effort prolongé. Elle est utilisée pour les grandes unités de croisière.

Le Vectran

Dérivé du polyester, le Vectran a un module élevé (proche du Kevlar). Après une certaine durée d'exposition aux UV (proche de 400 heures), il cesse de

se dégrader. Il est donc utilisé pour les voiles des bateaux qui courent de longues épreuves telle que le Vendée Globe, en complément d'aramide et/ou de carbone.

Le carbone

Son module est le plus élevé. Cette fibre est exceptionnellement rigide et insensible aux UV mais présente l'inconvénient d'être très cassante à la pliure. C'est pourquoi elle est peu utilisée dans les trajectoires horizontales, soumises au frottement. Le carbone sera utilisé pour des voiles de bateaux de régates qui changent régulièrement leurs voiles.

Les tissés

Dans le jargon des voileries, les tissus « traditionnels » composés de fibres entrecroisées (trame et chaîne) sont désignés sous le terme de « tissés ». Ils sont définis par leur poids en « once », unité normalement équivalente à 43 g/m². Les voileries ont faussé cette valeur en codifiant le poids des tissus pour une utilisation commerciale. Ainsi un Nylon 0,5 once pèse en fait 30 g/m² (au lieu de 21,5 g/m²). Le choix du grammage d'une voile dépend de beaucoup de paramètres: du matériau, du programme du bateau, de la fourchette de vent pour laquelle est prévue la voile... Le génois sur enrouleur d'un 40 pieds,



utilisé pour la petite croisière, pourra être confectionné en tissu de 8 onces, alors que pour la grande croisière le grammage serait de 9 ou 10 onces. Un Nylon 0,5 once est utilisé pour un spi très léger, le 0,75 étant destiné aux spis polyvalents. Sur un Figaro, le grand spi est fabriqué en 0,75 et le spi lourd en 1,5.

Du Dacron pour le près

La majorité des voiles de près se compose de polyester tressé, dont le Dacron est juste une marque commerciale entrée dans le langage commun, au même titre que Frigidaire ou Mobylette... Peu cher, il dure longtemps mais se déforme très rapidement. Pour augmenter la résistance mécanique des fibres, il est possible

d'appliquer un traitement thermique. L'enduction d'une résine ou d'un vernis améliore la tenue dans le temps et la résistance aux UV.

Pour avoir de meilleures performances, les voileries peuvent utiliser du Dacron double pli. En effet, plus la fibre est épaisse, plus les « ponts » du tissage sont gros. Des fibres plus fines permettent un maillage moins grossier qui se déforme moins. La méthode nécessite deux fois plus de main-d'œuvre, ce qui augmente le prix en conséquence.

Dernière technique, l'insertion d'autres fibres dans le tissage. L'Hydranet, fabriqué par Dimension-Polyant, l'un des quatre grands producteurs mondiaux, comporte 40% de fibres de Spectra dans le tissage.

De gauche à droite : grand-voile à laizes horizontales, à panneaux orientés, et à membrane. Les modes d'assemblage et de fabrication varient en fonction des bateaux, de leur usage et des considérations budgétaires.

Quasi indestructible, ce tissu est proposé pour les bateaux partant en grande croisière, lorsque la durée de vie de la voile prime sur le maintien de la forme. Chez Contender Sailcloth, c'est du Vectran qui est utilisé.

Du Pentex pour la régate

Issu de la fibre PEN, le Pentex se retrouve parfois sous d'autres noms selon les fabricants. Il peut être soit tissé, soit utilisé dans un laminé (gamme DCP et CXP de Dimension Polyant, ou gamme DIAx2 de Brainbridge). Plus performant que les tissus polyester classiques, il est généralement utilisé pour les voiles de régate d'entrée de gamme, ou pour les croiseurs typés performances.

FIBRE	COULEUR	COÛT	MODULE *	LES PLUS	LES MOINS
Nylon	blanc	faible	très faible	très léger, insensible au pliage, résistant à l'abrasion	faible module, donc très élastique, absorbe l'humidité
Polyester	blanc	faible	faible	insensible au pliage, peu coûteux, peu sensible aux UV	module trop faible pour être utilisé en régate
Pentex	blanc	moyen	faible	60 % moins élastique que le polyester, bon rapport qualité/prix, peu sensible aux UV	doit nécessairement être imprégné de résine
Kevlar 49	jaune	élevé	élevé	haut module, bonne résistance au pliage	sensible aux UV
Twaron HM	jaune	élevé	élevé	haut module, bonne résistance au pliage	sensible aux UV
Black Technora	noir	élevé	moyen	moins sensible aux UV, bonne résistance au pliage	module moins élevé.
Spectra	blanc	élevé	très élevé	très bonne résistance aux UV, très bon module, insensible au pliage	allongement sur un effort qui dure
Vectran	miel	élevé	moyen	module élevé, sensibilité aux UV limitée, peu sensible au pliage	
Carbone	noir	élevé	très élevé	excellent module, insensible aux UV, quasiment pas d'allongement	très sensible au pliage

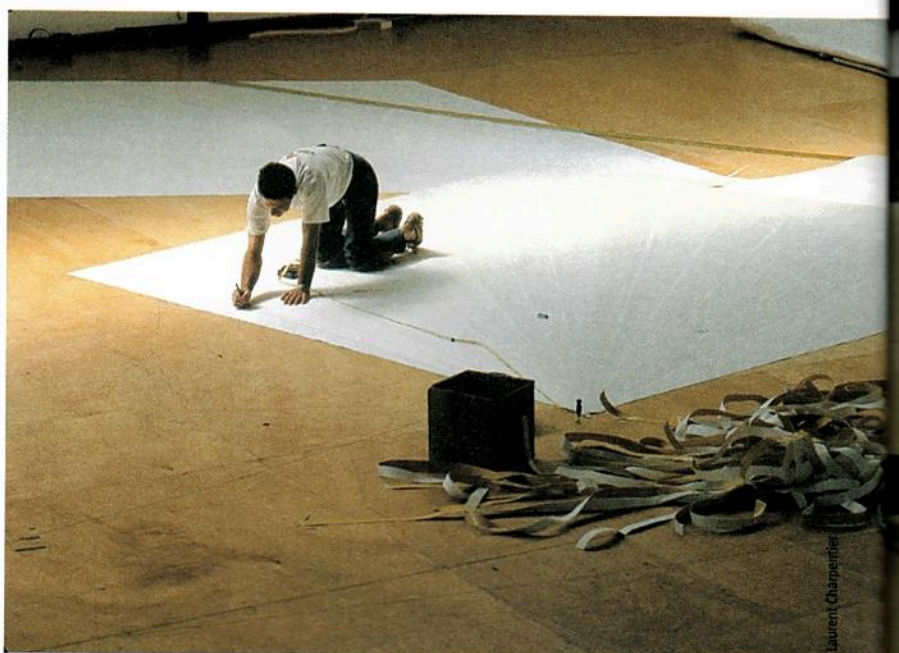
* Plus le module est élevé, moins la fibre se déforme à l'effort.

Les laminés

Le principe des laminés est « d'emprisonner » des fibres orientées entre les parois constituées de film polyester type Mylar ou de taffetas. Les tissus laminés ont leur résistance principalement axée dans le sens de la chaîne. Des fibres secondaires apportent un minimum de résistance dans le biais et la trame.

Le choix du film dépend de l'usage de la voile. On peut choisir de laminer une voile avec un taffetas de chaque côté (on parle de double taffetas ou de taffetas/taffetas). Cette solution offre l'avantage d'une voile résistante et durable, mais cela augmente aussi le poids. Utiliser deux Mylar (on parle de film/film) permet de gagner du poids, mais la voile perd alors en tenue de forme et en longévité. Un compromis consiste à utiliser une lamination film/taffetas.

Les laminés se présentent sous forme de rouleaux qu'il faut découper et assembler en orientant les fibres dans le sens des efforts, ils sont donc utilisés pour les coupes triradiales. Il existe toutes sortes de laminés, combinant les fibres entre elles.



Les membranes

Elles représentent le must. Les fibres déposées sont orientées dans le sens des efforts s'exerçant en chaque point de la voile, ce qui garantit à cette dernière une grande stabilité de forme.

Le prix de la voile varie considérablement en fonction du programme de navigation et des fibres utilisées, depuis la membrane premier prix conçue pour un usage en croisière jusqu'au « haut de gamme » des voiliers de course. Le prix d'une voile membrane n'est cependant pas proportionnel à celui de ses composants : c'est le travail de conception du bureau d'études et la finition (pose des lattes, des œilletons, des renforts...) qui demandent le plus de temps et coûtent le plus cher.

On ne parle pas de grammage pour une voile membrane, mais de DPI (denier per inch), qui représente la densité de fibre dans la voile. Malheureusement, les voileries ne se sont pas accordées sur une procédure pour effectuer cette mesure. Il n'est donc pas pertinent de comparer cette valeur entre deux voiles issues de voileries différentes, elle donnera simplement une indication pour les voiles d'une même voilerie.

Les membranes à panneaux

Une première technique consiste à fabriquer et laminer la membrane à plat sur un plancher en deux dimensions. La voile est ensuite découpée et assemblée par collage par la voilerie, qui lui donne sa forme

avec des pincettes. La jonction entre les panneaux se fait généralement au niveau des goussets de lattes. Cette technique permet d'assurer une parfaite reproductibilité de la forme.

D4

La technologie D4 a été rachetée en 2013 à la société allemande Dimension-Polyant par la voilerie Incidences, qui poursuit son développement. La fabrication de la membrane D4 se fait en quatre étapes. La première consiste à préparer les films. Le taffetas et le Mylar sont préassemblés. Les fibres préimprégnées de résine sont déposées selon le dessin du bureau d'études qui suit la répartition des charges dans la voile. Enfin, la membrane est écrasée sous vide. La pression exercée à ce moment est d'environ 800 kg, une sorte de gros rouleau compresseur vient ensuite écraser et chauffer l'ensemble. La température et la pression exercées par cette machine font partie des données confidentielles et tenues secrètes par la voilerie Incidences.

Le Trilam

L'idée vient de Pascal Rossignol, ingénieur et fondateur de la société française de fabrication de textiles techniques CLM, qui s'est rendu compte qu'avec des fibres de plus en plus performantes il était possible de diminuer leur quantité, réduisant ainsi le ratio fibre/plastique. Le principe est donc de réduire la quantité de matière

plastique (structurellement inutile) pour augmenter le ratio fibre/plastique. Pour cela, le Trilam n'utilise qu'une seule couche de film sur laquelle sont déposées les fibres. L'ensemble est recouvert par un voile très léger en polyester nommé Utex, qui a été conçu et développé pour cette utilisation. Les fibres qui reprennent les efforts principaux sont précontraintes, c'est-à-dire qu'au moment de les déposer, elles sont « tendues » de façon à être parfaitement rectilignes. Pour les efforts secondaires, les fibres peuvent être courbées. La voile est ensuite laminée en passant sous un rouleau qui l'écrase et la chauffe. La voilerie All Purpose est la principale consommatrice de Trilam.

Le Fusion M

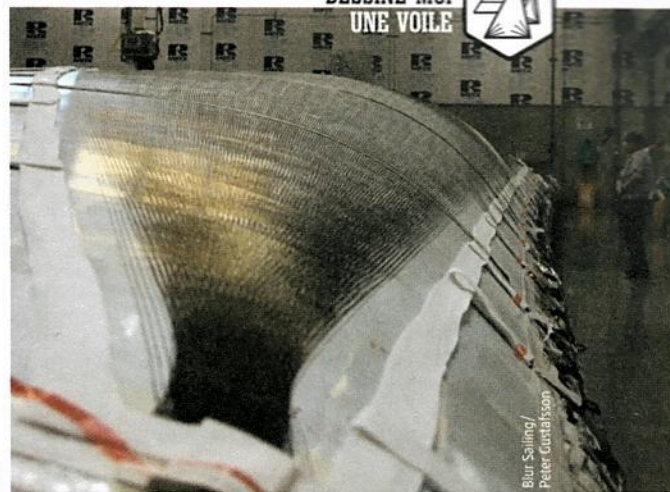
Le Fusion M de la voilerie Quantum résulte d'une fabrication un peu similaire à celle du D4. Des fibres préimprégnées de résine sont déposées sur un support (Mylar ou taffetas). Ensuite est appliquée une grille de fibre appelée X-ply, reprenant les efforts secondaires et maintenant la compression exercée par le fageage de la voile, pour augmenter la durabilité. La lamination est activée par chauffage et écrasée par un rouleau.

Les autres membranes

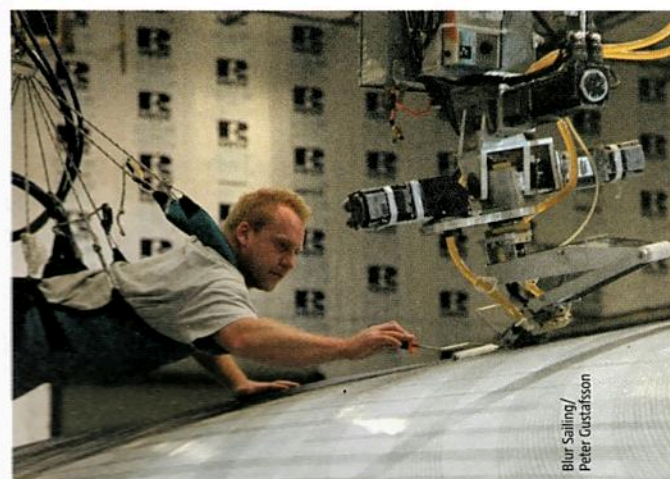
Si certaines voileries fabriquent leur propre membrane, d'autres confient ce soin, sur leurs propres préconisations, à une entreprise spécialisée. Delta Voiles a par exemple choisi la membrane Exxeltech, tandis qu'Altasails travaille avec Enduro et Venturi.



Pierre-Marie Bourguinat



Blur Sailing / Peter Gustafsson



Blur Sailing / Peter Gustafsson

Les membranes à fibres continues

Dans le cas d'une membrane à fibres continues, la voile est fabriquée en volume. Les techniques pour donner la forme varient d'une voilerie à l'autre et sont confidentielles. Les fibres courent d'un point à l'autre sans discontinuité. La voile est fabriquée en une seule pièce.

3DL

L'histoire du 3DL commence en 1990 dans la voilerie North Sails. Le principe est de déposer les fibres sur un moule en trois dimensions. Pour cela, le plancher de la voilerie se déforme sous la pression de 2800 pistons pour donner la forme décidée par le bureau d'études. Le film est posé sur le moule, puis les fibres sont mises en place en continu entre deux points de la voile. Un second film ou taffetas vient «enfermer» l'ensemble. Le tout est compressé sous vide et chauffé.

Pour les yachts de plus de 100 pieds, le plancher sur vérins n'est pas assez grand, mais la voilerie North Sails a trouvé le moyen de laminé les voiles 3DL sur un cylindre dont la section est modifiable.

3Di

C'est, pour North Sails, l'évolution – toute récente – du 3DL. Les fibres (carbone, aramide, Dyneema...) sont détorsadées en très fins filaments assemblés en «feuilles» puis découpés en rubans. Ces rubans sont déposés sur le moule 3D selon le dessin du bureau d'études. La phase finale consiste à thermomouler l'ensemble et à appliquer une pression par le vide.

Cette technologie n'utilise pas de taffetas ni de film. Cependant, elle n'est adaptée qu'aux voiles de grande surface, où les pressions (et donc la quantité de filaments) sont importantes. Sur des voiles plus petites, la quantité de rubans de filaments nécessaires serait trop faible pour assurer l'imperméabilité à l'air.

Le Titanium

Le fabricant de voiles Uk Sailmakers travaille également en volume, selon un procédé dont il ne communique pas les détails. Les fibres sont posées sèches, sans enduction préalable de résine. La

membrane est ensuite laminée par fusion: elle est écrasée sous vide et «cuite» pendant quatre heures à une température de 125°C. Selon la voilerie, cette technique permet de libérer un micro-tunnel qui autorise la fibre à se «déplacer» (de quelques micromètres) pour réagir aux efforts.

UK Sailmakers a par ailleurs développé son Titanium Blue, qui utilise un film en acétate de cellulose et des fibres de basalte (fibre minérale recyclable issue de la roche volcanique). La lamination se fait sans résine. Le résultat est une voile 100% naturelle, et pour la différencier des membranes classiques, la voilerie a teinté la fibre en bleu.

EMT

La voilerie Elvström Sails dispose de sa propre membrane sous l'appellation EMT (pour Elvström Membrane Technologie). Pour seules indications techniques, Elvström explique que sa membrane est fabriquée sous vide pour éviter les surplus de colle et le délaminage.

L'assemblage par panneaux orientés (photo de gauche) permet d'aligner le droit-fil du tissu (ou les fibres d'un laminé) dans le sens de l'effort maximal, et d'éviter les déformations qui surviennent lorsque la traction s'exerce dans le biais. Avec la technologie D4, les membranes sont réalisées à plat (photo du milieu), tandis que North Sails fabrique les siennes en forme sur un moule (photos de droite).

Les coupes

Coupe horizontale ou cross-cut

Le principe du cross-cut est de disposer des laizes de tissus perpendiculairement à la chute de la voile. C'est une coupe économique puisqu'il n'y a presque pas de perte de matière. Elle fonctionne très bien pour les voiles dites « étroites ». Ce sera le cas pour une grand-voile ou pour des voiles d'avant à faible recouvrement (tel qu'un foc).

Cette coupe est principalement utilisée pour les tissus dont la fibre n'est pas orientée, tels que les tissus polyester. Certains fabricants proposent des laminés à utiliser exclusivement en cross-cut (tel que le MAXX du fabricant Contender Sailcloth, le Diax2 de Brainbridge ou le Flex de Dimension Polyant). Les fibres sont orientées dans le sens de la chaîne et de la trame, et des fils sont ajoutés à 20 et 30 degrés de part et d'autre de la trame pour reprendre les efforts qui s'écartent de l'axe principal.

Coupe biradiale

Une voile biradiale est une voile à panneaux orientés. Cette coupe est peu utilisée car elle ne reprend pas les efforts du point d'amure, elle a donc tendance à se déformer rapidement. Elle est utilisée pour les petites voiles où l'effort dans le point d'amure est faible. Elle est moins chère à fabriquer qu'une voile triradiale et a tendance à être plus ronde vers l'amure.

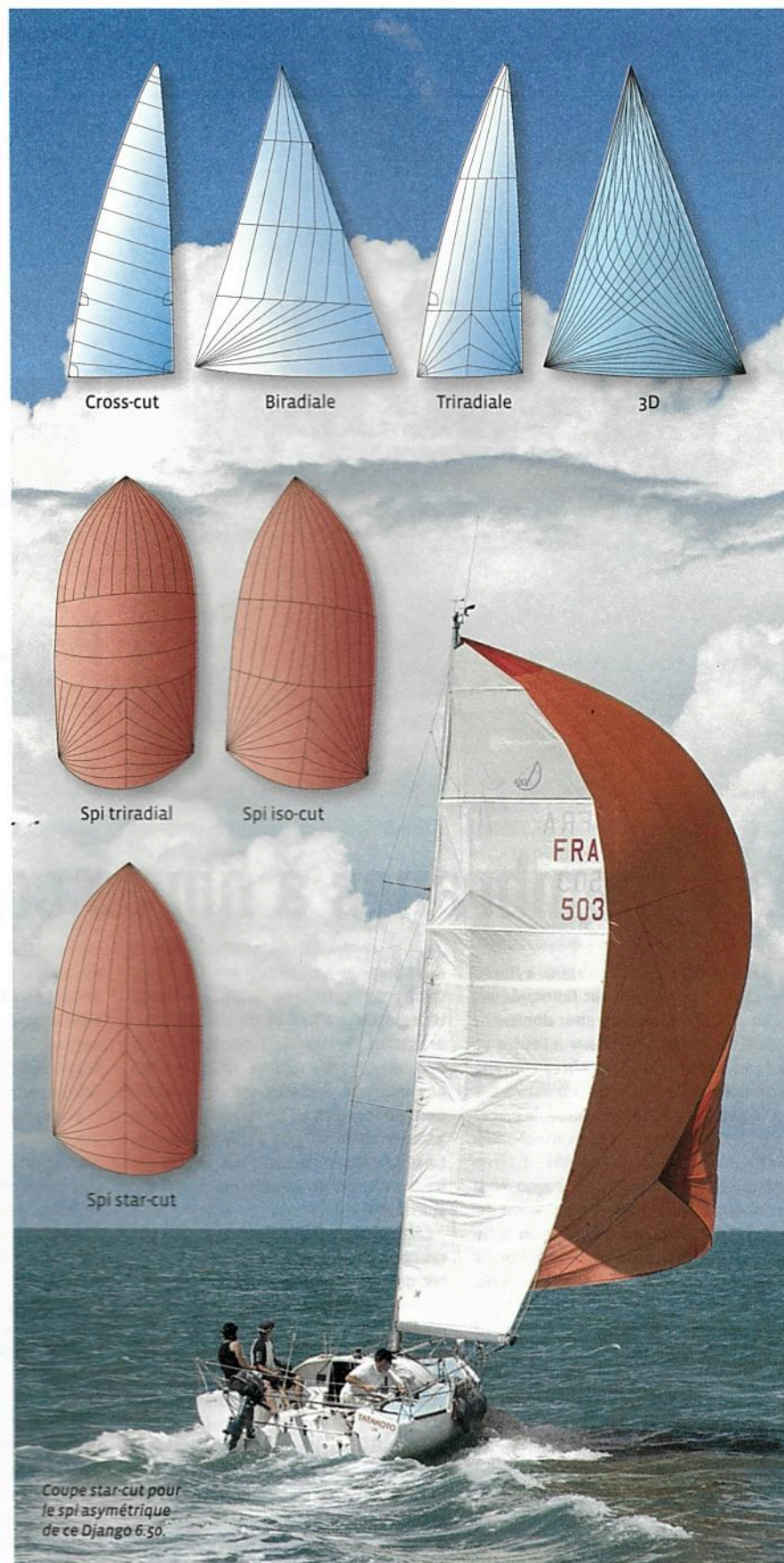
Coupe triradiale

Egalement à panneaux orientés, la coupe triradiale est utilisée avec les laminés ou avec les tissus dont les fibres sont orientées dans le sens de la chaîne. Les panneaux sont placés dans le sens des efforts de façon à reprendre mieux la charge dans les trois directions (amure, tête et écoute), ainsi, la voile se déforme moins. Une voile triradiale demande plus de travail et coûtera nécessairement plus cher.

Les coupes des spis

Historiquement, le radial (pour la tête du spi) puis le triradial ont d'abord remplacé la coupe horizontale des voiles de portant. La coupe triradiale reste utilisée pour réduire les coûts de fabrication mais cède du terrain devant la coupe iso-cut (ou V-cut selon les voileries), devenue quasi systématique avec la généralisation de la conception assistée par ordinateur (CAO), et de la découpe laser, associées aux progrès des tissus. Caractérisée par des panneaux verticaux dans le milieu de la voile, elle favorise une meilleure répartition du creux. D'abord réservée à la régate, elle est maintenant utilisée en croisière.

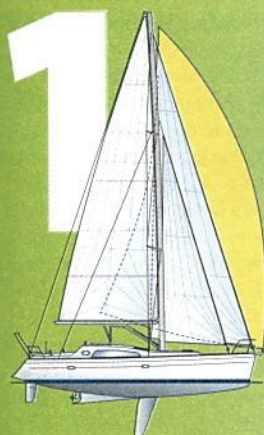
La coupe star-cut, qui se présente comme une iso-cut simplifiée, est principalement destinée aux spis de brise étroits (jusqu'à 75 m²) ou aux petites unités. ▲



Coupe star-cut pour le spi asymétrique de ce Django 6.50.

4 programmes 4 jeux de voiles

Quel matériau et quelle coupe choisir? C'est un peu une affaire de convenance personnelle et du budget que l'on est prêt à investir, mais c'est surtout fonction du type de bateau et du programme de navigation. Pour fixer les idées, nous avons demandé à quatre grandes voileries (All Purpose, Delta Voiles, Incidences et North Sails) d'établir des devis pour quatre bateaux types représentant les familles voyage, petite croisière, croisière et régates, avec chaque fois un jeu de voiles minimum et une voile optionnelle.



Voyage - Allures 40

Baroudeur par nature, l'Allures 40 est taillé pour le grand large et la navigation au long cours, les voiles seront robustes et durables. Sur cette taille de bateau, le choix de coupe à panneaux orientés prend tout son sens, tant en termes de contrôle de la forme que de résistance dans le temps aux déformations. Une tringnette sur enrouleur permettra de porter la toile du temps en toutes conditions, et on ne se refusera pas un spi asymétrique au portant. Un gennaker de lourd grammage pourra être un plus aux allures arrivées, par vent plus soutenu ou en équipage réduit.

Jeu de voiles de base: grand-voile (polyester cross-cut, Pentex laminé ou Spectra laminé à panneaux orientés selon les voileries et les devis), génois sur enrouleur (idem), spi asymétrique (Nylon 1,5).

▲ Prix: de 11 000 € à 18 800 €. D'un jeu de voiles d'entrée de gamme (polyester et laizes horizontales) aux constructions beaucoup plus élaborées, la différence de tarif est très sensible. Ce surcoût s'explique certes par le prix des matériaux laminés, mais surtout par celui de la main-d'œuvre, la réalisation d'une voile à panneaux orientés (coupe triradiale) nécessitant beaucoup plus de travail sur le plancher que son équivalent à laize horizontale.

Voile en option: gennaker (Nylon 2,5 onces). ▲ Prix: 2 800 €.



Petite croisière - Sun 2000

Avec une longueur de coque de 6,20 m, le Sun 2000 est un dériveur transportable pensé pour s'échouer facilement et caboter le temps d'un week-end. Petit bateau, petit budget: les voiles doivent respecter le caractère « économique » de ce type de voilier, suffisamment fin et vivant pour mériter une vraie voile de portant. Un drifter, ou grand foc ultraléger, apportera un surcroît de vitesse dans les petits airs.

Jeu de voiles de base: grand-voile (polyester de 5,5 à 6,5 onces, cross-cut), génois (polyester 5 onces, cross-cut), asymétrique (Nylon 0,9 once).

▲ Prix: de 2 700 à 3 400 €. Les variations de prix s'expliquent par le niveau de détails et de finitions (renforts de ris, lattes forcées ou non, etc.).

Voile en option: Drifter (Nylon 0,75 once ou polyester 3 onces).

▲ Prix: de 950 à 1 100 €.



Croisière - First 31.7

Le First 31.7 (9,50 m) est un bateau de course-croisière issu de la carène du premier Figaro Bénéteau, qui vit une très belle deuxième carrière comme unité de croisière familiale. Pour ce type de programme, les voileries proposent des voiles à la coupe plus basique, et résistantes dans la durée, conscientes que les propriétaires ne souhaitent pas changer leurs voiles tous les ans. Les constructions en laizes horizontales (cross-cut) sur tissu polyester présentent la solution la plus économique; seuls les propriétaires les plus exigeants optent pour des voiles à panneaux orientés. Le génois sur enrouleur s'avérant d'un rendement très médiocre dans la brise lorsqu'il est partiellement roulé, un solent sur étai largable (doté éventuellement d'un ris) représente l'option idéale pour continuer à faire route convenablement par tous les temps.

Jeu de voiles de base: grand-voile (polyester 7,5 onces, cross-cut), génois sur enrouleur (6 à 8 onces, cross-cut), spi symétrique (Nylon 0,75 once).

▲ Prix: de 5 100 à 6 400 €.

Voile en option: solent sur étai largable (polyester 6 ou 7,5 onces, cross-cut).

▲ Prix: de 1 400 à 1 800 €.



Régate - JPK 10.10

Le JPK 10.10 (longueur hors-tout: 10,10 m) est un champion dans sa catégorie IRC. Que l'on s'aligne en régate de club ou dans des courses plus relevées, le choix de membranes pour les voiles plates est incontournable. Le jeu de base comporte un minimum de sept voire huit voiles si l'on souhaite embarquer deux génois, un léger et un médium. Le spi asymétrique optionnel se porte sur une delphinrière au largue serré ou tangonné pour abattre dans la brise.

Jeu de voiles de base (inshore): grand-voile (membrane aramide et carbone), génois (idem), foc solent (idem), foc ORC (foc de brise réglementaire, panneaux orientés, polyester, Spectra ou Kevlar selon les voileries), tourmentin (polyester), spi léger en tête (Nylon grammage 0,75 once), spi lourd au capelage (Nylon 1,3 ou 1,5 once). Prix: de 17 500 à 23 200 €.

Voile optionnelle: spi asymétrique (Nylon de 0,9 à 1,5 once).

▲ Prix: de 2 250 à 2 800 €.

Jeu de voiles offshore: pour le large, préférer les membranes taffetas. North propose son 3 Di plutôt que le 3 DL. Le recours à ces matériaux ou à ces techniques de fabrication produisant des voiles plus robustes conduit à net renchérissement (entre 13 % et 20 % de surcoût sur l'ensemble du jeu de voiles), sachant que le prix des spis reste inchangé.

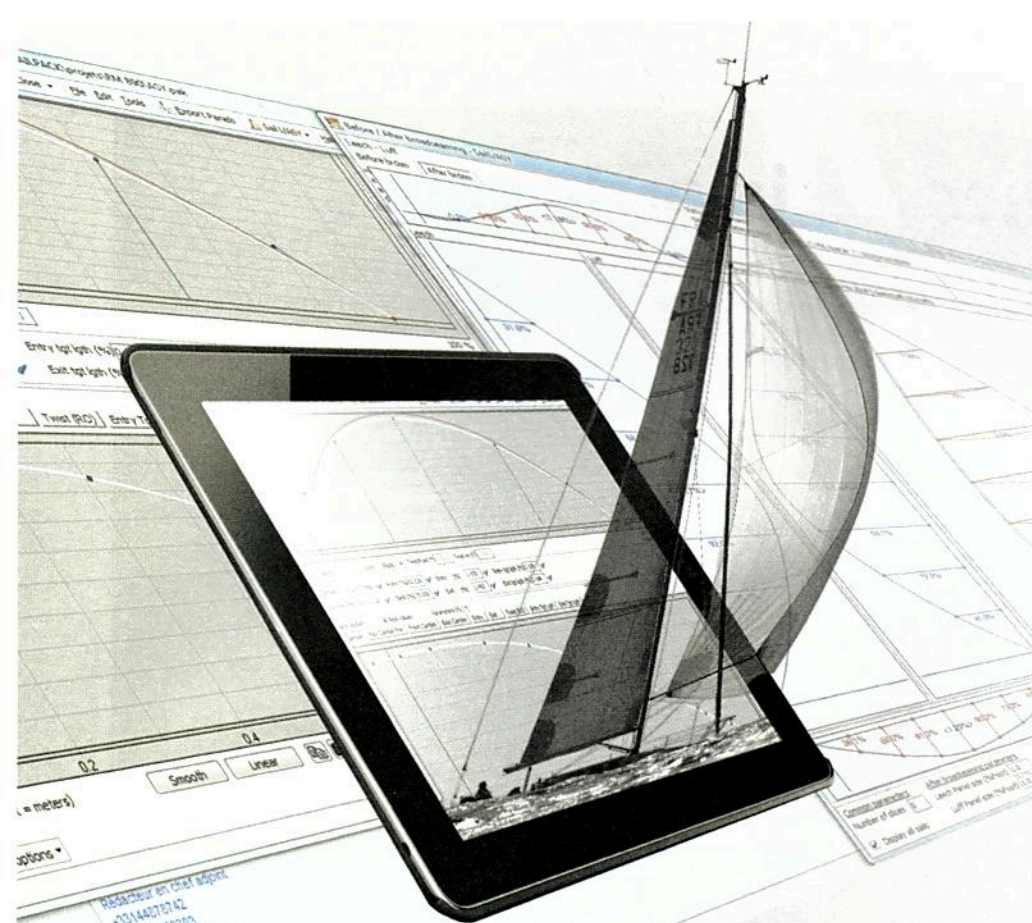


Photo : Pierrick Contin - Graphisme : Alexandre Chienet

Sur l'écran du designer

▲ Décryptage par **Frédéric Augendre** avec **Rémi Aubrun**

Si l'avènement des outils informatiques a grandement facilité le travail des concepteurs en automatisant certaines tâches et en garantissant un contrôle plus fin et plus abouti de leur forme comme de leur construction, le design des voiles reste pour une très large part une affaire d'empirisme, et par conséquent aussi d'intuition et d'expérience. «Le dessin des voiles procède toujours de la méthode essai-erreur, explique Rémi Aubrun,

designer chez All Purpose à La Trinité-sur-Mer. Il ne nous est pas possible de prédire le comportement exact du bateau sur l'eau. Va-t-il lever naturellement l'étrave au portant dans la brise, et faut-il concevoir des voiles de tête ou de capelage, aura-t-il tendance à être mou à la barre, et comment devrons-nous en conséquence répartir les surfaces entre foc et grand-voile? Quel volume donner au spi en fonction de la VMG (Velocity made good, meilleur compromis descente-vitesse du bateau, ndlr)? Il y a des domaines où la finesse des logiciels atteint ses limites, qu'il nous reste à

découvrir en navigation. Il demeure une part d'inconnues, et par conséquent de mise au point.» Vingt-cinq ou trente ans en arrière, avant l'ordinateur, il était dans la nature des choses qu'une voile neuve passe plusieurs fois sur le plancher, le maître voilier ajustant les dimensions et les volumes par retouches successives au fil des observations sur l'eau. Aujourd'hui encore, ces opérations sont considérées comme normales dans l'optimisation d'un jeu de voiles de course, même si ces retours en voilerie sont beaucoup moins nombreux, les outils d'analyse permettant d'approcher beaucoup plus vite et de beaucoup plus près un résultat idéal. Il est seulement plus compliqué de «démonter» une voile pour en reprendre les pincés lorsque les panneaux la composant sont collés et non simplement cousus; cela nécessite de «réactiver» la colle par chauffage.

Le design des voiles d'un RM 890, que Rémi Aubrun nous a proposé comme exemple de son travail devant l'écran, relevait de ce type de commandes où tout reste à imaginer s'agissant d'un nouveau petit croiseur, sorti des ateliers de Fora Marine pour le Salon nautique 2013. S'il n'était pas question pour un programme de croisière d'envisager plusieurs séquences de retouches en voilerie, la logique conduisait à concevoir un jeu de voiles polyvalent, «sans chercher à pousser les surfaces au maximum, en léchant par exemple les barres de flèche avec le génois, et en dessinant des formes pas trop difficiles à régler et à naviguer, relativement tolérantes».

Plutôt que de partir d'une feuille blanche, le designer a, comme toujours, repris de précédents dessins pour les adapter aux caractéristiques du nouveau bateau. «On pourrait penser que pour dessiner la voile du RM, la référence serait le Pogo 8.50 (de taille et de programme de navigation comparables, ndlr). Mais le RM est un bateau relativement plus puissant, avec des lignes modernes et des bouchains. Aussi j'ai préféré m'inspirer des profils du MC 34 (proto de course sur plan Lombard dont All Purpose a réalisé les voiles, ndlr) en les adaptant à un programme de croisière.» Exposé schématique et simplifié, en une série d'étapes clés, de ce processus créatif.

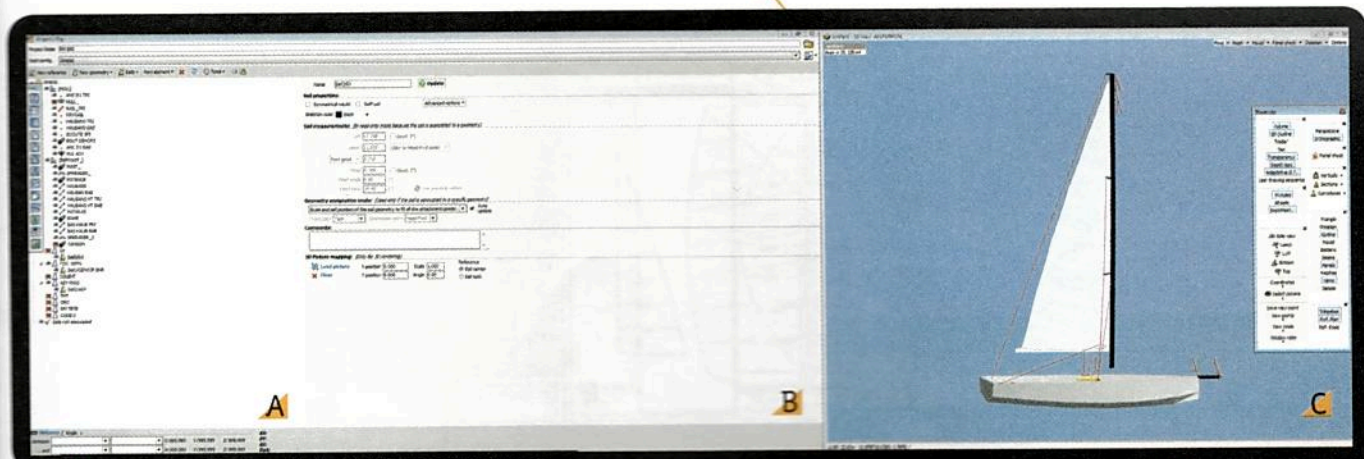
1 Triangulations et panneaux de grand-voile

Le préalable au design, outre la discussion avec le client sur le programme de navigation et le cahier des charges, est le relevé de l'ensemble des cotes de pont et de gréement. Emplacement et altitude du mât, hauteur du capelage d'étai et de la bôme, largeur et angulation des barres de flèche, position et longueur des rails d'écoute, forme du rouf... Au total, une quarantaine de données indispensables à la bonne adéquation des voiles au bateau. Lorsque toutes ces informations ont

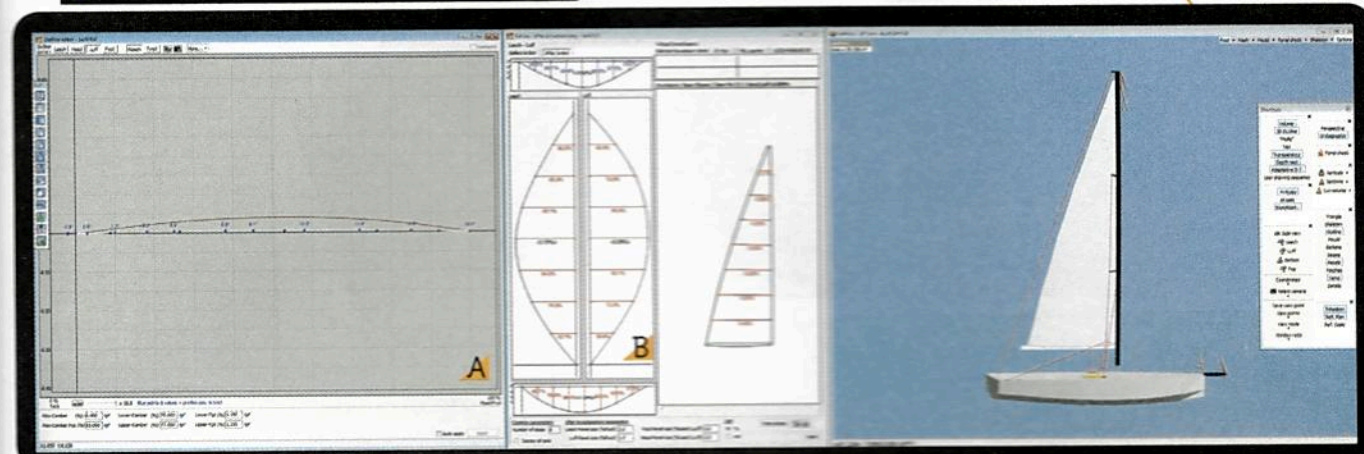
été renseignées dans le logiciel Sailpack (**en A**), ce dernier déduit (**en B**) les mesures de la voile (on parle de «triangulation»). Simultanément, le programme informatique les traduit (**en C**) dans une vue en trois dimensions permettant de contrôler les bons ajustements et de s'assurer des détails jusqu'aux plus anodins en apparence, comme le fait que la bôme ne tombe pas sur la capote. C'est ainsi que Rémi Aubrun travaille, à chaque étape, avec deux écrans d'ordinateurs et deux fenêtres

du logiciel, avec à droite une vision de contrôle en 3D sous tous les angles possibles, la souris commandant sa rotation.

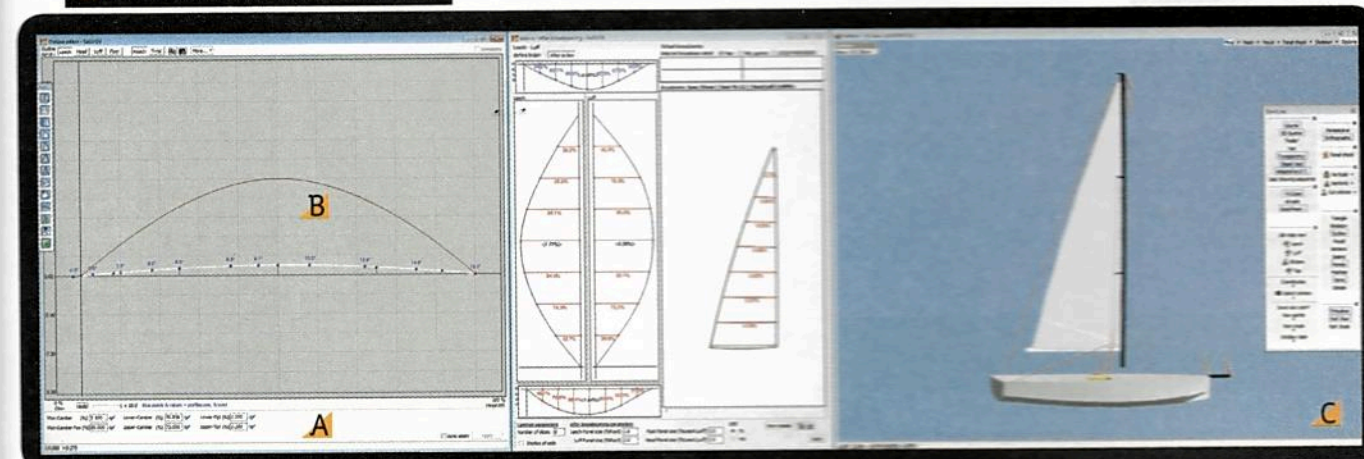
Enfin, le logiciel dessine les panneaux. Pour cette commande, c'est une grand-voile cross-cut (à laizes «horizontales»), «solution économique offrant en croisière un bon rapport qualité-prix» qui a été retenue. La largeur (et le nombre) des panneaux est définie par la largeur des rouleaux de tissu polyester, 90 cm ou 140 cm selon les grammages.



1 TRIANGULATIONS ET PANNEAUX DE GRAND-VOILE



2 DÉFINITION DU ROND DE GUINDANT



3 DÉFINITION DU ROND DE CHUTE

2 Définition du rond de guindant

Le guindant d'une grand-voile n'est jamais rectiligne mais courbe – on parle de rond de guindant –, et ce tissu « excédentaire » contribue à donner du creux au profil. Pour chaque voile, le rond de guindant est dessiné en fonction d'un mât et de son cintre, et tient compte par conséquent des caractéristiques du tube (plus ou moins raide ou souple), de son matériau (alu ou carbone), de l'orientation des barres de

flèche (dans l'axe ou poussantes), du capelage d'étai (gréement en tête ou fractionné). Lorsque la voilerie a la possibilité de prendre directement les cotes sur le bateau plutôt que de confier ce soin au propriétaire, le cintre maximal du mât est mesuré, pataras repris à fond. Pour les bateaux de course, la livraison de la voile s'accompagnera de recommandations de réglages de la quête et de la tension des différents

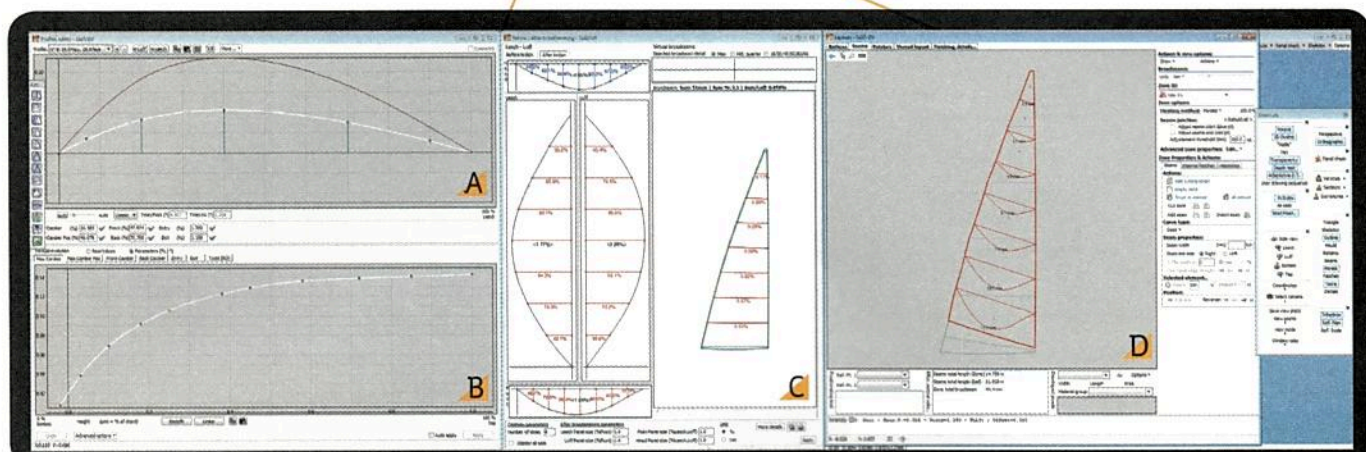
éléments du haubannage latéral. Ici, Rémi Aubrun a défini (en A) un cintrage maximal de 0,40% (soit 4 cm de cintre pour 10 m), placé à 53% de la hauteur du mât. Il a ajouté les valeurs de cintre aux quarts supérieur et inférieur du gréement. En B, il ajuste le rond de guindant, ici défini en pourcentage, aux différentes hauteurs de la voile correspondant à chacune des huit laizes horizontales.

3 Définition du rond de chute

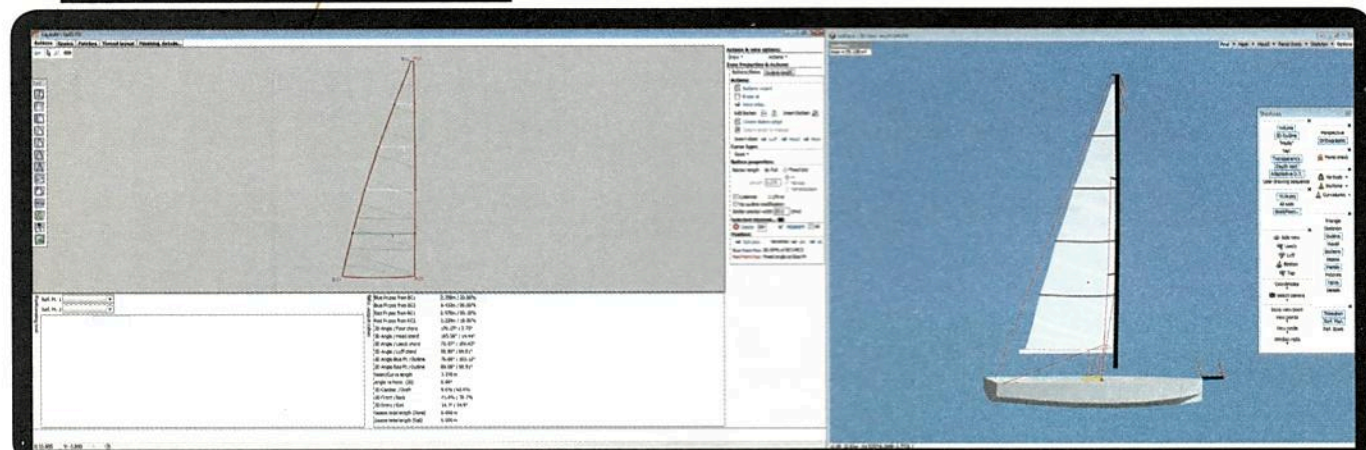
Le rond de chute maximal est défini, pour un bateau de course, en fonction des contraintes réglementaires d'une jauge, et pour un voilier de croisière, par la position du pataras. En A, une valeur maximale de 2,5% a été fixée, ce qui

correspondrait pour une chute de 10 m à une valeur de rond de 25 cm (la chute déborderait de 25 cm en arrière d'une ligne droite tirée entre le point de drisse et le point d'écoute). Le rond maximal a été positionné à mi-hauteur de la

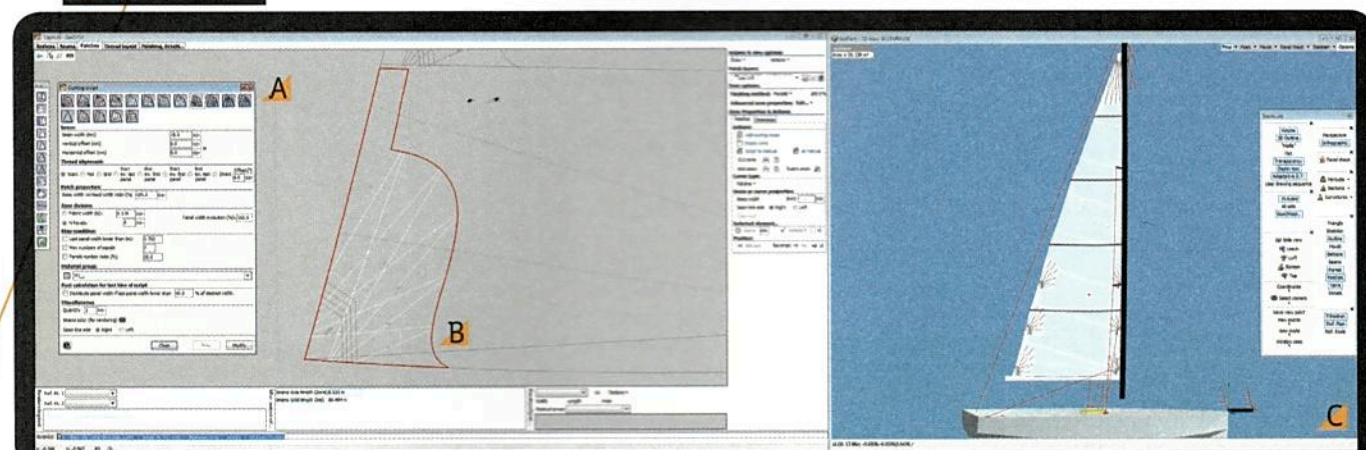
grand-voile, puis le designer a précisé sa valeur aux quarts supérieur et inférieur. La courbe B symbolise la répartition de ces valeurs sur toute la hauteur de la voile, et la vue C permet de contrôler l'absence de conflit entre chute et pataras.



4 DEFINITION DU PROFIL DE LA GRAND-VOILE



5 PLAN DE LATTES



6 PLAN DE RENFORTS

4 Définition du profil de la grand-voile

Une fois la voile dessinée en plan aux étapes précédentes, le designer s'intéresse à son volume: il a «collé» sur la triangulation générale le moule d'une voile de MC 34 avant de l'ajuster, par petites touches, à ce qu'il perçoit du comportement sur l'eau du RM 890. Dans la fenêtre A se dessine (en blanc) la cambrure d'un profil particulier à une

hauteur donnée de la voile (cette dernière devant être considérée comme un empilement vertical de profils successifs). La courbe rouge en A offre une vue accentuée, où la profondeur du creux est exagérée, de façon à pouvoir affiner le dessin. En B s'affiche l'évolution de la cambrure des profils depuis la bordure (à gauche de la courbe) jusqu'à

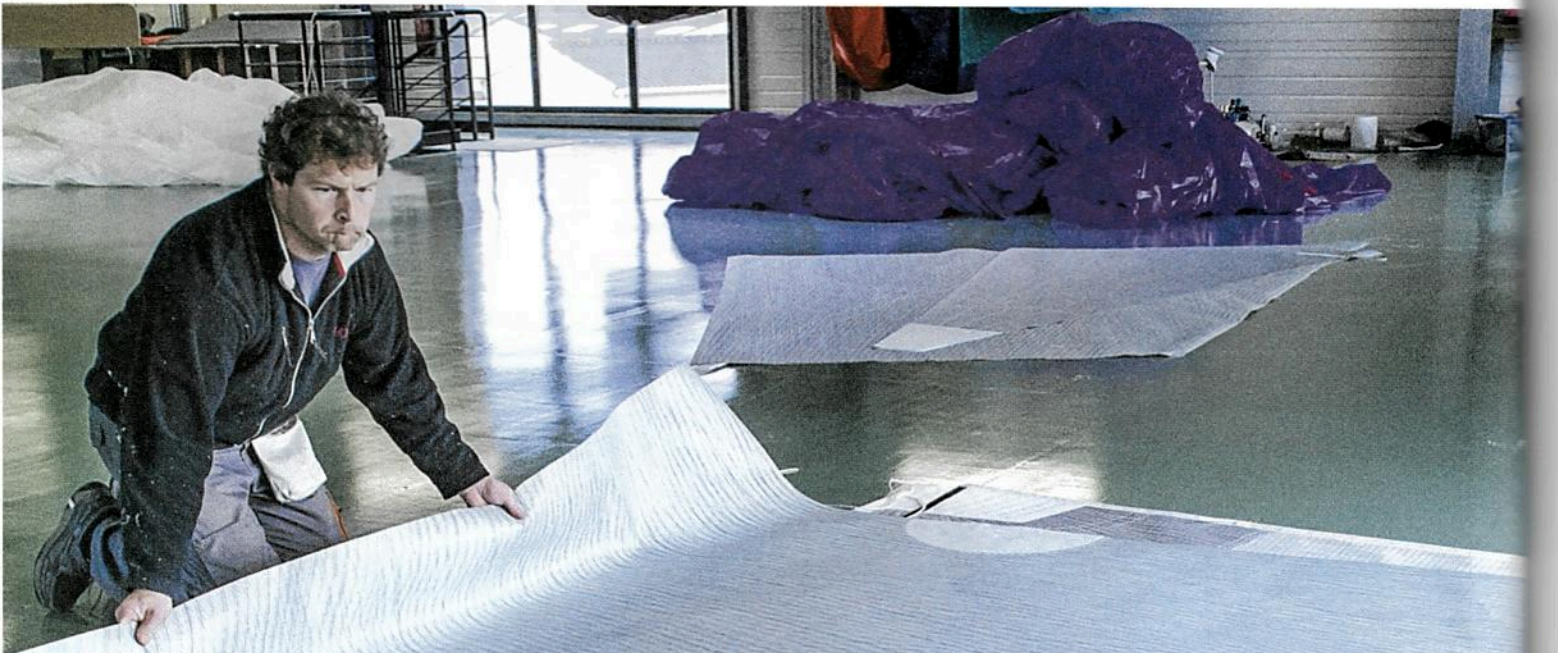
la tête (à droite): c'est ici que Rémi Aubrun intervient pour «lisser» cette évolution des profils de bas en haut. A la fabrication de la voile, on retrouvera ces profils en introduisant des pinces dans l'assemblage des panneaux: ces valeurs de pinces apparaissent ici en C (en pourcentage) et en D (en millimètre).

5 Plan de lattes

La longueur des lattes et leur implantation répond à un cahier des charges: croisière ou course, contraintes de jauge ou non, importance du rond de chute, lattes «flottantes» ou courant sur toute la voile depuis le guindant jusqu'à la chute (on

parle alors de voile «full-batten», entièrement lattée). Sur le RM 890, la valeur du rond de chute ne justifie pas en soi une voile full-batten, mais ce choix a été retenu pour d'autres raisons. «Le profil est plus stable, explique Rémi Aubrun, et le

vieillesse est plus homogène, tandis qu'avec les lattes flottantes, le creux de la voile tend à reculer au fil du temps vers le lieu où les tensions, et par conséquent les déformations, sont les plus importantes, c'est-à-dire vers la chute.»



Sur le plancher, l'ouvrage

De la réception du tissu ou des éléments d'une membrane à la couture du dernier galon, c'est un enchaînement de tâches minutieuses qui produira une voile, avec sa forme et ses caractéristiques définitives.

▲ Reportage texte et photos Frédéric Augendre

Même à l'heure des fibres orientées et de la conception assistée par ordinateur, la fabrication des voiles demeure une activité artisanale : assemblages et finitions sur le plancher de la voilerie relèvent de savoir-faire particuliers. Certains fabricants instaurent une division du travail entre les petites mains, une partie des techniciens assurant les coutures sous la machine tandis que les autres jouent de l'aiguille et de la paille ; d'autres, comme la voilerie All Purpose de La Trinité-sur-Mer, dont les images qui suivent résument une journée de travail, préfèrent confier une voile de A à Z au même technicien.

Ce jour-là, l'activité battait son plein autour d'un jeu de voiles haut de gamme de Class 40. Sur commande de la voilerie, qui dessine les formes et trace les plans de drapage des fibres, la société CLM a réalisé des panneaux (ou laizes) en Trilam dans ses ateliers de Najac (Aveyron).

Pour chacun de ces panneaux, des fils de Dyneema (pour la fiabilité et la longévité) et de Black Technora (pour la tenue de forme de la voile) imprégnés de colle ont été enfermés entre deux tissus très légers baptisés « Utex », l'ensemble étant ensuite laminé à chaud.

L'Utex lui-même est une gaze de fils polyester dont la trame, pour les Class 40, est renforcée tous les centimètres d'un fil de Black Technora (les fibres employées varient en fonction des catégories de bateaux et selon les matériaux autorisés par les jauges). Si la construction de ce type de membrane suppose l'utilisation d'un film sur lequel sont déposées les fibres précontraintes, celui-ci ne joue aucun rôle structurel. CLM et All Purpose considèrent que le film Mylar perd très rapidement ses qualités de résistance au vieillissement, à la différence de l'Utex qui, sur la durée, continue à assurer l'homogénéité de ce sandwich constituant la membrane.

C'est à l'assemblage sur le plancher de ces panneaux que la voile prend sa forme, par le jeu de pinces conçu par le designer, exactement comme pour une voile en tissu classique à coupe horizontale. S'agissant de voiles de grande surface construites dans un complexe de matériaux haut de gamme, les renforts aux points d'écoute, de drisse et d'amure ont été d'emblée intégrés à leur panneau respectif lors de la construction de la membrane. Il n'en reste pas moins à assurer tous les travaux de finition, qui vont de la pose des systèmes d'accroche à la construction des fourreaux de lattes, en passant par les nerfs de chute ou de bordure, les bandes de visualisation et la mise en place des goussets, ralingues ou mousquetons permettant la tenue des voiles sur les étais ou les profils. Les différentes étapes s'enchaînent sans répit et à gestes précis, dans un ordre qui ne doit rien au hasard. Diaporama sans temps mort.



1 Pose d'un galon et d'un nerf de bordure

Aussi surprenant que cela puisse paraître, un grand nombre de finitions sont réalisées avant assemblage de la voile. Ceci afin de manipuler des surfaces de moindres dimensions, de réduire les frottements sur le plancher et de limiter les efforts à produire pour déplacer les tissus sous la machine à coudre.

2 Renforts PVC

Des renforts spécifiques, taillés dans une bande souple de PVC, sont posés aux endroits exposés au ragage. Ici, à l'extrémité d'une latte de bordure de foc venant au ras du pont.

3-4 Echanture du point d'écoute

Une échanture en quart de cercle est découpée dans le point d'écoute. Cette zone est particulièrement épaisse et renforcée, à la fois pour rigidifier la voile et éviter qu'elle ne « casse » en marquant un pli dans l'axe de traction de l'écoute et pour favoriser l'accroche des coutures de sangle.

5 Préparation des sangles

Les sangles de point d'écoute sont prépositionnées avant couture au moyen d'adhésif double face, artifice dont les voileriers font un généreux usage.

6 Trousequinage

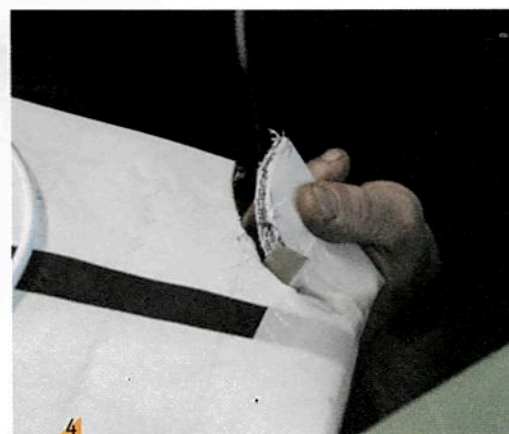
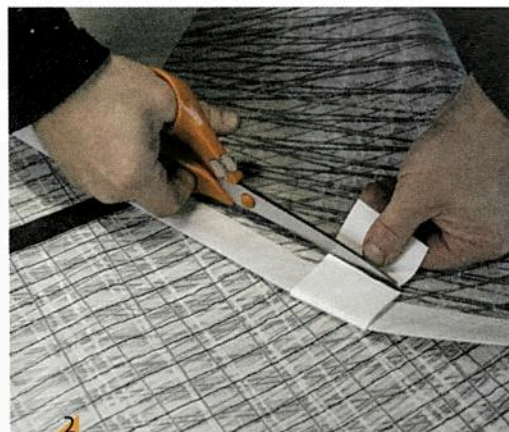
Ce petit mot charmant désigne l'action de tracer des lignes parallèles au moyen d'un instrument baptisé «troussequin». Ici, le troussequin est un outil maison, une plaque de PVC repliée en cornière à une extrémité, et percée de trous à différentes distances. En faisant glisser cette pièce sur la bordure de la laize de tissu, on trace au stylo-bille la zone de recouvrement des panneaux. Ici ce chevauchement sera de 7 cm.

7 Masquage

L'ensemble des panneaux composant la voile sont superposés, en alternant les rectos et les versos, de façon à rapprocher toutes les zones de chevauchement destinées à être enduites de colle d'assemblage. Puis on masque au scotch de peintre.

8 Encollage

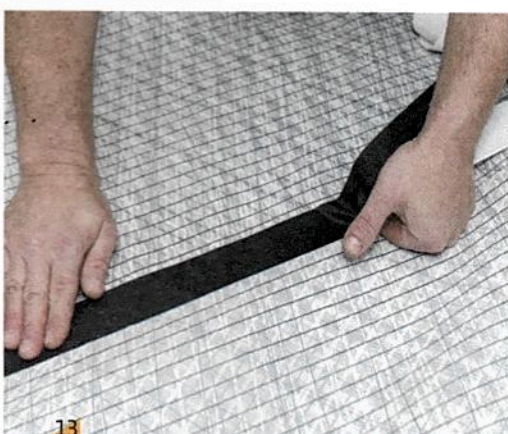
Ces zones de chevauchement sont garnies, au rouleau, d'une colle bi-composant préparée à la demande. Puis on laisse la colle reposer, pour que les bulles remontent à la surface et que l'encollage devienne parfaitement homogène: la colle doit devenir sèche au doigt. Pas de temps mort, les travaux de finition sur les différentes laizes se poursuivent dans l'intervalle.





9-10 Construction du point d'écoute

Les sangles du point d'écoute sont cousues en éventail, depuis la chute jusqu'à la bordure, en s'intercalant recto et verso pour la meilleure répartition des efforts. Les ferures métalliques tendent à disparaître, aussi bien dans une logique d'économie générale de poids que de préservation du vieillissement des voiles: la pose d'éléments lourds sur la chute accroît son inertie et l'amplitude du faseyage lorsqu'elle bat au vent.

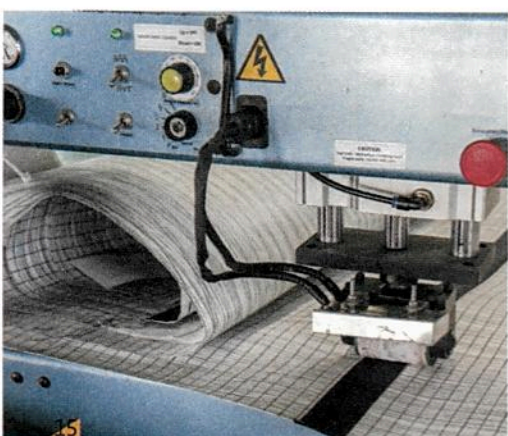


11 Assemblage des panneaux

Après séchage de la colle, les laizes horizontales sont assemblées avec du double face, en respectant scrupuleusement les chevauchements prévus, qui déterminent la forme finale de la voile. C'est la seule étape de fabrication nécessitant l'intervention conjointe de deux personnes.

12-13 Bandes de visualisation

Des bandes d'Insigna (Dacron autocollant) sont posées puis cousues à la machine sur les zones de chevauchement. Elles représentent une aide à la lecture du régleur, mais tiennent aussi un rôle dans la fabrication. En effet, si la colle suffit à maintenir ensemble les panneaux de la voile sous l'effort, les coutures évitent le décollement par « pelage » au fil du temps.



14-15 Réactivation de la colle

Les zones d'encollage passent sous une presse à chaud qui réactive la colle. On réalise deux passages, un lent puis un rapide. Les panneaux sont ainsi définitivement assemblés.

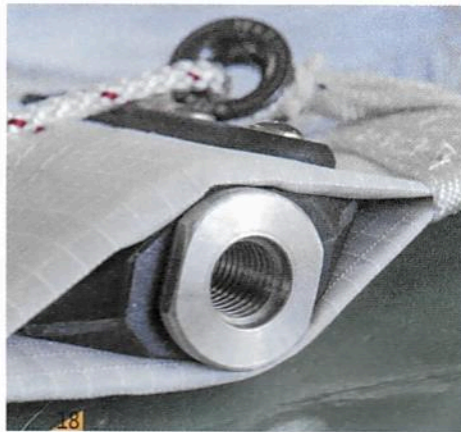
16-17 Lattes de foc

Les voiles d'avant disposent de lattes verticales permettant de dessiner une chute moins échancrée et de gagner de la surface de voilure sans s'opposer à l'enroulement. La tension des lattes dans leur gousset est assurée par un transfilage, plus fiable et plus précis qu'un Velcro.



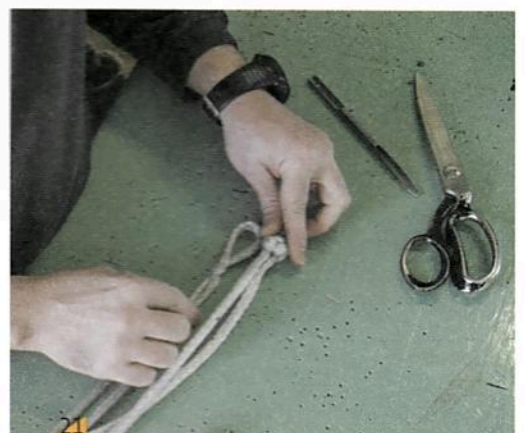
18 Gousset de latte

Les goussets de lattes horizontaux ne sont plus rapportés sur la voile mais insérés en son cœur, en profitant des zones de liaison entre les différents panneaux: ainsi les profils sont-ils strictement symétriques d'un bord sur l'autre. Ici, détail d'un boîtier de latte dans le guindant de la grand-voile.



19-20 Fourreau

S'agissant d'une voile d'avant destinée à un enroulement sur stockeur (câble d'étai sans profil d'enrouleur), le guindant est muni d'un fourreau à fermeture Eclair. Par sécurité, un transfilage de Dyneema contribuera, sous le fourreau, à solidariser le foc de son étai.



21 Matelotage

Avec le remplacement de nombreuses accroches ou finitions métalliques par des nouages de Dyneema, le maître voilier devient aussi mateloteur.

22-23 Finitions

Certains travaux se font toujours à l'aide de l'aiguille et de la paumelle, comme la pose d'un anneau métallique au point d'écoute de grand-voile, ou les coinçeurs de nerf de chute. ▲







Dans le secret des réglages

Pour les mangeurs d'écoute patentés – le plus souvent compétiteurs en exercice ou repentis –, cela ne fait pas un pli : les voiles se doivent d'être correctement établies, judicieusement orientées, cambrées aux petits oignons, vrillées à juste mesure. Ceux-là ne rechignent jamais à jouer de la corde sensible, ajuster la tension d'une drisse, déplacer un point de tire, choquer 2 cm d'écoute. Mais le savoir-régler n'est pas un domaine réservé. Balade à la journée ou traversée entreprenante, cabotage paisible ou voyage au long cours, un bateau équilibré et rapide est gage de confort, de fiabilité et de sérénité, pour ne pas dire de sécurité lorsque le vent forcit et la mer grossit. Gage de satisfaction et de plaisir tout simplement pour quiconque tient à tracer un sillage sans heurts et élégant. S'impliquer – s'appliquer – dans ses réglages, c'est pouvoir comprendre, observer, poser des mots sur des sensations et répondre aux bonnes questions.

Au près, pour réduire la traînée, qui freine la progression du bateau, on réduit la cambrure du profil de la voile. Comme ici ce MC34, naviguant avec des voiles très plates.

Frédéric Augendre

L'aérodynamique des voiles

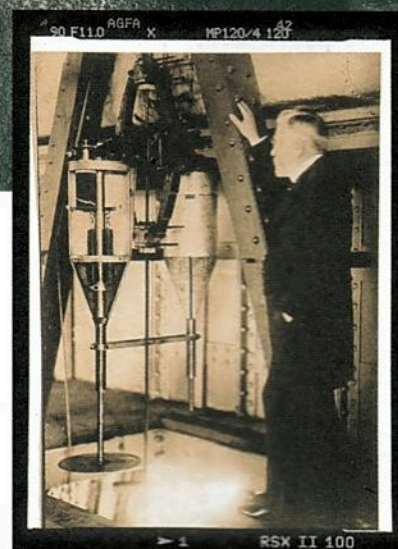
Trois mots de théorie, non pour adopter une posture académique, mais pour exposer succinctement quelques grands principes dont la connaissance contribue grandement à la compréhension du fonctionnement des voiles.

Par Jean-Baptiste Ternon

S'il fallait ne retenir qu'une loi aérodynamique, ce serait celle-ci : une voile ne fonctionne pas poussée par le vent mais principalement aspirée par ce dernier. La déflexion de l'air circulant autour de la courbure de la voile crée certes une pression au vent (sur l'intrados de la voile), mais la dépression sous le vent (sur l'extrados) est bien supérieure. De même une aile d'avion ne se déplace-t-elle pas en appui sur l'air mais tirée vers le haut. C'est l'ingénieur Gustave Eiffel qui, au début

du siècle dernier, a mis en évidence ce fonctionnement des « plans porteurs », en lâchant d'abord en chute libre, depuis la tour qui porte son nom, des plaques métalliques guidées sur un câble, puis en poursuivant ces études dans une soufflerie de son invention. Ses observations sont totalement cohérentes avec les théories physiques établies par Daniel Bernoulli (1700-1782) et Giovanni Batista Venturi (1746-1822), qui permettent de mieux comprendre « la mécanique des fluides ».

En 1903, Gustave Eiffel mène les premières expériences sur la résistance de l'air, en lâchant du deuxième étage de sa tour (115 m) des plaques de métal le long d'un câble.



Collection Aérodynamique Eiffel



Les bases de la mécanique des fluides

▲ **Jeux et enjeux moléculaires.** Les molécules qui composent l'air sont séparées (ce qui les différencie des solides) et s'agitent en permanence. Trop proches les unes des autres, elles se repoussent, trop éloignées, elles s'attirent. C'est le principe de continuité. Ce principe va provoquer des réactions en chaîne : une molécule qui accélère va entraîner ses voisines, à l'inverse, une molécule qui freine va ralentir ses voisines.

▲ **Lignes et tubes de courant.** Conséquence du principe de continuité, les molécules restent solidaires. La courbe que décrit le mouvement d'une chaîne de molécules est appelée ligne de courant. Un ensemble de lignes de courant au comportement similaire forment les frontières d'un tube, appelé tube de courant.

▲ **Effet Venturi.** Giovanni Venturi a fait le constat qu'en étranglant un tube la vitesse d'écoulement augmente. C'est cet effet Venturi qui fait que l'eau du tuyau d'arrosage qu'on écrase va plus loin, plus vivement. En résumé : ça accélère quand on resserre, ça ralentit quand on évide.

▲ **Loi de Bernoulli.** Daniel Bernoulli a fait le rapprochement entre la vitesse et la pression. La loi de Bernoulli établit que plus le courant est rapide, plus la pression sur les parois entre lesquelles il s'écoule est faible, plus le courant ralentit, plus la pression augmente.

La portance

▲ **Pression-dépression.** Ces deux principes (Venturi et Bernoulli) permettent de comprendre les forces développées par une voile exposée au vent. Prenons deux tubes de courants arrivant à proximité du bord d'attaque d'une voile. Le tube sous le vent (extrados de la voile) va s'écraser à l'approche du creux. L'écrasement du tube implique une accélération du flux, et par conséquent une diminution de la pression. À l'inverse, sur l'intrados de la voile, le tube s'évide, le flux ralentit, la pression augmente. La somme de ces pressions et dépressions exercées en chaque point de la voile constitue sa force aérodynamique, orientée perpendiculairement au plan moyen du profil.

▲ **Loi de Kutta.** Au bord de fuite, c'est le tube situé sur l'intrados de la voile qui s'écrase, permettant de rattraper le décalage de vitesse venu de l'accélération de l'extrados. Pour un parfait rendement, c'est-à-dire pour qu'il n'y ait pas de décollement des filets d'air circulant sous le vent de la voile, les deux flux (intrados et extrados) doivent avoir la même vitesse au bord de fuite, comme l'a démontré l'aérodynamicien Kutta. Lorsque la loi de Kutta

est respectée, les faveurs ou penons placés sur le bord de chute sont rectilignes.

▲ **Cambrure et plage fine.** Plus le profil est bombé, plus la différence de pression entre l'intrados et l'extrados est importante, et plus la force développée est grande. Concrètement, une voile plus creuse développe plus de puissance. Cependant, les flux répugnent à changer de direction de façon trop brutale. Si la cambrure est trop importante (si on choque trop de bordure de grand-voile, par exemple), les molécules n'arrivent plus à suivre la paroi jusqu'au bord de fuite et forment des tourbillons générant de la traînée. On parle d'écoulement turbulent. Si la voile est trop bordée, l'angle d'incidence du flux d'air sur le profil devient trop important, les molécules d'air se décollent de l'extrados. Pour un rendement optimal, la voile doit être réglée dans la plage fine qui se situe entre la position où elle cesse de faser pour prendre sa forme et le moment critique du décollement des flux.

Au vent arrière, les voiles, ici en ciseaux avec génois tangonné, travaillent en poussée.



Antoine Maton

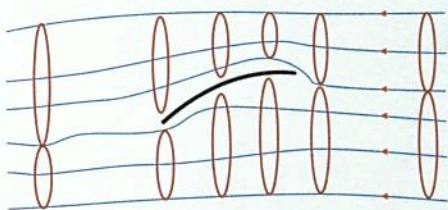
La traînée

▲ **Décomposition des forces.** La force aérodynamique de la voile peut se décomposer en une force propulsive d'une part, orientée dans le sens de la marche du bateau, et une force de traînée d'autre part, orientée dans le sens du vent.

▲ **Traînée négative ou positive?** Au près, la traînée est un frein à la progression vers l'avant. C'est pourquoi on cherche alors à réduire la cambrure du profil de la voile, de façon à réduire sa traînée. À mesure que l'on s'écarte du vent, on ouvre la voile pour garder des écoulements laminaires, et plus on va abattre, moins la traînée va être nocive. Au large, elle participe même à la propulsion du voilier.

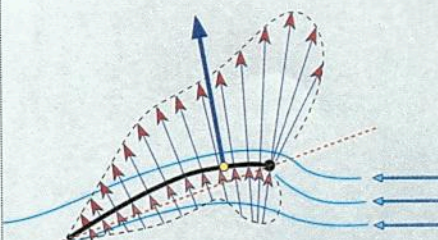
▲ **Navigation en poussée.** Il arrive cependant un angle auquel il n'est plus possible d'ouvrir la voile. Les tubes de courant ne peuvent plus longer le profil, ils le contournent en larges remous. La propulsion n'est alors plus assurée que par l'importante traînée qui en découle. Plein

Le vent dans les voiles : les forces en présence



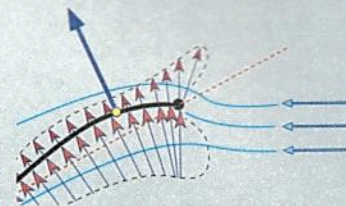
Tubes de courant

Le vent circulant de part et d'autre de la voile est dévié. Sur l'extrados, les molécules se resserrent, ce qui les conduit à accélérer, sur l'intrados elles s'écartent et ralentissent. Certains auteurs comme Bertrand Chéret suggèrent pour représenter ces phénomènes l'image de tubes de courant s'écrasant ou s'élargissant.

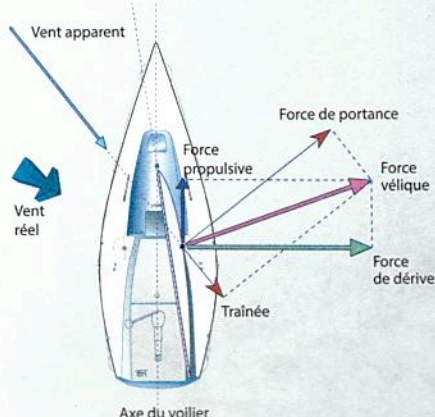


Dépressions, pressions

Lorsque la voile est utilisée dans sa plage fine, aux faibles angles d'incidence, les dépressions sur l'extrados sont beaucoup plus importantes que les surpressions côté intrados, le rendement de la voile est optimal. La force propulsive résulte de la somme

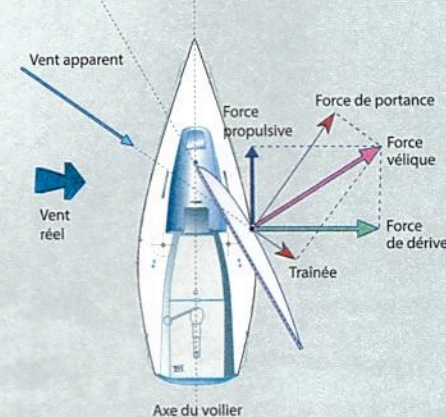


des dépressions et pressions exercées en tous les points du profil. Avec un braquage plus important (à droite), les filets d'air commencent à décrocher sur l'extrados, les dépressions faiblissent, la voile fonctionne principalement en poussée, avec un rendement moindre.



Deux représentations d'une même force vélique

La voile reçoit un vent apparent différent du vent réel en raison de la vitesse du bateau. Elle développe une force vélique perpendiculaire au plan moyen du profil. On peut décomposer cette force en trainée et portance si on s'intéresse au comportement de la voile au sein des masses d'air, ou encore en force de dérive et force propulsive si on veut se représenter la façon dont elle se transmet à la carène du voilier.



Orientation de la force vélique

Plus le vent s'écarte du bateau, plus on ouvre le plan de voilure pour conserver un angle d'incidence optimal. La force vélique s'oriente mieux vers l'avant, la force de dérive diminue et la force propulsive augmente : le voilier accélère.



Très grands angles et décrochage

Aux grands angles d'incidence, les conditions d'un écoulement laminaire des molécules d'air autour de la voile ne sont plus respectées, le profil passe en régime turbulent, l'extrados décroche totalement. Au vent arrière, les voiles fonctionnent intégralement en poussée.

Le vent circulant autour de nos voiles n'est pas le même que celui perçu par un observateur qui serait immobile sur le plan d'eau, que l'on qualifie de vent réel (pour simplifier, on admet l'absence de courant de marée). Ce vent agissant sur la voile est le vent « apparent », résultant de la combinaison entre le vent réel et le vent vitesse. Représentons-nous le bateau avançant au moteur par calme plat absolu. L'équipage (et l'anémomètre) perçoit un vent orienté pile dans le sens inverse de la marche, et dont la vitesse est égale à celle du déplacement du bateau : c'est le vent vitesse. Lorsqu'on commence à border les voiles d'un bateau à l'arrêt, nous sommes sous l'influence du seul vent réel. Puis au fur et à mesure que le voilier accélère le vent vitesse intervient, et se crée le vent apparent.

Le vent apparent résulte de la somme vectorielle du vent réel et du vent vitesse, et il est toujours plus refusant (plus serré) que le vent réel. La différence entre vent vitesse et vent apparent varie selon les allures et les accélérations du bateau :

- aux allures en avant du travers, le vent apparent est plus fort que le vent réel ;
- aux allures portantes, il est moins fort que le vent réel ;
- lorsque le voilier accélère, le vent apparent refuse ;
- lorsqu'il ralentit, le vent adonne.

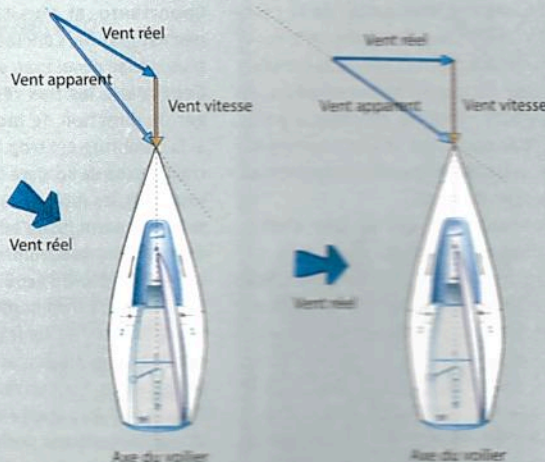


Illustration : Philippe Lapierre - schéma : Thomas Chevalier



Yvan Zedda

vent arrière, la voile travaille en poussée et son rendement est bien moindre qu'aux allures de finesse.

Notions complémentaires

▲ **Vie de couple.** Contrairement à ce que l'on peut imaginer ou parfois entendre, le flux entre foc et grand-voile n'accélère pas. Au contraire, la friction contre les parois des voiles le ralentit. Il est plus facile pour les molécules d'air de contourner ce couloir et c'est ainsi qu'elles viennent gonfler le débit des tubes des courants contournant le foc par l'extrados. Ainsi, le flux accélère d'autant plus sur l'extrados qu'il ralentit sur l'intrados. De surcroît, le braquage de la grand-voile fait adonner le flux

d'air reçu par le foc. Le foc est bonifié par l'influence de la grand-voile.

▲ **Tourbillons marginaux et effet de plaque.** Aux extrémités d'un profil (le bout d'aile pour un avion, le bas et le haut de la voile pour un bateau), les lignes de courants ont plus de facilité à contourner la lisière de la voile et basculent sous le vent. Ces «tourbillons marginaux» produisent une traînée importante tout en favorisant l'équilibre de pression entre les deux faces de la voile, réduisant par conséquent sa force de portance.

«Fermer» l'extrémité d'un profil réduit ces effets négatifs. C'est par exemple l'intérêt des bordures de foc au ras du pont. Bertrand Chéret souligne que sur les gréements fractionnés, dont la voile d'avant

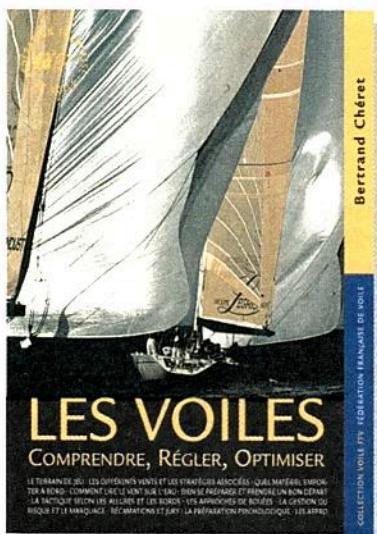
L'aile du catamaran de classe C de Franck Cammas et Louis Viat dans la Petite Coupe de l'America descend au ras du trampolin pour exploiter l'effet de plaque.

ne monte pas en tête de mât, le haut de la grand-voile joue ce rôle de plaque d'extrémité pour la tête du foc.

▲ **L'allongement.** Gustave Eiffel est le premier à avoir fait des études sur l'allongement d'un profil, défini comme un ratio entre le carré de sa hauteur et sa surface. A surface égale, une voile plus allongée est plus performante aux faibles angles d'incidence. L'allongement permet de mieux serrer le vent, d'aller chercher de l'air plus haut (le vent est ralenti par friction au contact de l'eau). Elle pose en revanche des difficultés de tenue du gréement et augmente les poids dans les hauts, accroissant gîte et tangage. Aux allures portantes, une voile ramassée reprendra l'avantage.

▲ **Les cornes.** Les grands-voiles à corne sont de plus en plus présentes sur les bateaux performants. Elles perdent en allongement, étant à surface égale moins hautes que les voiles triangulaires. Leur forme rectangulaire est guidée par un autre principe aérodynamique, qui veut que la distribution idéale des forces s'exerçant sur un plan porteur forme une ellipse. Une forme trapézoïdale favorise cette répartition.

Un autre avantage de la voile à corne sur une voile triangulaire est son rendement plus efficace vers le haut de la voile, là où le vent est moins perturbé : le sommet d'une voile triangulaire est trop étroit pour accrocher les filets d'air. Le haut d'une voile à corne déverse par ailleurs naturellement dans les surventes, dans une forme d'autorégulation de la puissance. ▲



Les notions très schématiquement abordées dans les pages qui précèdent sont décryptées en profondeur dans l'ouvrage «Les voiles» de Bertrand Chéret, publié chez Voiles/Gallimard. Ce livre où ce régatier hors pair a combiné son expérience de maître voilier, ses recherches théoriques et appliquées et son vécu sur l'eau, reste une bible pour tous ceux qui cherchent à mieux comprendre et exploiter leur plan de voilure, sur tous types de bateau et en toutes circonstances. Bertrand Chéret est aussi l'auteur, dans la même collection, de «Voile légère» plus spécifiquement tourné vers la pratique du dériveur et des petits quillards de sport, mais largement transposable à la navigation à voile en général.



Observer ses voiles

On n'a certes pas tous les jours le loisir de regarder sous cet angle les voiles de son bateau. A bord, les réglages s'apprécient plus naturellement dans le prolongement de la chute, c'est-à-dire en se postant derrière le winch d'écoute pour le foc, et dans l'axe de la bôme (ou à défaut sous cette dernière) pour la grand-voile. Pour être inhabituelle, cette vue aérienne offre l'avantage d'embrasser en un coup d'œil tout ce qu'il faut savoir observer et analyser dans le réglage de sa voilure et de ses relations avec le vent et le gréement.

▲ Par Frédéric Augendre

LE CREUX 1 On pourra parler aussi de cambrure. L'importance du creux moyen s'évalue prioritairement à mi-hauteur de la voile. Les bandes de visualisation 2 permettent le cas échéant d'apprécier

les valeurs et les positions de creux à différentes hauteurs.

LE VRILLAGE 3 Une voile ne présente pas au vent un profil mais une succession de profils, étagés les uns au-dessus des autres, et qui peuvent varier dans leur cambrure mais aussi dans leur angle d'ouverture. On parle de vrillage pour décrire l'ouverture progressive des profils du bas vers le haut.

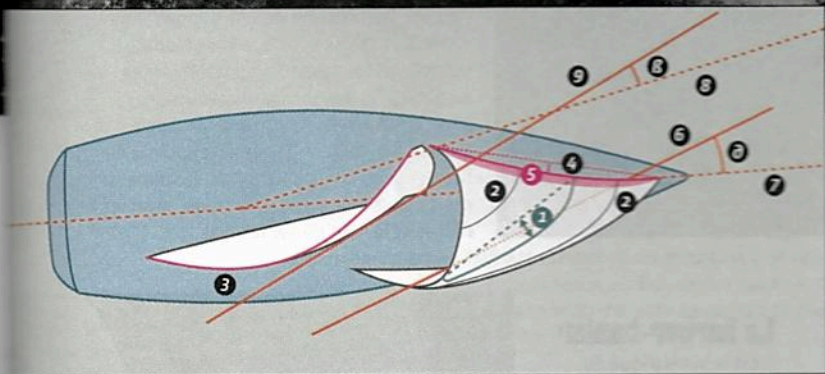
LE DÉVERS D'ÉTAI 4 Le foc exerce une tension sur l'étai d'autant plus forte qu'il est bordé plat et que le bateau navigue près du vent. Un étai rectiligne est une vue de l'esprit, sauf dans le tout petit temps. Le dévers n'est pas forcément un mal, c'est

même parfois une nécessité, le tout étant de le contrôler et d'en jouer à bon escient.

L'INVERSION DE COURBURE 5 Aux très faibles angles d'incidence, parce que la voile est trop ouverte ou trop creuse, le guindant peut présenter une inversion de courbure, dont on parlera aussi comme d'un dévent à l'attaque de la voile. Ce phénomène résulte d'une approximation de réglage (voile insuffisamment bordée) ou de barre (bateau trop lofé), d'une instabilité momentanée (perturbation des écoulements au passage d'une vague), ou d'une volonté délibérée de soulager le bateau d'une partie de sa puissance dans une survente.



Gilles Maréchal-Rouss

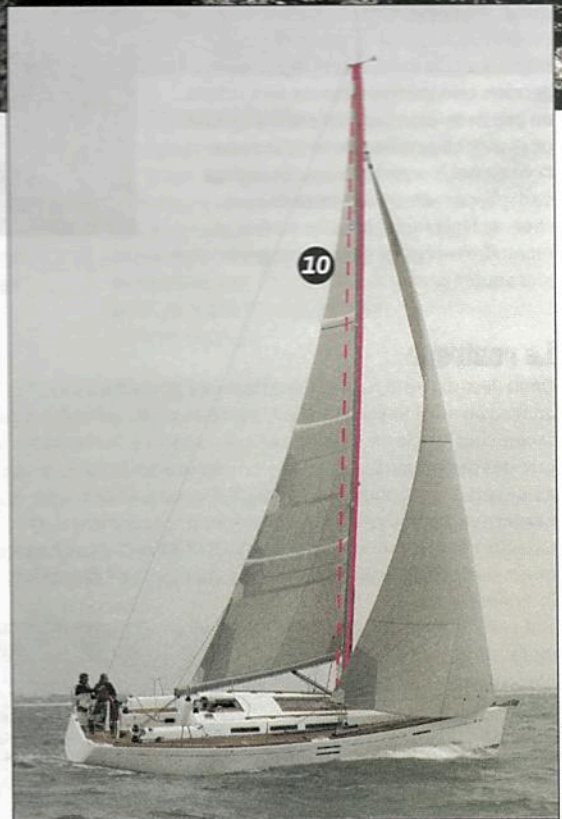


L'OUVERTURE. L'angle d'ouverture de la voile est l'angle **9** que fait son plan moyen **6** avec l'axe du bateau **7**. Plus cet angle est ouvert, plus la force aérodynamique est orientée dans le sens de la marche. Plus il est fermé, plus la composante de la force de dérive est importante.

L'ANGLE D'INCIDENCE 8 C'est l'angle sous lequel l'air en mouvement pénètre la voile. Schématiquement, on peut se représenter cet angle d'incidence du vent avec la voile comme l'angle entre l'axe de la girouette **8** et le plan moyen de la voile

9. Pour un profil de voile donné, l'écoulement des filets d'air sur la voile est optimal dans une plage étroite de quelques degrés, en dehors de laquelle se créent des turbulences néfastes à son rendement.

LE CINTRE 10 Le cintre du mât (sa courbure) est l'apanage des gréements souples. Il s'apprécie plus facilement depuis le pied du mât, l'œil collé à la gorge ou au rail accueillant la ralingue de grand-voile, et en pointant le regard vers le haut de l'espar. ▲



Frédéric Augendre

Si je tire sur tel ou tel cordage, quel effet cela produira-t-il sur la forme de ma voile, son volume ou son orientation ? L'équipage dispose d'une quantité de réglages qui peuvent être mis en action isolément ou de façon concomitante. Revue de détail et rappel des grands principes. Sur les images, les flèches en plein symbolisent l'action du régleur, et celles en pointillés leur répercussion sur les voiles.

Les outils du régleur

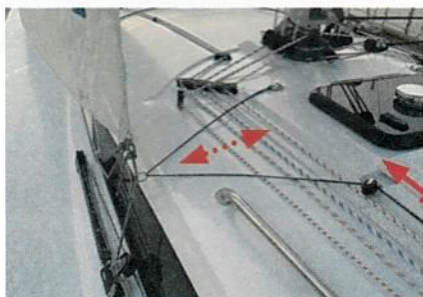
▲ Photos et explications par Frédéric Augendre

L'écoute de foc

L'écoute de voile d'avant joue à la fois sur son angle d'ouverture et sur son creux : l'expression « border plat » parle d'elle-même. Au près serré, les réglages des derniers centimètres d'écoute sont subtils, un peu de tension supplémentaire permet de gagner en cap, trop de tension casse la vitesse et bloque le bateau. Le réglage s'adapte par ailleurs à la force du vent : choquer légèrement dans les molles, et reprendre le réglage dans les plages de vent plus soutenu.

Le rentreur

On parle aussi de in-hauler. L'écoute de foc passe dans un anneau ou un filoir sur lequel est monté un palan permettant de rapprocher l'angle de traction de l'axe du bateau. Sur les bateaux orientés performance, le rentreur vise à ramener le point de tire au-dessus du rouf pour réduire l'angle d'ouverture de la voile et « caper » encore plus haut. On s'en dispense en revanche sur les bateaux dont les rails de génois sont déjà très rentrés, soit parce que le rouf est particulièrement étroit (au détriment du confort intérieur), soit parce que les rails sont boulonnés sur les superstructures et non sur le passavant.



Le point de tire

La position longitudinale du chariot d'écoute de foc intervient sur le creux et le vrillage. En l'avancé, on cambré la bordure et on creuse l'ensemble des profils de bas en haut, tout en tendant la chute. En le reculant, on affine les volumes et on favorise le dévers. En moyenne, l'écoute doit tirer légèrement en avant de la bissectrice de l'angle formé par la bordure et la chute du foc. Les voiles d'avant à fort allongement type « solent » réclament une traction d'écoute plus verticale. En abattant, on avance le point de tire au fur et à mesure qu'on débride l'écoute, pour conserver une bonne tenue de chute. Les voiles à large base (génois, trinquette) sont relativement tolérantes au débridé ; c'est encore plus vrai si leur point d'écoute est haut, c'était la magie des anciens yankees... A l'inverse, les points de tire des solents réclament des ajustements précis, sous peine de voir la chute déverser à l'excès et le haut du foc faser.



Le barber-hauler

C'est le symétrique du in-hauler. En dessous d'un certain angle de vent, entre le bon plein et le vent de travers, lorsque l'écoute est généreusement débridée, la bordure est exagérément cambrée, la chute insuffisamment contrôlée déverse à l'excès, la partie supérieure du foc est déventée. On corrige le problème en orientant la traction de l'écoute vers l'extérieur. Au sens propre, le barber-hauler est un cordage tirant sur une poulie dans laquelle passe l'écoute de foc. On obtient le même effet en gréant une écoute volante (les régatiers parlent volontiers de « short sheet », écoute courte), dont la poulie est frappée sur le rail de fargue ou un pad-eye extérieur. Sur les écoutes de spi, le barber-hauler tire verticalement, et son action revient à avancer le point de tire.





La drisse

La tension de guindant joue sur la position du creux. Drisse peu tendue, attaque de génois fine favorable au cap et recul du creux favorisant la puissance : c'est un réglage petit temps, exigeant beaucoup d'attention du barreur. Forte tension de drisse : avancée du creux, bord d'attaque plus rond pour un comportement plus tolérant dans le clapot ou la mer formée, avec parallèlement un arrière de profil plus tendu et une chute plus ouverte, pour éviter la surpuissance dans un vent soutenu.



La barre d'écoute

Le réglage de la barre d'écoute détermine l'angle d'ouverture de la grand-voile. Au près par petit temps, ne pas hésiter à la monter au vent, avec une bôme dans l'axe et une tension d'écoute modérée. La barre d'écoute descend progressivement dans la brise, mais aussi au fur et à mesure que l'on débride.



Le palan d'écoute

S'il gère l'orientation de la grand-voile au portant lorsque le chariot est en butée, aux allures proches du vent le palan d'écoute agit essentiellement sur la tension de la chute. Pour un rendement optimal, veiller à ce que les penons de chute flottent dans le prolongement de la voile. On accepte de laisser décrocher le penon supérieur pour gagner un peu d'appui, et

grimper encore plus loin dans le vent, mais attention à ne pas casser la vitesse. Sur de nombreux bateaux, un bon repère pour un réglage moyen consiste à ajuster la tension d'écoute de façon à ce que la latte supérieure soit parallèle à la bôme.



Le cunningham

Ce réglage permet d'ajuster la tension du guindant par le bas. En raison du poids de la voile, ces tensions ne sont en effet pas uniformes du haut en bas. Autre avantage du cunningham, apanage des bateaux de course : il élargit la plage de réglages, permettant une tension supplémentaire lorsque le point de drisse est déjà en butée ou au niveau de la marque de jauge.



Le gréement dormant

Si les réglages du gréement courant (composé de tous les cordages «courant» sur le pont ou au travers de poulies) sont accessibles à tout moment en navigation, ceux du gréement dormant ne sont pas sans effet sur la marche du bateau. Ils peuvent être ajustés à un optimum une fois pour toutes sur un voilier de croisière, ou repris quotidiennement sur un bateau de course selon les conditions du jour.

L'étai. Sa longueur détermine la quête du mât, c'est-à-dire son inclinaison dans le plan longitudinal. Une légère quête arrière favorise le cap, tout en rendant le bateau plus ardent.

Le haubanage. Il contrôle la tenue du gréement en latéral, mais aussi le «précintre», c'est-à-dire la courbure du mât au repos. Avec des barres de flèche poussantes, système qui tend à devenir la norme, une tension accrue des galhaubans augmente le cintre, tandis que les bas-haubans retiennent le ventre du mât vers l'avant : on les relâche légèrement (ou on les retend moins que les bas-haubans) dans la brise. En principe, le précintre se règle en harmonie avec la coupe de la grand-voile et notamment de son rond de guindant. La limite de ces réglages est évidemment celle de la raideur de l'espar, ils sont peu opérants sur des voiliers de croisière au gréement largement dimensionné. Les régatiers contrôlent leurs réglages de haubans avec un tensiomètre (photo ci-contre).



La bordure

La tension de bordure joue sur la cambrure des profils inférieurs, avec une répercussion dégressive vers le haut de la grand-voile. Tendue au près et/ou dans la brise pour affiner les profils, choquée dans le petit temps et/ou aux allures portantes pour regagner en puissance. Sur la photo ci-dessus, la bosse de bordure entre les mains du régleur revient au pied de mât, pour continuer son chemin à l'intérieur de la bôme.



Le hale-bas

En contrôlant le débattement vertical de la bôme, il régule le dévers de la chute. Une tension relative de hale-bas au près limite le vrillage lorsqu'on choque de l'écoute dans les surventes. Aux allures abattues, le hale-bas prend le relais de la barre d'écoute une fois le chariot parvenu en butée. Sur les gréements souples, le hale-bas contribue par ailleurs au cintre du mât, en poussant la bôme vers l'avant.



Le pataras

Sur les gréements en tête et les gréements fractionnés modernes dont le panneau libre en tête est relativement petit (gréement 9/10° par exemple), la mise en tension du pataras joue directement sur celle de l'étai. Sur les gréements souples de régates, le pataras joue aussi sur le cintre de mât, à plus forte raison sur les gréements d'ancienne génération et de fractionnement plus important (7/8°, 3/4°...) dont la tension d'étai est

contrôlée par des bastaques. Lorsque le mât se courbe vers l'arrière, le guindant s'éloigne de la chute, et le creux sur l'avant des profils (le « rond de guindant ») s'estompe. Parallèlement le point de drisse se rapproche du point d'écoute : la chute se détend et déverse. ▲

Le langage des penons

Braquée à l'excès, c'est-à-dire présentée au vent sous un angle d'incidence trop fort, une voile décroche : les molécules d'air ne parviennent plus à faire le tour du profil, les écoulements deviennent turbulents, les dépressions sur l'extrados se réduisent à peau de chagrin. Le phénomène est comparable à celui d'un avion trop cabré tombant soudain comme une feuille morte en perdant toute sustentation.

Régler dans la plage fine

Aux allures proches du vent arrière, il n'y a pas d'autre choix que celui des grands angles d'incidence. Le rendement des voiles est désastreux, elles ne fonctionnent plus qu'en traînée, mais au moins leur force vélique s'exerce dans l'axe de progression du bateau, ceci comportant en grande partie cela. En naviguant plus proche du vent, on cherche à faire travailler les voiles dans leur plage fine, c'est-à-dire autour de l'angle d'incidence optimal pour leur profil du moment.

Une fois admis que trop border nuit, on comprend que ce meilleur rendement soit proche de la limite du dévent. Lorsque la voile est pleine, on choque (ou le barreur lofe) jusqu'à ce que la courbe du profil commence à s'inverser sur son bord d'attaque. On ferme la voile (ou on abat) de quelques degrés pour effacer le phénomène, et c'est bon. Au fil de la



▲ Lorsque tous les penons flottent dans le prolongement du profil, les vitesses d'écoulement sont identiques des deux côtés de la chute.

Le décrochement du penon au niveau de la latte supérieure de grand-voile s'explique par une tension de chute supérieure à la normale, dans une recherche d'appui dans la barre afin de gagner en cap. Attention, en procédant ainsi à ne pas casser la vitesse.



navigation, un régleur soucieux de performances, mais aussi d'un bon comportement à la mer de son bateau, restera en permanence à la recherche de ce subtil équilibre, en choquant (ou en lofant) régulièrement de façon à retrouver cette limite du dévent.

Des penons (ou faveurs) de laine ou de tissu léger, collés ou cousus sur la voile, autorisent un réglage encore plus fin, et une meilleure réactivité, en matérialisant par leur comportement l'écoulement des filets d'air. Un penon qui monte, tombe, ou pire encore décroche complètement, signale des turbulences dans sa zone. Si un penon d'extrados (sous le vent) tourbillonne, c'est que le profil est trop braqué. Si son vis-à-vis décroche, l'angle d'incidence est trop faible. Penons sous le vent et au vent parfaitement alignés dans l'aval des écoulements indiquent que ceux-ci sont parfaitement laminaires, et le rendement du profil maximal. Lorsqu'on cherche à pointer plus haut dans le vent, ou à soulager le bateau dans une risée, on accepte que les penons au vent montent, plus ou moins franchement.

Deux voiles, deux systèmes

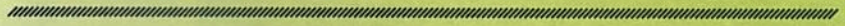
Pour visualiser les écoulements dans le détail, il est arrivé, en soufflerie ou sur l'eau, que l'on recouvre de penons toute la surface d'une voile. Dans la pratique, on s'intéresse d'abord au comportement des molécules d'air au voisinage du bord d'attaque du foc, et les penons sont placés en léger retrait du guindant, au premier tiers de sa hauteur. Installer d'autres jeux de penons plus haut permet de s'assurer de l'adéquation entre le vrillage de la voile et le décalage progressif du vent apparent, qui adonne à mesure qu'on s'élève en altitude (le vent réel étant moins fort au ras de la mer, en raison des frottements). Lorsque tous les penons se comportent à l'identique de haut en bas, c'est que le vrillage du foc est harmonieux.

L'installation de penons à proximité du guindant de grand-voile n'a guère de sens, pour deux raisons. En premier lieu, la présence du mât perturbe les écoulements dans cette zone. Par ailleurs, au près, le vent ralentit dans le couloir entre la grand-voile et le foc, et cherche à contourner ce matelas d'air, créant une inversion de courbure sur l'avant de la grand-voile, qui se prolonge d'autant plus loin que le recouvrement du foc est important et que la brise est forte.

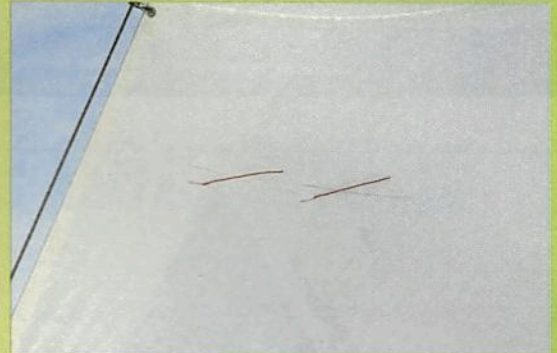
C'est pourquoi les régatiers qui placent des rangées de penons sur leur grand-voile les fixent plutôt sur sa moitié arrière. Dans une première approche, on s'intéressera prioritairement aux penons cousus sur la chute, qui flottent dans son prolongement lorsque les vitesses d'écoulement sur les deux parois de la voile s'équilibrent avant de s'échapper du profil. Un penon qui disparaît derrière la voile est signe que la chute est trop tendue, ou que la voile est trop bordée. Si la lecture des faveurs de chute s'avère essentielle dans le réglage de la grand-voile, elle est aussi riche d'enseignements pour le foc lorsque celui-ci en est pourvu. ▲

LES PENONS SUR L'ATTAQUE D'UN FOC

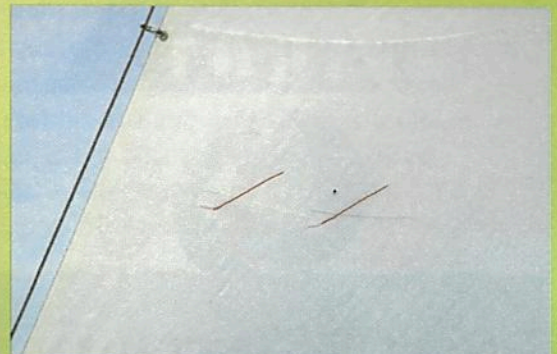
La qualité des écoulements est matérialisée par les penons répartis sur la voile, et principalement sur le tiers avant : si l'écoulement est laminaire (c'est-à-dire tangentiel à la paroi de la voile), les brins de laine sont bien tendus vers l'arrière de la voile. On parle alors de navigation en finesse. A l'inverse, des penons qui décrochent signalent un écoulement perturbé.



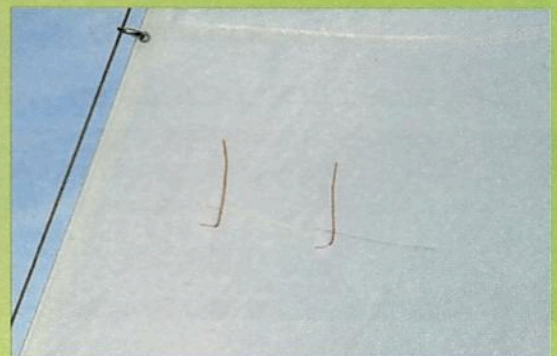
Réglage optimal ▲
Les penons proches du guindant de foc sont rectilignes, quasi parallèles, montant très légèrement côté intrados : réglage optimal, écoulements parfaitement laminaires, force aérodynamique maximale.



Bon réglage ▲
Penons au vent montant en diagonale, sans décoller : le bateau navigue plutôt lofé, parce que l'équipage privilégie le cap sur la vitesse, ou que le barreur profite d'une risée pour monter dans le vent tout en réduisant la puissance du foc et par conséquent la gîte. Le rendement reste correct.



Mauvais réglage ▲
Les penons au vent décollent : le foc n'est pas assez bordé, ou le barreur lofe trop, l'incidence du vent apparent sur le profil de la voile est trop faible, les écoulements sur l'intrados sont perturbés, rendement moindre.



Très mauvais réglage ▲
Les penons sous le vent batifolent : le foc est trop bordé, ou le bateau trop abattu. Le profil « décroche » (de même qu'on parle de décrochage pour un avion trop cabré qui perd soudainement sa sustentation). Le rendement de la voile est encore plus mauvais que dans le cas précédent.





Réglages

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sans jamais oser le demander

▲ Texte Michel Sauget
Photos F. Augendre

Et si régler ses voiles s'avérait moins compliqué qu'il n'y paraît ? Dans une grande foire aux questions, Michel Sauget, patron de Delta Voiles à la Trinité-sur-Mer, balaie les interrogations que les maîtres voiliers rencontrent régulièrement chez leurs clients, et y répond une à une, se situant, chaque fois que le sujet le nécessite, aussi bien du point de vue du régatier en quête de performance que de celui du plaisancier en croisière. Où il ressort que les réglages satisfaisants sur le plan esthétique ne sont pas toujours les mieux adaptés à la bonne marche du bateau, et que si quelques connaissances théoriques ne sauraient nuire il faut savoir aussi oublier le manuel.

Cap ou vitesse ?

1

Au près serré, cap et vitesse fonctionnent comme des vases communicants. Avec un bateau qui marche bien au près, on peut choisir de faire du cap en allant moins vite, ou au contraire vouloir tirer un peu sur la barre pour allonger la foulée. Il y a de petites différences selon les carènes, mais tous les voiliers sont régis par la même loi. On module selon les circonstances, il y a des conditions où il faut absolument tenir un près très haut : soit parce qu'en régate on cherche à se dégager d'un ou plusieurs adversaires, soit en croisière lorsqu'il faut pointer pour passer au vent d'un obstacle. Il existe à contrario des situations où l'on préfère opter pour un près « océanique » (voir encadré page suivante), plus facile, plus tolérant et plus rapide. Dans le cas du près serré, on cherchera à aplatir les voiles et à fermer le plan de voilure. Avec les plans de voilure modernes sans recouvrement, on parvient à rentrer les voiles de manière très sensible. Pour les besoins de la régate entre trois bouées, qui conduisent parfois, pour des raisons stratégiques, à serrer le vent d'encore plus près que ce qui est rentable, on installe même des in-hauteurs – ou rentreurs – de géniois. Ce mode de navigation exige une attention et une concentration soutenues du barreur, c'est la raison pour laquelle lors de grands bords au large on privilégie un près océanique, en restant très raisonnable dans la fermeture du plan de voilure, dans la recherche d'un bateau plus facile, qui se régule naturellement. Du près serré au près océanique, l'ouverture du foc peut varier de 3 degrés.



Capser haut pour tenir une position au vent, ou au contraire « plonger dessous » pour se dégager. Une donnée essentielle : le cap ne peut se construire que sur la vitesse. Il faut d'abord accélérer avant de chercher à lofer.

Grand-voile ou foc, où débutent les réglages ?

S'il y a certainement plusieurs écoles, ma pratique et mon conseil consistent à s'intéresser dans un premier temps au foc. On choisit d'abord le réglage du foc correspondant au but recherché, et dans un deuxième temps on gère avec la grand-voile l'écoulement en aval de la voile d'avant. C'est ainsi sur le foc que s'ajuste la hauteur de cap. Si par une mer plate on peut tout s'autoriser et choisir toutes les options possibles selon la stratégie du moment, il y a une chose que l'on ne peut se permettre impunément, c'est faire du cap lorsqu'il y a du clapot. Attention à ne pas être trop gourmand.



Le bon régulateur est la tension d'écoute : c'est en naviguant plus ou moins bordé que l'on va réussir à tenir un près plus ou moins serré. Avec les plans de voilure modernes sans recouvrement, ou plus précisément avec les

En l'absence de in-hauteur permettant de rentrer le point de tire, sur quel paramètre jouer pour gagner en cap ?

laquelle les régatiers placent des graduations sur leurs barres de flèche, qui fixent des repères et des alertes sur les angles au-delà desquels la chute ne doit pas rentrer. On ne s'amusera pas forcément à marquer ses barres de flèche pour la croisière, mais il faut être conscient qu'avec une chute de foc trop tendue la vitesse tombe, et en chute libre ! Avec un géniois à recouvrement, il y a moins de questions à se poser, la limite est donnée par le contact avec le hauban, et elle correspond généralement très bien au cap que le bateau est capable de tenir.

focs qui s'arrêtent en avant des haubans (voir encadré page ci-contre) cela reste délicat, on peut très vite matraquer une chute et arrêter le bateau. C'est la raison pour laquelle les régatiers placent des graduations sur leurs barres de flèche, qui fixent des repères et des alertes sur les angles au-delà desquels la chute ne doit pas rentrer. On ne s'amusera pas forcément à marquer ses barres de flèche pour la croisière, mais il faut être conscient qu'avec une chute de foc trop tendue la vitesse tombe, et en chute libre ! Avec un géniois à recouvrement, il y a moins de questions à se poser, la limite est donnée par le contact avec le hauban, et elle correspond généralement très bien au cap que le bateau est capable de tenir.

L'in-hauteur rentre le point de tire du foc au-delà de la position du rail, et c'est ainsi que l'angle d'ouverture du foc se referme de quelques degrés supplémentaires, permettant de gagner encore en cap. Au virement de bord, le in-hauteur est impérativement largué et ne sera progressivement repris qu'après la relance et la vitesse de base acquise.

AU LARGE OU SOUS PILOTE AUTOMATIQUE : LE PRÈS OCÉANIQUE

Le près dit « océanique » est ainsi qualifié parce qu'il représente le plus souvent la stratégie la mieux adaptée à la navigation au large. Lorsqu'il y a des dizaines de milles voire des centaines de milles à courir sur le même bord, et que le vent est susceptible de tourner, à quoi bon s'obstiner à gagner quelques degrés de cap ? Autant ouvrir très légèrement les voiles, abattre imperceptiblement, gagner en vitesse : faire courir. Dans la plupart des cas de figure, le bateau suivant un près océanique sera gagnant sur celui qui s'obstine dans un près très serré : si le vent refuse franchement, il faudra de toutes façons contreborder, et si le vent adonne, on aura tout loisir d'infléchir sa route. De plus, une allure légèrement arrivée réclame beaucoup moins de concentration à la barre ; c'est pour cette deuxième raison que le près océanique convient à la navigation sous pilote automatique. Si le pilote est parfaitement capable de suivre à quelques degrés de plus ou de moins un angle donné de vent apparent, il ne sait pas relancer en abattant délibérément lorsque le bateau freine ou ralentit : autant être moins gourmand et lui assigner une consigne plus facile.

F.A.



Sachez tirer un peu sur la barre, votre carène – comme celle de ce Pogo 30 – vous en remerciera.

Jusqu'à quelle limite remonter la bôme ?

Une fois le foc correctement calé, l'intervention sur la grand-voile s'apparente à l'ajustement fin de l'ensemble de la voilure. Il faut opérer un distinguo entre les petits airs et les vents plus soutenus, à partir du médium ou du haut médium. Comparativement à ce qui se faisait vingt ans en arrière, tous les voiliers sont surtoilés, en régate comme en croisière. Dès 14-15 nœuds de vent, sur la plupart des bateaux, on commence à gérer de la surpuissance, le plus important étant de garder le bateau dans ses lignes. Pas la peine de s'obstiner à avoir des réglages visuellement satisfaisants, avec une grand-voile

bien pleine sur sa partie avant, si c'est pour naviguer sur la tranche avec la barre dans le coin. C'est désastreux pour la performance, cela se traduit par une conduite du bateau non maîtrisée, en lacets, des départs au lof. Ce n'est évidemment pas rentable, et c'est de surcroît très inconfortable en croisière. Ce qui prime avant tout, c'est de ne pas dépasser la limite de gîte normale pour la carène du bateau. Il faut donc s'obliger à libérer de la puissance en ouvrant.

Dans les petits airs, à l'opposé, on peut s'intéresser à un bon écoulement dans la grand-voile. Dans le tout petit temps, on peut même chercher à la creuser un peu, notamment en choquant la bordure et en détendant un peu la drisse : les bateaux ont beau être surtoilés, ils ne le sont jamais assez dans le vent faible, il faut récupérer de la puissance en redonnant du volume aux voiles. Sur les bateaux de course, cela peut conduire jusqu'à monter la bôme au vent, ce qui

est une façon de continuer à faire porter une voile devenue très creuse. Le corolaire sera nécessairement un vrillage important, avec un haut de la voile très ouvert. Ce type de réglage permet de générer un maximum de portance, c'est-à-dire de la puissance positive, étant donné que dans les tout petits airs le besoin de portance est tel qu'on accepte en contrepartie d'avoir de la traînée, qui représente la puissance négative. On s'autorise donc des voiles très creuses – générant de la traînée –, en s'imposant tout de même qu'elles respirent dans les hauts. Qu'il s'agisse du géniois ou de la grand-voile, il faut toujours respecter dans ces circonstances un vrillage permettant à l'air de circuler autour des profils.

Dans ces petits airs la bôme du J133 (à droite) est plus haute que celle du Zou 40.2, dépassant même l'axe du bateau. Pourquoi pas, pourvu que le haut de la grand-voile reste ouvert.





Dans le clapot, il faut d'abord éviter de naviguer sur le fil avec un cap trop serré. Chaque choc dans les vagues dissipe une énergie négative susceptible d'arrêter le bateau quasi instantanément. A faire trop de cap, on serait constamment freiné et obligé de relancer en descendant dans le vent pour reprendre de la vitesse, avec pour résultat global un très mauvais rendement. Il est largement préférable d'adopter une attitude médiane en abandonnant quelques degrés de cap. Le maître mot de la navigation dans le clapot est le vrillage des voiles: plutôt que de rechercher un réglage parfait de la totalité des profils pour une incidence de vent donnée, au risque de se retrouver mal réglé dès que l'on s'écarte de cet angle de vent précis, le vrillage permet de conserver en permanence un bon compromis, avec des voiles qui ne sont certes jamais totalement pleines, mais jamais totalement vides non plus. Le maximum de portance est généré par le bas de la voile, dans le meilleur des cas, avec dans la partie haute des penons qui montent. Mais lorsqu'on tape dans le clapot et que le bateau s'arrête, cette partie supérieure des profils assure une relance immédiate puisqu'elle est déjà très ouverte. C'est une règle de base: vriller les voiles dans le clapot, voire les vriller énormément lorsque le clapot est particulièrement court et sec.

Comment régler ses voiles au près dans le clapot ?

Dans le clapot de la rade de Marseille, l'équipage de ce X34 a judicieusement mis du « twist » dans ses voiles, au point d'ailleurs de laisser décrocher les penons supérieurs sur l'intrados du foc.

LE RECOUVREMENT : GÉNOIS À L'ANCIENNE, GRÉEMENT MODERNE ET FOC SOLENT

La notion de recouvrement décrit la façon dont le foc bordé revient en arrière du mât, en « recouvrant » partiellement la grand-voile. Les génois classiques à 150% de recouvrement, dont le point d'écoute dépassait largement les haubans, se prolongeaient donc en arrière du mât sur 50% de la distance mesurée entre le pied de mât et l'étai. Sur les gréements modernes, le foc s'arrête en avant des haubans, il n'en présente pas moins un léger recouvrement (généralement 105 ou 106%), permis par la géométrie des barres de flèche dites « poussantes » (les cadènes de haubans étant implantées en arrière du pied de mât). La notion de voiles d'avant « sans recouvrement » doit par conséquent être légèrement relativisée. Le vrai foc « solent », en revanche, est un foc de brise sans recouvrement. Avec sa bordure au ras du pont, c'est une voile très allongée taillée pour un meilleur cap et un rendement optimal dans des eaux abritées comme celles du Solent, ce bras de mer séparant la côte anglaise de l'île de Wight, Mecque de la régate où cette voile a été inventée.

F. A.



Du 8 M JI France lancé en 1936 au tout récent Dehler 38, l'évolution la plus spectaculaire des plans de voilure concerne le recouvrement, désormais quasi nul.

BARRER À LA LAME

Au près dans une mer formée, le barreur accompagne le mouvement du voilier dans la houle. Lorsque le bateau monte la pente d'une vague, il ralentit, ce qui a pour conséquence de faire adonner le vent apparent: il est alors possible de lofer légèrement pour mieux gagner sur la route. En redescendant derrière la crête, il accélère, le vent refuse, on abat alors pour remplir les voiles et reprendre de la vitesse en perspective de la prochaine vague. Cette façon d'arriver lofé au sommet de la vague puis d'abattre permet de surcroît à la carène de pivoter sur la crête et de redescendre dans le creux en douceur plutôt que de s'envoler pour retomber avec fracas.

F. A.



Chutes tendues pour mieux gagner en cap, c'est légitime par mer plate ou même travers au clapot. Ce type de réglage, peu tolérant, réclame du barreur une attention accrue.

6 Comment ajuster les réglages d'un bord sur l'autre lorsque le clapot n'est pas dans l'axe du vent ?

Ce cas de figure est fréquent : le vent a commencé à tourner, mais le clapot est resté dans la même direction, si bien qu'en tirant des bords on bute beaucoup plus dans les vagues sur une amure que sur l'autre. Sur ce bord face aux vagues on adopte un réglage clapot, bien vrillé, tandis que sur l'autre bord on revient à un réglage normal, avec des écoutes plus tendues et des chutes plus fermées, le bateau étant moins sujet au tangage et risquant moins de planter sur une vague.



Vrillage maximal pour ce Dufour 40 lancé au petit largue. C'est à ces allures proches du vent de travers que le décalage des profils du bas vers le haut des voiles est le plus prononcé.

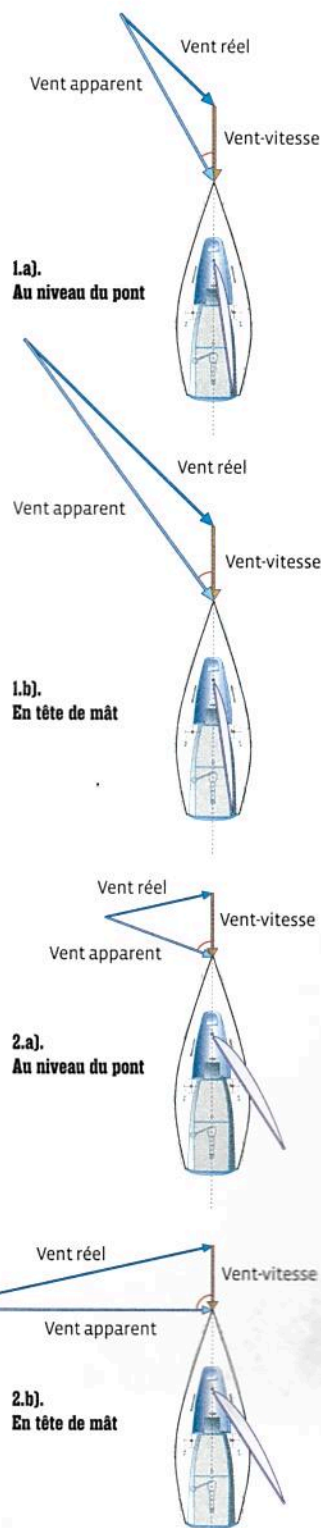
GRADIENT DE VENT, VRILLAGE ET CISAILLEMENT

Le terme de « gradient de vent » décrit une variation de la force du vent avec l'altitude : le vent est plus faible au niveau du sol ou de la mer, en raison des frottements qui le ralentissent, et sa vitesse s'accroît au fur et à mesure que l'on prend de la hauteur. C'est ainsi que le vent réel est plus soutenu dans le haut du plan de voilure qu'au niveau du pont et dans la partie basse des voiles. Pour un même vent vitesse, un vent réel plus soutenu produit un vent apparent plus adonnant. L'angle du vent apparent est plus ouvert dans le haut des voiles,

et c'est l'une des raisons qui conduisent à vriller les chutes. Comme le montrent les schémas ci-contre, ce phénomène – plus ou moins prononcé selon des conditions météo du moment – est beaucoup plus sensible au vent de travers qu'au près serré : les allures de petit largue et de vent de travers sont celles où le vrillage des voiles sera maximal. Plus complexe est la notion de « cisaillement », qui décrit une variation de la direction du vent dans les couches supérieures, parfois observable sur de courtes distances verticales (par exemple lors de l'établissement d'une brise thermique). Un cisaillement vertical conduit à modifier le vrillage d'un bord sur l'autre, mais on entre là dans un domaine d'experts.

F. A.

DANS LES HAUTS, LE VENT ACCÉLÈRE ET ADONNE



Au près, le vent apparent est plus soutenu dans la partie supérieure du plan de voilure (1.b) qu'au niveau du pont (1.a), et très légèrement adonnant. Aux allures proches du vent de travers, la variation d'angle du vent apparent est bien plus flagrante (2.a ; 2.b).

François Chevalier

Du temps des génois, on disait que l'écoute devait s'orienter selon la bissectrice du point d'écoute, et c'était un réglage très stable: lorsqu'on choquait 10 cm d'écoute, le bas de la voile s'arrondissait un peu et la chute s'ouvrait légèrement en proportion. Pour vriller le génois, il fallait donc reculer le point de tire. Sur les plans de voilure modernes avec peu de recouvrement et des voiles d'avant plus élancées, un point de tire réglé selon la bissectrice serait beaucoup trop reculé, avec

une chute déversant à l'excès. La notion mathématique la plus proche du bon réglage est celle de la médiane: il s'agit de la ligne reliant le point d'écoute au milieu du guindant. Cela se conçoit très bien, puisque cela revient à répartir de part et d'autre de la tension d'écoute les deux moitiés de la surface de la voile. Les

Faut-il jouer sur les points de tire pour modifier le vrillage selon le clapot ?

volumes ne sont évidemment pas répartis de façon homogène d'un et côté de l'autre de cette médiane, mais cela reste une très bonne approche pour un réglage moyen. Une fois qu'on a trouvé ce point de tire moyen, il faut rester conscient qu'avec un foc très étroit, et par conséquent une écoute dont l'orientation se rapproche de la verticale, un choqué de quelques centimètres va contribuer à relâcher considérablement la chute. Pour vriller son foc face au clapot, il suffira souvent de relâcher un peu d'écoute, sans forcément reculer le chariot sur son rail. Lorsqu'on a ses repères, on sait par exemple que sur un foc de 12 mètres de haut, choquer 3 centimètres d'écoute a pour



résultat d'ouvrir la chute d'une vingtaine de centimètres, ce qui est considérable. Réciproquement, tendre la chute lorsque le bateau est moins affecté par le clapot va consister à border plus d'écoute. A l'exception des petits airs, où l'on essaie de récupérer de la puissance tous azimuts, il faut toujours se méfier de la tentation d'avancer le point de tire. Dans le médium, et à plus forte raison dans la brise, cela conduirait à rajouter de la puissance là où il n'y en a pas forcément besoin. Il est beaucoup plus dangereux d'avoir un roller de foc trop avancé que l'inverse.

Avec cette voile d'avant à la bordure étroite, réclamant une tension d'écoute proche de la verticale, choquer un peu conduit à détendre franchement la chute, et donc à ouvrir les hauts.



La barre devient dure quand le vent monte...

Avec un tel angle de barre, il ne fait aucun doute que les safrans de ce Django 670 génèrent une trainée excessive. Il faut songer à réduire ou, au minimum, à décharger la grand-voile.

Quand le vent monte, il faut s'attacher à conserver une gîte raisonnable. A partir de 15 nœuds de vent, on cherche donc à gérer la surpuissance en commençant par descendre du chariot de grand-voile, le critère déterminant étant de conserver une barre douce. Certains barreurs aiment bien que le voilier soit légèrement ardent, que cela résiste un peu, d'autres préfèrent une barre totalement neutre. Une règle couramment admise considère que quatre degrés d'angle de barre contribuent idéalement au plan anti-dérive sans générer trop de traînée néfaste à la vitesse. En tout état de cause, il faut rester dans des angles très faibles, où la barre est peu sollicitée et reste douce. A l'inverse, une barre dure signifie que l'on est en train de ralentir le bateau et même si on n'en comprend pas les raisons aérodynamiques, il faut choquer la grand-voile, puisque c'est elle qui fait pivot et rend le voilier ardent. Il est possible que le génois renvoie dans la grand-voile, et que cette dernière devienne sur sa partie avant: il vaut mieux l'accepter plutôt que d'avoir un bateau ardent. Mais si la voile n'est pas fatiguée par l'âge et qu'il est possible par les réglages de réduire son creux, il faudra dans un deuxième temps affiner ses profils pour tenter de conserver des écoulements homogènes sur toute sa surface.

De façon générale, aplatir la grand-voile va dans le bon sens, on réduit ainsi sa puissance mais aussi sa traînée. Le premier moyen d'action sera la bordure: généralement dès 10 nœuds de vent, on supprime ce turbo, utile dans la pétrole mais désormais excessif. Cette tension de bordure augmentera à mesure que le vent monte, dans un deuxième temps il faudra reprendre de la drisse puis, sur les bateaux de régate, le pataras sera sollicité, le cintre de mât contribuant à aplatir encore la voile. En haut de médium, la grand-voile se videra partiellement. En croisière, on n'ira pas jusqu'à la laisser faseyer complètement, il faudra réduire avant. En régate, on supporte en revanche de naviguer avec la grand-voile très largement déventée, en « régulant » dans les molles et les risées.

Répond-on à la risée avec l'écoute de grand-voile ou avec le chariot ?

Iest préférable d'intervenir sur celui des deux réglages qui propose dans une circonstance donnée la réponse la mieux adaptée sur le plan ergonomique. Lorsque les risées sont très fortes, l'adaptation du plan de voilure supposerait de choquer beaucoup d'écoute, ce qui représenterait autant de cordage à reprendre par la suite, au risque de fatiguer et de se retrouver rapidement déphasé. La barre d'écoute devient dans ces conditions un outil beaucoup plus réactif et mieux adapté. C'est théoriquement contestable, car en agissant ainsi la chute reste tendue, la modification de réglage conduisant seulement à ouvrir le plan de voilure, mais cela reste plus efficace. Dans des vents moins soutenus, avec des variations de vent moins fortes et moins brutales, on préférera à l'inverse agir sur l'écoute, de façon à procéder à des ajustements plus doux.

Une règle simple consiste à dire qu'au près on réduit devant et qu'au portant on réduit derrière. Cela se comprend très facilement. Aux allures portantes, le bateau sera plus stable de route en le tirant par un centre d'action des voiles situé le plus en avant possible de la carène plutôt qu'en le poussant. A l'inverse, on pourrait difficilement supporter de

Lorsque le vent monte encore d'un cran, par où commencer à réduire, par le foc ou par la grand-voile ?

naviguer au près avec une voile d'avant qui faseye parce qu'elle est surpuissante et insuffisamment plate : il deviendrait impossible de faire du cap. Tandis qu'avoir la grand-voile déventée derrière le mât est tolérable tant que la chute est bien appuyée.



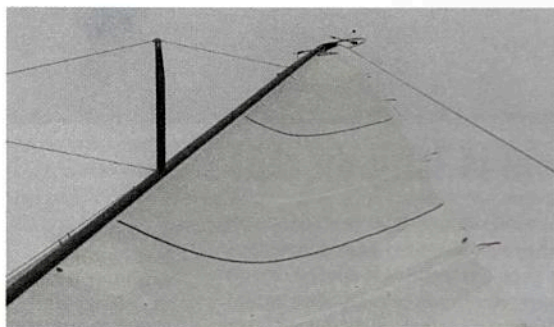
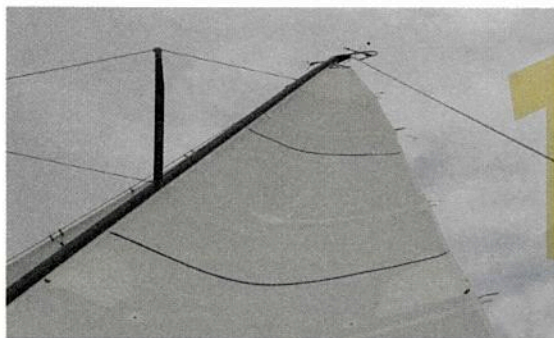
Deux stratégies pour deux types de bateaux et de navigation. Le Bavaria 37 (en haut), doté d'une grand-voile imposante, d'un petit triangle avant et d'un enrouleur, commence par réduire derrière. Au près, les coureurs n'hésitent pas, c'est grand-voile haute et foc solent (en bas).

Réduit-on selon les mêmes principes lorsque la voile d'avant est grée sur un enrouleur ?



Le guindant des génois sur enrouleur est fréquemment muni d'une surépaisseur, qui vise à rattraper le creux au fur et à mesure de l'enroulement. Ce dispositif reste un pis-aller : sous les efforts, une voile d'avant partiellement roulée perd sa forme et une partie de son rendement. Pour préserver une qualité minimale de profil, il faut rouler au-delà du strict nécessaire.

L'enrouleur de génois est un compromis qui produit des résultats plus ou moins satisfaisants. C'est notamment le problème du nerf de chute : lorsque le vent monte, la chute de n'importe quelle voile est soumise à un phénomène vibratoire, nommée faseyement, qu'il faut enrayer à la fois parce qu'il est destructeur pour la voile et parce qu'il génère de la traînée néfaste à la performance. La réponse consiste à reprendre du nerf de chute. Or, lorsque le génois est partiellement roulé, le nerf de chute devient beaucoup moins efficace : le haut du nerf glisse dans sa gaine, sans opposer de résistance à l'endroit où la chute quitte l'enrouleur. Et c'est sans parler des autres inconvénients de l'enrouleur, concernant par exemple la difficulté à gérer la répartition et le contrôle des volumes en fonction de l'enroulement. Retenons par conséquent que, à conditions de vent égales, un génois sur enrouleur doit être réduit au-delà de ce qui représenterait la simple adaptation de sa surface à la force du vent. De manière un peu paradoxale, on peut réduire d'abord en prenant un ris dans la GV, pour retarder le moment de naviguer avec une voile d'avant aux performances dégradées par l'enroulement. Mais si la brise force encore d'un cran, il faudra réfléchir autrement, car on n' imagine pas naviguer avec le génois entier et deux ris dans la grand-voile. Idéalement, il faudrait alors rouler significativement le génois et renvoyer le ris. Dans la réalité, en croisière, cette étape-là est shuntée, et on se retrouve directement sous grand-voile arisée et foc partiellement roulé. Si l'on doit réduire la voile d'avant, autant le faire franchement, quitte à être sous-toilé, afin de limiter les effets néfastes de l'enroulement. Autre particularité du foc sur enrouleur : il monte au fur et à mesure de l'enroulement, laissant apparaître un espace important sous la bordure. Il convient d'avancer le point de tire en conséquence, la limite étant celle de la longueur du rail d'écoute qui, sur de nombreux bateaux, ne se prolonge pas assez loin sur l'avant.



Lorsqu'on se retrouve ainsi en souffrance, il faut tout choquer de partout : détendre les drisses et la bordure, mollir légèrement les écoute, pour redonner du volume et de la puissance aux voiles. Tant pis si cela génère de la traînée supplémentaire, l'objectif est de récupérer le maximum de portance, il ne faut pas hésiter à se lâcher. Lorsque le pataras est réglable, et en particulier sur les

gréements fractionnés, il doit immédiatement être détendu : le mât va se redresser, son léger cintre va s'effacer, du tissu va ainsi reculer vers le centre de la grand-voile et ajouter encore un peu de volume. De façon synchronisée, l'étai va mollir et prendre un peu de flèche, avec la même conséquence pour le génois : du tissu reculant dans la voile et fournissant un volume supplémentaire. Pour les régatiers, le réglage du pataras est d'ailleurs le mode de régulation essentiel lorsque le vent varie en force.

Dans le petit médium, le vent mollit, et rien ne va plus alors que les réglages étaient jusqu'alors satisfaisants. Comment réagir ?

Pataras repris à fond (en haut) : creux résorbé et reculé, chute déversante. L'excès de puissance s'échappe. Pataras mou (en bas) : creux maximal et relativement avancé, chute plus tendue. Portance accrue.

Est-il acceptable de laisser des plis horizontaux sur le guindant de la grand-voile ?

Dans le petit temps, pourquoi pas, cela ajoute du volume à la voile. A l'époque des J24, la grande mode dans la pétrole était de naviguer avec un génois qui festonnait sur l'étai. Lorsque le vent monte, on peut vouloir, avec une grand-voile de régates endraillée dans une gorge de mât, garder de la puissance : ces faux plis sont alors la marque d'un volume plus important que celui du *shape* (la forme, ndr) dans laquelle la voile a été dessinée. Mais il faut garder à l'esprit qu'une voile de croisière à coulisseaux n'est pas prévue pour encaisser ce type de contraintes isolées, il faudra nécessairement reprendre du guindant.

Faut-il modifier la tension de drisse d'un génois sur enrouleur en fonction de la force du vent ?

Avec les voiles en polyester, on avait l'habitude de jouer sur l'élasticité du tissu en tendant la drisse dans la brise pour aplatir les profils. Mais cette élasticité est aussi un défaut, dans la mesure où elle encourage les déformations, et l'on préfère aujourd'hui naviguer avec des voiles beaucoup plus stables de forme. Ainsi un polyester laminé (choix des propriétaires qui, en croisière, aiment avoir une belle garde-robe) est-il beaucoup plus performant, et il ne sert plus à rien de s'escrimer sur son winch de drisse en établissant le génois sur son enrouleur en début de saison. Avec les matériaux modernes, il n'est plus nécessaire d'étarquer les voiles au-delà de la forme qui leur a été assignée à la conception. Ne pas perdre de vue que la tension de guindant dépend aussi de la qualité de la drisse : on ne peut pas espérer garder des profils stables avec des drisses en polyester qui rendent plusieurs centimètres dès qu'elles sont sollicitées. Inutile d'investir dans un beau jeu de voiles sans s'équiper de drisses en Dyneema, ou au minimum construites dans un mélange Dyneema-polyester.



Que signifie un pli diagonal coupant en deux la grand-voile ?

Ce type de pli, conséquence d'un mât trop cintré, n'apparaît qu'avec les gréements souples de régates. De manière générale, un pli marque l'orientation d'une contrainte anormale. En l'occurrence, un pli courant depuis le point d'écoute jusqu'au milieu du mât signifie que sur cette ligne il n'y a pas assez de tissu. Ou encore, ce qui revient au même, que l'on met trop de tension sur cet axe : à cet endroit précis, le mât part trop loin vers l'avant et tire excessivement sur la voile. Le haut de la voile déverse à l'excès, il devient impossible de tenir la chute, on parle de grand-voile « cassée », même si le mot est un peu fort puisque c'est juste sa forme qui casse. Il va falloir limiter le cintre en tirant moins fort sur le pataras, éventuellement en reprenant le réglage des haubans et en raidissant les diagonaux. La notion à retenir est en tout cas la suivante : lorsqu'un pli apparaît sur une voile, c'est que l'on a trop éloigné les deux zones situées aux extrémités de ce pli.

La grand-voile est « cassée », la chute déversante et faseyante au point que le nerf de chute a dû être souqué. Le cintre de mât de ce J109 est trop prononcé, les « diagonaux » ne sont pas assez tendus.



Pourquoi la grand-voile dévente-t-elle parfois le long du mât ?

Plusieurs explications sont envisageables. La première raison serait que la grand-voile a vieilli : elle a pris un excès de volume devenu impossible à résorber, elle traîne cette obésité dans laquelle le génois « renvoie » inévitablement. Le phénomène est encore plus criant si le génois est lui aussi défoncé, que sa courbure est accentuée, et qu'à la sortie de la chute il renvoie l'air encore plus vers l'intérieur que la normale. Deuxième hypothèse, la grand-voile est trop ouverte, mais cela peut être un mal nécessaire pour conserver une barre douce. La bordure est éventuellement trop relâchée, il va falloir l'étaquer. Sur un gréement souple, on n'a pas assez pris de pataras pour aplatir la grand-voile. Enfin, si on n'est pas au près mais à une allure plus arrivée comme le bon plein, il est possible que le génois soit trop bordé ou son point de tire trop à l'intérieur. La solution est alors de frapper sur le livet de pont une écoute extérieure de façon à écarter le point de tire. Si on reste sur l'écoute principale, le génois a beau être réglé correctement et bien ouvert dans le haut, sa partie basse qui revient vers le roller d'écoute est excessivement fermée, induisant un flux d'air repoussant l'avant de la grand-voile.

À gauche le guindant est totalement déventé, et c'est assumé. Bordé sur l'extérieur, le génois de ce Bongo 960 (à droite) renverrait d'autant moins, avec une grand-voile mieux remplie – ou plus ouverte.

En dériveur, le hale-bas permet d'accentuer le cintrage de la partie basse du mât. Mais sur un voilier de croisière, et même sur un bateau de régate habitable, cet effet est négligeable. Qu'il s'agisse d'un génois ou d'une grand-voile, une des préoccupations essentielles pour déterminer la forme des profils est la façon de positionner le point d'écoute dans les trois dimensions : longitudinalement, latéralement et en hauteur. Pour la grand-voile, le positionnement avant-arrière

découle de la tension de bordure, le contrôle latéral dépend de l'écoute et le hale-bas assure cette fonction de réglage vertical. Mais lorsqu'on dispose d'une barre d'écoute, il y a un moyen aux allures de près de tirer plus fort vers le bas qu'avec un hale-bas, c'est la tension du palan d'écoute. Dans la pratique, tant qu'on navigue à des allures relativement proches du vent et que l'on reste dans les limites de débattement du chariot de grand-voile, c'est le chariot qui

Quel est le rôle du hale-bas de bôme ?

permet de contrôler la bôme en latéral, et l'écoute qui assure le contrôle vertical (et par conséquent la tension de chute). Les réglages sont alors beaucoup plus simples et précis qu'en intervenant exclusivement sur un hale-bas. Tant que la bôme est à l'aplomb du rail, toutes les combinaisons et toutes les latitudes de réglage sont permises grâce au duo écoute-chariot. Le hale-bas ne prend le relais qu'aux allures plus abattues, lorsque le chariot est en butée. En régate, le plus simple est de pré-régler son hale-bas de façon à maintenir la tension de chute souhaitée lorsqu'on abat après la bouée au vent. Il sera évidemment mou au près, mais c'est sans importance. Sur les bateaux de croisière dépourvus de barre d'écoute – comme en produisent de plus en plus les chantiers, probablement pour des raisons de coûts –, le contrôle de la chute dépend à l'inverse totalement du hale-bas, à toutes les allures. Avec pour contrepartie de très fortes tensions sur cet équipement.



Deux pataras volants à gérer sur ce Django 670, c'est le prix à payer pour cette surface de grand-voile très généreuse.

Quel est l'intérêt des grands-voiles « full-batten », entièrement lattées ?

En croisière, les gains se mesurent en termes de facilité d'usage, sous réserve que les chariots de lattes sur le mât soient efficaces et correctement dimensionnés. Sur de grosses unités, cela induit obligatoirement des systèmes à billes, avec des coûts élevés. Le premier avantage est la quasi-absence de fâsement. Cela s'observe très bien sur les grands multicoques à l'arrêt sur une ligne de départ : leurs grands-voiles ne battent jamais, elles passent doucement d'un bord sur l'autre en produisant peu de traînée. Ce comportement aérodynamique induit plusieurs éléments de confort, comme la capacité à naviguer légèrement surtoilé en ouvrant la voile sans qu'elle fâse. Le bénéfice économique est par ailleurs important, même si cela représente un surcoût au départ, car ces voiles entièrement lattées vieillissent infiniment mieux que les voiles classiques. En course, l'usage des voiles full-batten se justifie pour les séries dépourvues de pataras, lorsque le plan de voilure est conçu avec un rond de chute important impossible à tenir avec des lattes flottantes.

Le drame serait précisément de vouloir en toutes circonstances aligner ses penons, ceux du bas comme ceux du haut, intrados et extrados travaillant parfaitement sur toute la hauteur du foc, comme dans les livres. A ce jeu-là, par 18 nœuds de vent avec le grand génois, on est sûr d'arrêter le bateau, simplement incapable de supporter la puissance maximale de sa voile d'avant. Il faut accepter de libérer de la puissance par le haut, commencer à vriller pour voir décrocher la rangée supérieure des penons intérieurs et déventer le haut de l'intrados, en choquant un peu d'écoute et en reculant éventuellement légèrement le point de tire. Au pire, on vide aussi l'extrados, ce qui signifie que le haut de la voile entre en faseyement : si c'est la sanction incontournable pour que le bateau revienne dans ses lignes, cela vaudra toujours mieux qu'un bateau trop chargé avec un foc impeccablement réglé et un barreur s'accrochant à sa barre pour éviter le départ au lof.

C'est d'abord une histoire de cap. En croisière, inutile de se faire mal, il suffira de s'écarter du vent arrière et de lofer légèrement pour que le bateau se stabilise. C'est aussi une histoire de carène. Il fut une époque où l'on considérait que le roulis au portant était gage de performance : on disait d'ailleurs « bon rouleur, bon marcheur ». Aujourd'hui, cela paraîtrait totalement décalé, les carènes se sont élargies, mais il y a malgré tout des situations où cela roule. En course, lorsqu'on cherche à descendre au plus près du vent arrière pour des raisons stratégiques, on pourra apporter de petits correctifs : raidir le hale-bas de bôme pour tendre la chute de grand-voile et donner de l'appui au barreur, brider

Le bateau roule au portant...

le spi vers le bas pour interdire son balancement latéral qui amplifie les phénomènes oscillatoires. Mais la meilleure réponse globale sera, là aussi, d'adapter la route en fonction de l'orientation des vagues et de la houle. Un bateau stable exploite bien mieux ses voiles qu'un bateau rouleur dont le plan de voilure subit à chaque oscillation des variations brutales de vent apparent.

Tous les penons du génois sont en ligne, le vent monte et le bateau n'accélère pas. Que se passe-t-il ?



Comment contrer une tendance à l'abattée ?

Stress légitime à bord de ce First 31.7. C'est le genre de situation où il faut savoir débrasser, sans attendre. Et dans la suite des événements, naviguer un cran plus haut.

Un tel risque n'existe que sous spi symétrique. Les asymétriques, qui conservent toujours un centre de poussée sous le vent de la carène, peuvent encourager un départ au lof, jamais à l'abattée. Si le bateau a une tendance à l'abattée, c'est que l'on est sur le fil, en naviguant trop bas. Le départ à l'abattée résulte d'efforts sur les voiles entraînant un pivotement du bateau sous son vent, et supérieurs aux efforts que le barreur peut produire pour contrer ce mouvement : les centres de poussée vélique sont trop montés au vent, il faut débrasser le spi.



Orienter le tangon à la perpendiculaire du vent apparent est une bonne base de départ : c'est le moyen évident de projeter au vent apparent la plus grande surface possible de spi. Autour de ce réglage moyen se joueront des nuances : débrasser si le bateau manifeste une tendance à l'abattée, débrasser aussi dans le clapot de façon à obtenir un spi plus rond et plus puissant. Le bon rendement d'un spi passe par sa stabilité. Moins il bouge, plus il est efficace, et c'est ce critère qui déterminera la hauteur du tangon. Si le spi est instable, il doit être bridé vers le bas. Concernant le réglage du barber d'écoute et la hauteur de la pointe de tangon, il y a une règle immuable : le point d'écoute d'un spi ne doit jamais être plus bas que son point d'amure, sous peine de refermer la chute et de surborder le haut de la voile. Une autre manière de respecter cette règle, lorsqu'on n'a pas la vision de son point d'écoute masqué par la grand-voile, est de ne pas voir basculer sous le vent la couture verticale située au milieu du spi. Au large serré, il est même intéressant de descendre le tangon plus bas que le point d'écoute, ce qui revient à modifier la forme du spi symétrique pour le transformer en asymétrique, en ramenant le creux vers la zone où l'on a créé une tension supplémentaire, en l'occurrence vers le guindant. En vrillant ainsi le spi, et en calant son creux, on le rend aussi plus tolérant dans le clapot : même lorsque la première laize de guindant referme, elle reste bien appuyée et le spi demeure stable. Sur une mer plate, on pourra à l'inverse chercher à serrer le vent avec un tangon plus haut, ce qui garantit des profils plus fins. Mais sans jamais monter la pointe du tangon plus haut que le point d'écoute!

Quel est le bon réglage d'un tangon de spi ?

Dans les petits airs (en haut), descendre le tangon contribue à creuser les profils, dans une recherche de portance maximale. En bas : tangon brassé à 90° du vent apparent, les deux points du spi à la même hauteur.



Didier Ravon



Les J80 descendent très bas (à gauche). Avec un asymétrique conventionnel (ci-contre), basculer le guindant au vent en choquant de l'amure est un pis-aller. Tous les spis se règlent à la limite du dévent de guindant (en bas).

Peut-on descendre au vent arrière avec un spi asymétrique ?

Des bateaux comme les « J » y parviennent, au prix d'un grand bout-dehors, condition *sine qua non*. Un spi asymétrique amuré à l'étrave ou sur la delphinrière ne sera jamais d'un rendement extraordinaire pour descendre dans le vent. Sans tangon ou bout dehors orientable, il est de toutes façons inimaginable de descendre plein vent arrière, le spi se retrouvant masqué par la grand-voile. Il faut lofer un peu, prendre un minimum d'angle, et un grand bout-dehors permet alors d'augmenter considérablement la surface de spi projetée au vent. Par ailleurs, les spis asymétriques dessinés pour le vent arrière ont une forme particulière permettant à leur guindant de monter au vent. Mais ces considérations ne concernent que les coureurs. On peut parier qu'en croisière il n'y aura plus bientôt que des voiles enroulables, facilement gérables en équipage réduit. Ce type de voile peut parfaitement être établi en ciseaux et tangonné pour naviguer vent arrière. ▲



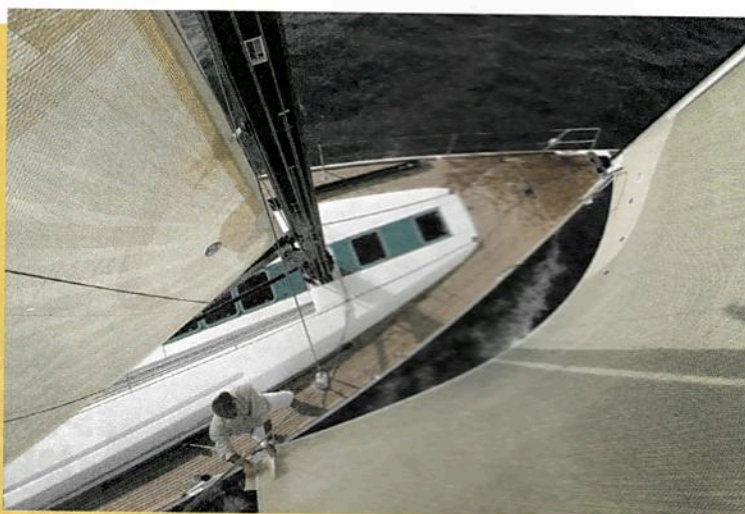
PRÉSERVER ET ENTREtenir SES VOILES

Les principaux ennemis, s'agissant du vieillissement des voiles, sont les rayonnements ultraviolets et le fasyement. Les bandes de protection cousues sur la chute des génois sont destinées à les protéger des UV. Attention, lorsqu'elles sont de même couleur que la voile, à enrouler dans le bon sens. Plus chères, les protections acryliques sont aussi plus efficaces, seuls les polyesters anti-UV de dernière génération offrent des performances similaires. Sous des latitudes moyennement ensoleillées, en Bretagne par exemple, des bandes anti-UV assumeront leur rôle pendant cinq ou six ans avant de devoir être remplacées. Les premiers signes d'alerte apparaissent au niveau des coutures, lorsqu'elles lâchent il est temps d'agir. Un propriétaire soigneux de ses voiles pourra renouveler ces bandes de protection jusqu'à deux fois dans la vie d'un génois. Sous les tropiques, il est préférable d'équiper ses voiles de bandes anti-UV de grammage supérieur et de les renouveler plus fréquemment.

Les propriétaires soucieux de naviguer avec de belles voiles aux profils bien homogènes – souvent d'anciens régatiers – préfèrent éviter la présence sur les chutes de ces bandes de tissu qui modifient inmanquablement la répartition des contraintes. L'alternative consiste à protéger ses voiles d'avant roulées au moyen de housses envoyées sur une drisse. De façon générale, on ne doit pas laisser ses voiles exposées aux UV lorsque le bateau est au mouillage ou au port. Sur la bôme, le lazy-bag doit systématiquement être fermé, à défaut la grand-voile est recouverte d'un taud.

Les régatiers acceptent de laisser fasyer leurs voiles dans les phases de départ, ou de multiplier les virements de bord, mais ils renouvellent fréquemment leur garde-robe. En croisière, on limitera au maximum les situations de fasyement. La vibration des chutes est particulièrement destructrice. Lorsque le vent fraîchit, il faut bloquer ce phénomène en tendant le nerf de chute, quitte à ce que l'arrière de la voile forme une cuillère lorsqu'elle a déjà vécu. Hisser son spi au port la tête en bas pour le faire sécher est une très mauvaise idée, sauf en l'absence de vent. Sécher ses voiles avant de les stocker n'a d'ailleurs de sens que si elles ont été préalablement débarrassées de leur sel par rinçage à l'eau douce, à plat sur une pelouse par exemple. Le lavage à l'eau savonneuse avec une brosse douce est possible, surtout ne pas utiliser de détergent agressif. Lorsqu'on plie ses voiles pour les ranger, éviter de les remettre toujours dans les mêmes plis.

F.A.



Gilles Martin-Ringet

Le réglage du nerf de chute ne relève pas d'une coquetterie : les vibrations ont des effets destructeurs.

Avec des centaines d'utilisateurs passionnés (qui l'utilisent le plus souvent possible) et le lot de détracteurs habituels qui accompagne toutes les révolutions techniques (la plupart ne l'auront jamais ou pas bien essayé), le Parasailor continue d'alimenter la polémique qui tourne autour de ce concept-voile tellement moderne qu'il bouleverse tous les codes du portant en le mettant enfin à la portée de tous les plaisanciers. Parce qu'il combine – de faits avérés – la plage d'angle la plus étonnante qui couvre les polaires de tous les spi, gennakers et asymétriques réunis à l'abandon du sacro-saint tangon en permettant enfin des changements de bords fluides et sans efforts, le Parasailor semble presque trop beau pour être vrai et trop facile pour être performant. Et pourtant...



Pourquoi prendre des ris dans sa grand-voile par petit temps ?

Encore une fois, faire le choix du Parasailor c'est aller à l'encontre des idées reçues et bousculer ses habitudes. Pourquoi une voile si différente devrait-elle s'utiliser comme toutes les voiles habituelles ? Prendre des ris dans sa grand-voile semble un renoncement à la puissance, inacceptable pour les puristes... Pourtant, ça peut être indispensable à certaines allures et par certaines forces de vent car le Parasailor a amené une telle révolution du portant avec son aile intégrée qu'il en a presque fait oublier son plus grand détournement des usages habituels : utiliser un spi symétrique surdimensionné au travers et au près bon plein alors que c'est la fonction habituelle de l'asymétrique jusqu'à 40% plus petit ! Sur tous les bateaux ce spi atteint le 60° APP (90 réel). Dans cette configuration le bateau se crée son propre vent cumulé à la force du vent réel et peut vite flirter avec le départ au lof – là encore, un bateau équipé d'un Parasailor partira moins au lof que le même équipé d'un asymétrique car la portance de l'aile réduit la gîte – si sa polaire est méconnue et la grand-voile pas maîtrisée.

Au vent arrière (150° APP/180°) la grand-voile n'a plus de puissance et elle va raguer sur les galhaubans quelque soit la force du vent – avec le risque certain de s'abîmer – d'où un nouvel usage de la prise de ris même par petit temps – et bien que ce soit un peu déroutant au début : l'aile appréciera l'apport de vent supplémentaire dans les hauts qui ne seront pas masqués par la tête de la grand-voile qui elle aussi vous remerciera de ce traitement plus doux et qui rendra les empannages involontaires moins violents. Le barreur appréciera, par mer formée, la portance de l'aile dont la composante verticale allégera l'étrave et stabilisera ainsi le bateau au portant. Moins d'enfournement et une plus grande efficacité du ou des safrans.

Du grand largue (140-150° APP) au bon plein (60° APP), la grand-voile retrouve ses pleines fonctions alors autant l'utiliser judicieusement : par vent faible à ces allures, elle contribuera pleinement à la vitesse du

bateau en complément du Parasailor et il sera possible ou nécessaire de relâcher les ris. Par vent fort, le barreur appréciera de ne pas être encombré de la surpuissance et de l'instabilité de sa grand-voile – qui est l'élément principal déclencheur du départ au lof avec un centre de poussée vélique trop en arrière – pour se concentrer sur le réglage de son Parasailor et obtenir la vitesse maximum du bateau.

Peut-on utiliser le Parasailor en régate ?

Le Parasail et le Parasailor sont acceptés en régate ORC/IRC et sur la plupart des régates côtières en HN hors monotypie. Considérées comme un atout précieux pour les traversées transatlantiques, plus d'une trentaine de nouveaux Parasailors s'élancent chaque année à l'assaut de l'Atlantique au départ de l'ARC... Pour les régates côtières, en double ou en solitaire, l'absence de tangon, la plage d'utilisation garantie de -60° à +60° APP et la facilité à changer de cap sans changer de voile font de lui un atout non négligeable pour le régatier occasionnel. C'est sur les monocoques en équipage formé qu'on pourra alors améliorer les performances avec le retour d'un tangon bien maîtrisé qui permettra de décrocher le Parasailor de la grand-voile pour cumuler la pleine puissance des deux. Les performances ne sont pas limitées aux monocoques, pour preuve récente Pierre Cosso qui a remporté la Tahiti Pearl Regatta en 2013 sur son Outremer 45 équipé d'un Parasail de 174 m².

Comment trouver les meilleurs réglages du Parasailor ?

Aucune voile n'ayant tous les attributs ni toutes les fonctions, il est normal que le Parasailor ne fonctionne pas bien en dehors de sa polaire mais à l'intérieur, après un petit temps d'adaptation (ou d'entraînement pour la régate) – comme pour tous les équipements dont on attend des performances – le Parasailor restera une voile très simple à utiliser. Il y a deux ou trois particularités à connaître comme ne pas étarquer la drisse, ne pas vouloir étarquer le guindant au travers, le laisser voler sans vouloir le brider, laisser doucement fassayer sa chute au vent... Ou encore à l'affalage lorsqu'il faut poser la bouche 3 secondes sur l'aile pour la dégonfler et bien sûr aussi s'habituer à un système à quatre écoutes. Mais l'ensemble est plus impressionnant sur le papier que dans la pratique et les utilisateurs le confirment. Conscient que sa voile bouscule toutes les habitudes et a besoin de nouveaux repères, le fabricant offre une prise en mains complète de sa voile lors d'un essai en mer complet à chaque livraison – le plus souvent possible sur le bateau de l'utilisateur – soutenu par un importateur français à la disposition de ses clients 7 jours sur 7 et 16 heures sur 24... De quoi rassurer les derniers hésitants.



Contact : Annie & Marc BERNARD
04 94 43 30 98 / 06 88 42 63 21

www.voileriejacana.com



Laurent Charpentier

Ailes souples et voiles épaisses

Un nouveau paradigme pour la plaisance ?

Par Pierre-Marie Bourguinat

Un profil épais comme substitut à la fine membrane des voiles : le concept n'est pas neuf, il a été élaboré voici près d'un siècle, et de valeureux pionniers l'ont porté à bout de bras, avec des résultats et des fortunes divers. Il repointe le bout de l'aile, soutenu par une nouvelle préoccupation : simplifier à l'extrême la gestion de la voilure.

Tous ceux qui ont suivi les images ahurissantes des AC72 lors de la 34e Coupe de l'America en baie de San Francisco ont compris que la voile était entrée dans une nouvelle ère. D'ici à imaginer des ailes rigides sur nos bateaux de plaisance, il n'y a qu'un pas... de géant.

Compte tenu de leur technicité et des complications logistiques (c'est un euphémisme) qu'elles sous-tendent, les ailes rigides relèvent du haut vol. Elles restent et resteront pour longtemps le domaine de la voile extrême.

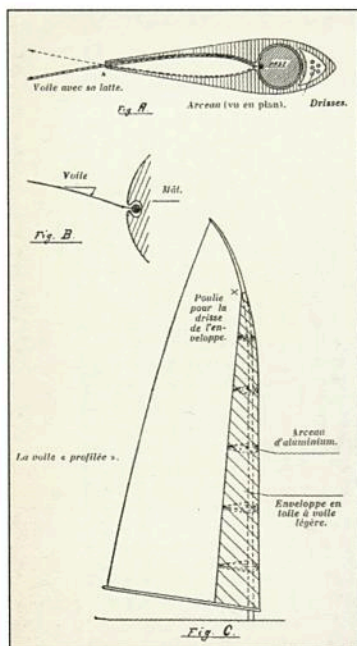
Mais rien n'empêche de réfléchir aux bénéfices techniques d'un profil d'aile d'avion avec une autre souplesse d'utilisation. Une aile en matériau souple ? Voilà sans doute une bonne idée. Un bref retour en arrière sur l'histoire des techniques montre d'ailleurs qu'inventeurs et GéoTrouvetou n'ont pas attendu les AC72 et la Coupe de l'America pour s'y intéresser.

Les bénéfices de l'aile

Qu'on parle d'une aile ou d'une quille, c'est toujours de profil qu'il s'agit. Et qui dit profil dit portance, mais aussi traînée, néfaste à la vitesse. Un bon profil, ou un profil bien utilisé, est donc celui qui maximise la portance tout en limitant la traînée. Une fois

ce rappel d'usage effectué, qu'apporte le profil d'une aile par rapport à une voilure classique ?

▲ **Qualités aérodynamiques :** un profil symétrique comme une quille ou un profil mince comme une voile ne génèrent de la portance que parce qu'ils attaquent leur fluide (l'eau ou l'air) avec un certain angle. La supériorité fondamentale de l'aile – rigide ou souple, d'avion ou de bateau – c'est que son profil dissymétrique génère une portance beaucoup plus élevée à des angles d'incidence faibles, avec en parallèle une traînée réduite. Sur les graphiques ci-contre issus d'études réalisées en soufflerie, on voit clairement qu'un profil épais dissymétrique atteint le maximum de sa portance entre 15 et 20 degrés et génère alors une traînée extrêmement réduite. De son côté, un couple de deux voiles (grand-voile + foc) atteint son rendement maximum à 30 degrés d'incidence mais au prix d'une traînée importante. On comprend dès lors l'intérêt d'un profil épais



Christian Fèvre

aux allures près du vent et à haute vitesse (et les performances des AC72 de la coupe de l'America).

▲ **Cambrure et vrillage.** L'intérêt de disposer d'une aile, c'est de pouvoir choisir et contrôler le profil dans les trois dimensions. Sur une aile rigide composée de plusieurs volets, on peut en particulier dissocier cambrure et vrillage. La première notion désigne le niveau de dissymétrie du profil, que l'on peut faire varier selon la vitesse du vent apparent mais aussi de

ce que l'on veut obtenir: plus de cap ou de vitesse par exemple. Cette cambrure peut d'ailleurs être différente entre le haut et le bas de la voile. A ne pas confondre avec le vrillage qui, lui, représente l'incidence du profil (et donc visuellement l'ouverture de la chute) en fonction de la hauteur.

▲ **Stabilité.** C'est le dernier atout de l'aile. Même si les voiles lattées et les matériaux composites modernes ont fait de gros progrès et limitent beaucoup le fâsement, la stabilité d'une aile et son absence

Dans l'entre-deux-guerres, Manfred Curry expérimentait déjà les ailes souples (croquis à gauche). Un demi-siècle plus tard, Jean-Yves Terlain équipait son trimaran d'une grand-voile épaisse (photo ci-dessus).

d'ondulation très près du vent en font une arme redoutable dans les «lofing-match» mais lui confèrent aussi une structure qui souffre et s'use peu.

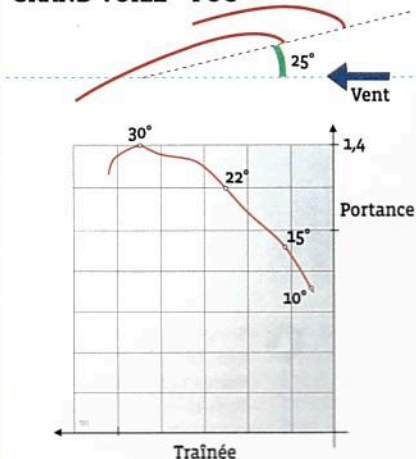
De Manfred Curry aux AC72

Croire que l'expérience des ailes sur des voiliers a commencé par la 34^e Coupe de l'America serait occulter près d'un siècle de recherches, tâtonnements et découvertes. Des ailes apparaissent dès 1966 sur les catamarans Class C de la Petite Coupe de l'America. Denis Conner en grée une sur Stars and Stripes pour son défi victorieux contre New Zealand en 1988 dans la «grande» Coupe. Voici quelques dates clés pour comprendre comment les ailes souples ont fait leur chemin en parallèle de leurs cousines rigides.

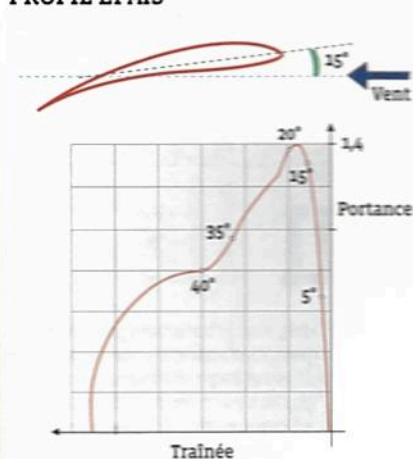
▲ **Curry et la voile profilée.** La parution en 1925 de *L'aérodynamique de la voile et l'art de gagner des régates*, de Manfred Curry, est la première formalisation de véritables recherches physiques appliquées à la navigation à voile. Brillant régatier, Manfred Curry a l'intuition que la présence du mât devant la grand-voile est une source de perturbations majeures. «Le résultat recherché, note-t-il, ne peut être obtenu qu'en profilant le mât et la voile en suivant exactement la forme d'une aile d'oiseau.» Mais le physicien allemand, né de parents américains, n'est pas qu'un intuitif. Il réalise plusieurs maquettes de voiles en fer-blanc dont l'une avec un mât profilé qu'il compare dans le tunnel à vent du professeur Junkers en Allemagne. Pour conclure: «Le profilage du mât et de la voile est équivalent à une augmentation de pression de 30 à 40 %, et en même temps, la résistance

Suite p. 68

GRAND-VOILE + FOC



PROFIL ÉPAIS



PROFIL ÉPAIS CONTRE COUPLE TRADITIONNEL

Les courbes ci-dessous illustrent l'évolution de la portance et de la traînée de deux plans de voilure différents, en fonction de l'angle d'incidence du vent apparent. Les voiles classiques produisent leur portance maximale à 30°, avec une traînée importante, et leur rendement n'est significatif qu'au-delà d'un angle minimal de 20°. Le profil épais atteint sa portance maximale à moins de 20° d'incidence, et s'avère très efficace dans la fourchette 10-15°, ce qui explique ses capacités remarquables lorsqu'il s'agit de remonter au vent. Aux angles d'incidence «utiles» sa traînée s'avère de surcroît bien plus faible que celle du plan de voilure classique.



La goélette Matin Bleu, avec ses deux ailes imaginées par son constructeur, Guy Beaup, a bouclé un tour du monde.



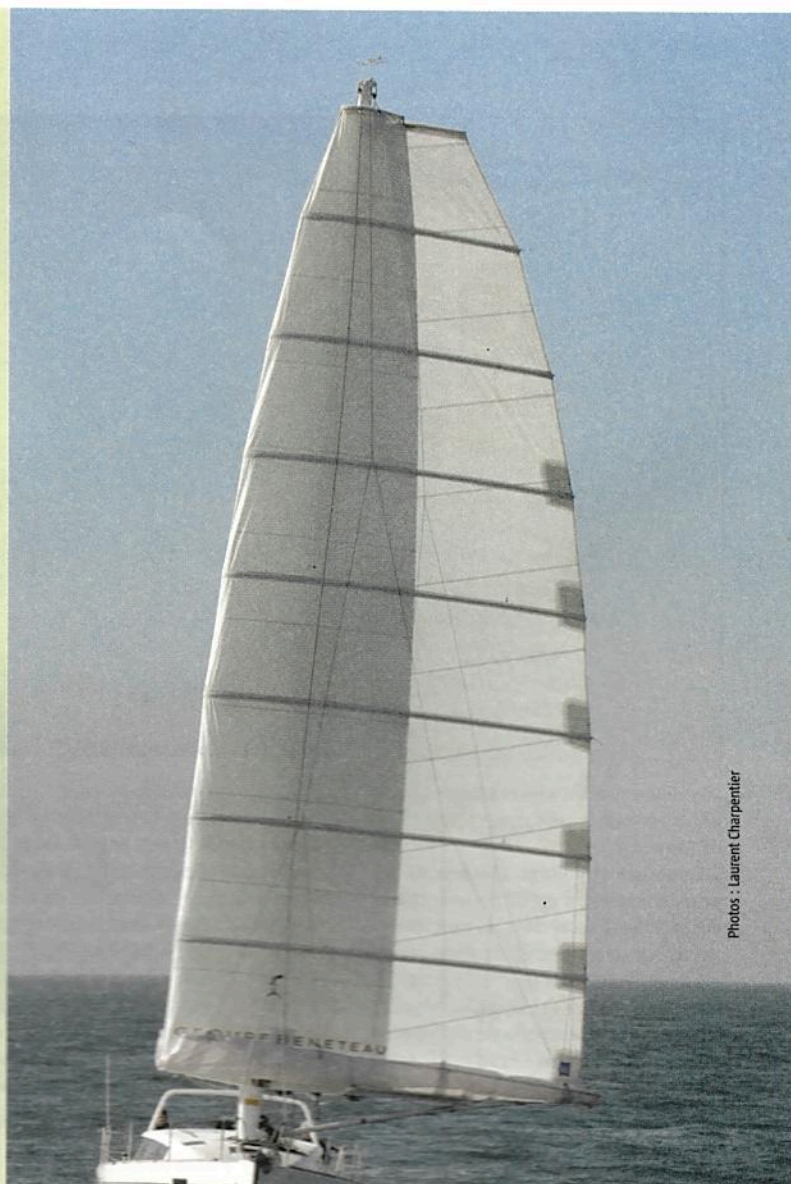
A bord du Sense 43. L'arrière du profil est une membrane fine, c'est l'articulation du balestron qui confère à l'aile sa cambrure.



Les cerceaux raidissant le bord d'attaque de l'aile et définissant son profil viennent en appui sur la face avant du mât.



Nul besoin de venir bout au vent pour hisser ni pour affaler, il suffit de mettre l'aile en drapeau.



Photos : Laurent Charpentier

Le gréement Matin Bleu

La goélette *Matin Bleu* est un plan Lerouge de 14,80 m à déplacement léger. Elle a amené la famille Beaup, qui l'a intégralement construite en bois époxy, autour du monde en passant par la Patagonie pendant six ans et 60 000 milles. Depuis, Bénéteau a commandé à Guy Beaup un gréement identique pour équiper un Sense 43. L'intérêt principal du gréement *Matin Bleu* est sa grande simplicité, basé sur une approche très pragmatique de l'aérodynamique. Partant du principe qu'en bateau on cherche le maximum de portance dans une gamme de vitesses réduites, Guy Beaup considère qu'il faut comparer le profil asymétrique de son aile au volet d'atterrissage d'un avion. Le mât est autoporté de forme biconique, réalisé en un mixte verre (bibiais) et carbone (UD). Au-dessus

du pont, le balestron prolongé d'un palonnier permet d'actionner les deux parties solidaires de la voile. La partie avant est épaisse et structurée par des lattes en forme de cerceaux, réalisées en composite. Ces lattes sont indépendantes du mât, elles s'appuient simplement dessus avec la pression du vent. Elles sont connectées par des chapes en Inox à la partie arrière de la voile faite d'un simple pli. L'articulation entre les deux parties crée un profil asymétrique. L'incidence de la voile par rapport au vent apparent se règle à l'aide d'une simple écoute. Virement et empannage sont automatiques, on ne touche à rien ! La répartition entre la surface sur la partie avant et la partie arrière (1/3-2/3) donne à l'ensemble un caractère compensé et limite considérablement les efforts.

- ▲ - Simplicité et fiabilité.
- ▲ - Economie d'accastillage.
- ▲ - Voile « tout-en-un ».
- ▲ - Possibilité de hisser sans être face au vent.

- ▲ - Performances correctes mais perfectibles dans les petits airs et au près.
- ▲ - Impossible de régler la cambrure (sur la partie haute).
- ▲ - Accastillage sur le balestron pas pratique à utiliser en l'état du prototype.
- ▲ - Voile complexe à installer.



Le gréement Omer Wing Sail

De retour d'un voyage sur un Najad 44, Ilan Gonen fonde en 2003 Omer Wing Sail. Cet ancien pilote de chasse de l'armée israélienne a une solide culture de l'aérodynamique et veut donner aux voiliers de croisière les ailes qu'ils méritent. Associé à la voilerie One Sail et à Formula Marine France, Gonen a mis au point plusieurs versions de son gréement. Sur un proto Elan 37, le mât autoporté en carbone est en forme de losange étroit. Ses deux faces latérales permettent de ralinguer l'intrados et l'extrados de l'aile. A l'avant, une partie oblongue et fixe par rapport au mât forme le nez. Pour créer l'asymétrie du profil, un vérin hydraulique force l'angle entre la bôme et le mât. Le pli au vent recule et celui sous le vent avance. Intrados et extrados se décalent.

Le profil asymétrique créé est proche de celui d'une aile rigide, et le rendement semblait très bon lors de notre essai. Mais la complexité est manifeste et elle se ressent notamment lorsqu'il faut réduire la voile, composée de trois éléments distincts qu'il faut manipuler tour à tour...

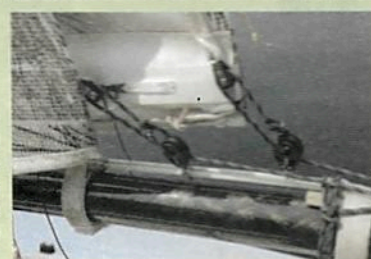
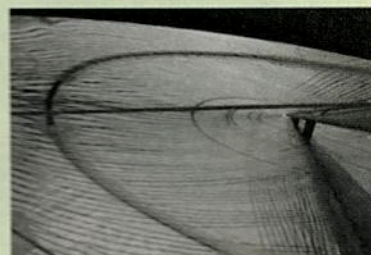
Les concepteurs ont cherché à créer une déclinaison simplifiée baptisée « Ori Wing Sail » pour les petits bateaux. Nous avons découvert le prototype sur un Seascope 18. A l'heure où nous achevons la rédaction de ce hors-série, Bénétteau a passé commande de deux First 20, l'un équipé d'un système Matin Bleu, l'autre d'un Omer. Le match s'annonce passionnant !

Sur l'Elan 37. La conception d'ensemble vise à se rapprocher autant que possible du contrôle et de la précision de forme d'une aile rigide.

Les deux faces de l'aile sont ralinguées de part et d'autre du mât, les cerceaux avant étant reliés aux chariots de latte.

A bord du Seascope 18. Le recul du pli au vent et l'avancée du pli sous le vent créent la dissymétrie du profil.

A l'affalage l'encombrement de l'ensemble reste important à l'échelle de ce petit bateau de 18 pieds.



- ▲ - Profil bien tenu, peu de plis parasites.
- ▲ - Rendement élevé.
- ▲ - Réglage possible de la cambrure (+20° à -20°).
- ▲ - Belles finitions des pièces composites.

- ▲ - Système complexe de mise en œuvre.
- ▲ - Voile en trois parties, rendant délicat la prise de ris.
- ▲ - Coût de réalisation élevé.
- ▲ - Contrôle moins satisfaisant du profil sur la version « Ori ».

Pierre-Marie Bourguinat

Pierre-Marie Bourguinat

Suite de la p. 65

est réduite à peu près de moitié. » Le bénéfice des mâts-ails qu'expérimentera brièvement Eric Tabarly sur *Pen Duick IV* avant qu'ils se banalisent sur la plupart des multicoques, océaniques ou pas, a probablement été. Manfred Curry invente enfin dans son ouvrage un système de profilage de voile à l'aide de cerceaux en aluminium ni très éloignés des cambers des planches à voile ni des gréments actuels à aile souple type *Matin Bleu* ou *Omer Wing Sail* (voir pages précédentes).

Les voiles épaisses

En 1978, le maître voilier Alain Chapoutot commence à expérimenter ses voiles épaisses sur un *Tornado*. Quelques grands skippers testent son concept en course au large, à l'image de Jean-Yves Terlain

L'Aerorig simplifie à l'extrême les manœuvres et améliore le rendement en reaching. L'un des plus célèbres exemples dans l'histoire du balestron est celui du catamaran Elf Aquitaine.

sur *Gautier II* et *III* ou Eric Tabarly sur *Paul Ricard* dans les années 80. Mais c'est sans doute sur la spectaculaire goélette *Magie Noire* (plans Tanton) que le concept connaît sa réalisation la plus aboutie. Les deux mâts de 19 mètres sont non haubanés et forment le bord d'attaque de l'aile. Le double pli de la voile qui le prolonge, articulé en son milieu, représente les deux tiers de la bordure. Ce «caisson» est réalisé sur des nervures qui constituent un squelette articulé. Le but est bel et bien d'obtenir un profil asymétrique en laissant se cambrer la partie arrière de la voile épaisse, tenue par l'extrémité de la bôme.

Les matériaux composites n'en sont qu'à leurs balbutiements, et *Magie Noire*, armé par Christian Quoniam à La Rochelle, est réalisé avec un budget limité. La diffusion de la voile épaisse est sans doute freinée par sa complexité, et un bénéfice global limité, si on tient compte du surpoids qu'elle représente dans les hauts. Sans doute aussi a-t-il manqué à Alain Chapoutot les bons relais pour imposer son système suite à certains succès comme la victoire de Patrice Carpentier dans la Route du Rhum 1982 sur un *Sun Shine* équipé d'une voile Chapoutot en 1982.

Dans les années 90, le fabricant britannique Carbospars lance un grément

carbone à balestron : l'Aerorig. Le principe, déjà expérimenté en 1927 par Curry, est simple : le mât posé sur la quille est rotatif. Il est solidaire d'un second espar longitudinal qui dépasse sur l'avant. On peut ainsi amurer le foc (autovireur) sur un point qui se déplace au vent lorsqu'on choque la grand-voile.

Les atouts du balestron

Le principal intérêt de l'Aerorig est la simplification du grément (l'écoute de grand-voile commande le tout) et le rendement très supérieur obtenu pour la voile d'avant dès le reaching : le foc n'est jamais masqué par la grand-voile. L'Aerorig utilise des voiles fines et n'a donc rien à voir avec les ailes. Mais à l'usage, il montre une qualité que l'on va retrouver dans les systèmes modernes d'ails souples : il s'agit de l'autocompensation entre le foc qui tire d'un côté et la grand-voile de l'autre. Un peu comme un safran compensé sur lequel une portion de la surface est disposée en avant de la mèche. En résultent des efforts très réduits sur l'écoute commandant un Aerorig et un empannage d'une grande douceur... En course aussi le balestron a une histoire. Le plus spectaculaire fut



Pierre-Marie Bourguinat



Christian Favier



Laurent Charpentier

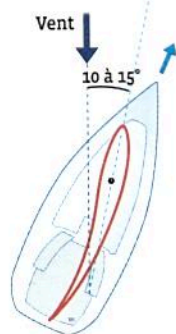


sans doute celui de *Elf Aquitaine 2* (plan Briand), qui n'obtint aucun résultat faute notamment à un surpoids rédhitoire... Plus brillant, le *Micro les Copines* mené par les frères Cudéneq en 1986 innovait avec un solent monté sur balestron, ce qui permettait d'autoporter cette voile et de basculer son nez au vent dès le reaching, créant ainsi comme un volet avant

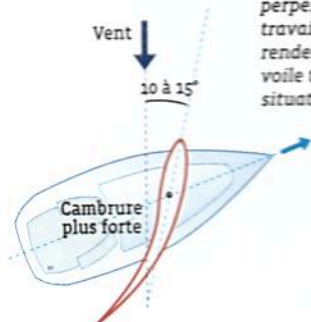
d'ailé d'avion. Aujourd'hui. Il suffit de passer un peu de temps sur Internet pour comprendre qu'il existe de nombreux projets ou systèmes d'ailé souple testés à droite à gauche avec plus ou moins de moyens et de bonheur. Ces gréements peuvent-ils être le futur du bateau de croisière? Plusieurs facteurs peuvent accélérer le cours de l'histoire décrit plus

Bien réglée, la voile épaisse permet de remonter au vent 5 à 10 degrés plus haut.

haut – indirectement, la Coupe de l'America a donné du crédit à une voie perçue comme marginale jusqu'alors... Le plus grand producteur de bateaux de plaisance s'est emparé du dossier et se donne les moyens de mettre rapidement au point un système prêt à l'emploi. En particulier, les deux gréements brevetés les plus aboutis – *Matin Bleu* et *Omer Wing Sails* décrits dans les pages précédentes – sont à l'essai respectivement par Bénéteau et Seascope.

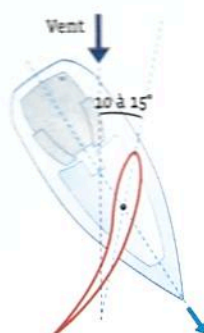


Au près, la cambrure est réduite, pour minimiser la traînée, néfaste à l'avancement. L'angle d'incidence est moindre que pour des voiles fines.



Au vent de travers, on augmente la cambrure pour gagner en puissance en augmentant la portance mieux orientée dans le sens de la marche du bateau, avec une composante de gîte et de dérive moins prononcée.

Aux allures proches du vent arrière, l'ailé peut en l'absence de haubannage latéral être choquée au-delà de la perpendiculaire du bateau: elle travaille toujours en finesse, avec un rendement bien supérieur à celui d'une voile traditionnelle qui, dans la même situation, ne génère que de la traînée.



Un défi économique

Mis à part quelques segments de marché épargnés, la crise continue de frapper durement la production de voiliers neufs depuis 2008. Paradoxalement, la période est assez propice à l'innovation... Mais les arguments inverses ne doivent pas non plus être écartés. Louvoyant entre la recherche de performance et de simplicité, les inventeurs ont le défaut de brouiller le message. Et le défi technique est tout sauf gagné d'avance, surtout si on y intègre la variable économique: sur le plan de la performance en effet, il y a fort à parier qu'à prix équivalent les ailes souples n'apporteront pas un plus écrasant.

Quant à la simplicité, il faut reconnaître que les gréements conventionnels ont fait de nets progrès depuis plusieurs années (matériaux, enrouleurs et emmagasineurs, voiles lattées, ris automatiques, foc autovireurs...). Leurs solutions techniques sont validées et les bons vieux gréements Marconi ne sont peut-être finalement pas si compliqués à manier...

Schémas : François Chevalier

L'AILE SOUPLE ET L'ANGLE D'INCIDENCE CONSTANT

Tandis qu'une voile fine traditionnelle travaille sur des angles d'incidence très ouverts aux allures portantes jusqu'à ne plus fonctionner qu'en poussée, l'ailé souple a cette particularité de pouvoir se présenter au vent sous un angle plus ou moins constant (10 à 15°), et de rester ainsi dans la plage « fine » d'utilisation du profil.