

Voile magazine

Naviguez autrement

**Une croisière insolite
sur le lac Léman**

Voiliers transportables

On vous dit tout sur les remorques

C-Pod, Harbormaster...

**Des mouchards électroniques
pour surveiller votre bateau**

Trilam

**Une nouvelle technologie
pour fabriquer les voiles**

Occasion du mois

**Un Amel Santorin paré
pour le tour du monde**

Wauquiez PS 41 et Nordship 40 DS

**Deux salons de pont
à l'épreuve de l'hiver**

L 19898 - 134 - F: 5,00 €



5 € - N° 134 - FEVRIER 2007

MENSUEL - DOM : 5,40 € - BEL/LUX : 5,50 € - CH : 10 FS - CAN : 8,50 \$ca - ESP/ITA/GR : 5,60 €

PORT CONT : 6 € - MAY : 6,10 € - N. CAL : (s) 780 xpf (a) 1450 xpf et POL : (s) 920 xpf (a) 1450 xpf

Voiles Trilam

Les secrets d'un procédé

Depuis les années quatre-vingt, on connaissait les voiles « composites » constituées de fibres prises en sandwich entre deux films de Mylar. Un fabricant de tissu s'est jeté à l'eau en supprimant un des deux films. Le sorcier du Trilam nous a ouvert ses portes...

Texte et photos : Sébastien Mainguet.



Najac, vous connaissez? Peut-être, si un jour vous avez décidé de vous mettre « au vert » pour les vacances, êtes-vous passé par ce petit village médiéval tout à fait charmant, juché sur une colline aveyronnaise à une heure de route de la grande ville la plus proche... et à 200 km de la mer. En arrivant sur les terres ancestrales de Pascal Rossignol, le patron de CLM (et régatier averti par ailleurs), on remarque tout d'abord la forteresse du XIII^e siècle, autour de laquelle se blottissent les maisons de Najac. Un peu à l'écart du village, rien que des champs, des bois et des collines à perte de vue. Un petit chemin mène vers un grand bâtiment de ferme d'apparence parfaitement rustique. C'est là. Bien sûr, il faut

le savoir. Qui pourrait s'imaginer que ces hangars abritent une machine à commande numérique high-tech de 45 mètres de long, d'où sortent des voiles composites haut de gamme?

A l'origine, au cours des années quatre-vingt-dix, Pascal Rossignol avait mis à profit sa formation en génie mécanique pour élaborer à la fois des renforts (pour les points d'amure, d'écoute et de drisse) et des machines permettant d'assembler les panneaux des voiles par collage à chaud. Depuis deux ans, il réalise des voiles composites à membrane (voir encadré) selon un procédé novateur (et breveté) baptisé Trilam. A la base de sa réflexion, le constat suivant : les fibres étant de plus en plus performantes, on en met de moins en moins. Résultat : si la proportion de fibres diminue,

la proportion de Mylar (le film polyester externe des voiles composite) ne cesse d'augmenter. Et c'est dommage. Car les qualités mécaniques de ce film, en terme de résistance à l'allongement, sont jusqu'à 800 fois inférieures – à poids égal – à celles des meilleures fibres (type PBO ou carbone).

Plus stables de forme ?

Par ailleurs le Mylar a un gros défaut : il a tendance à se froisser très vite, et une fois qu'il est froissé, il ne retrouve jamais son aspect lisse d'origine. Résultat, les voiles composites ont toujours tendance à rétrécir (à cause du Mylar), un phénomène qui peut faire perdre une dizaine de centimètres de guin-

dant après quelques régates ! Alors à quoi sert-il encore, ce film polyester ? De support, bien sûr, et aussi à garantir un minimum de « stabilité dimensionnelle », autrement dit une certaine résistance dans toutes les dimensions. Mais si l'on pouvait se passer de lui pour tenir ce rôle structurel résiduel, et s'en servir simplement comme d'un support sur lequel on lamine les fibres... on pourrait alors se contenter d'un unique film très fin, et fabriquer un tissu contenant jusqu'à 80 % de fibres. Le Mylar n'assurant plus de rôle structurel, il va de soi que la densité des fibres devra être plus élevée que dans une voile composite classique, et que les fils devront se croiser beaucoup plus afin de garantir la stabilité dimensionnelle du tissu. En outre, étant unique et



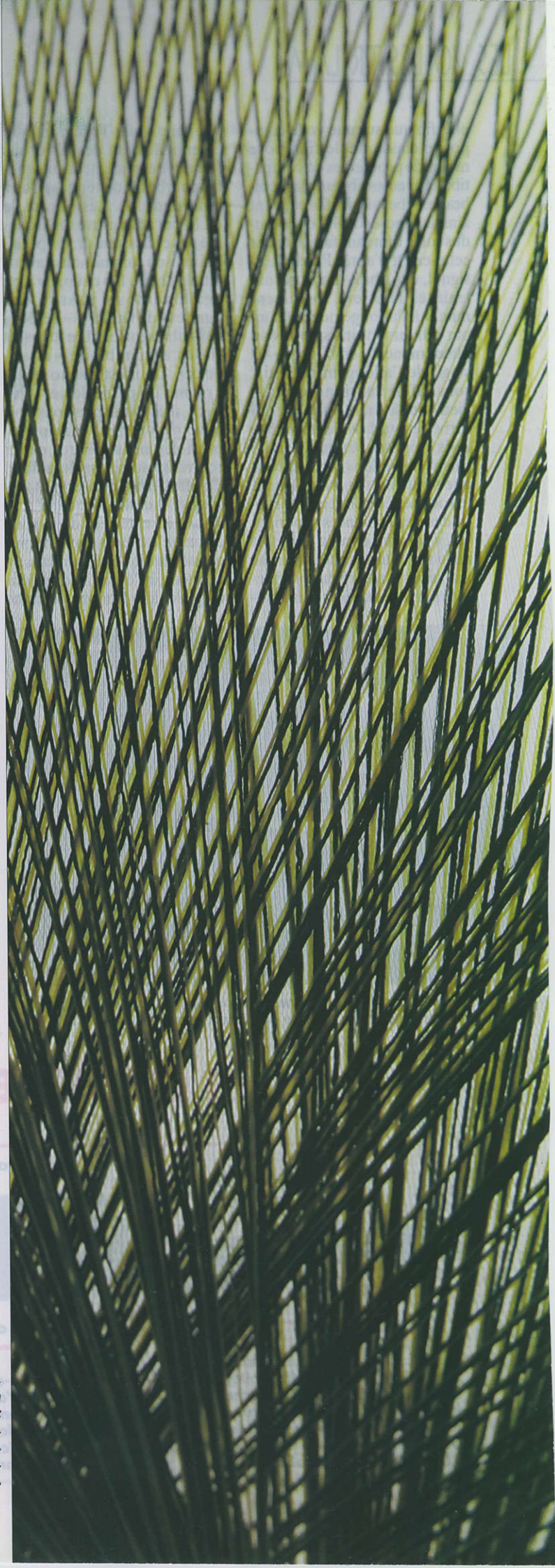
novateur

Laminage du film Mylar et du tissu polyester : des rouleaux pour la pression, et des résistances pour la chaleur.



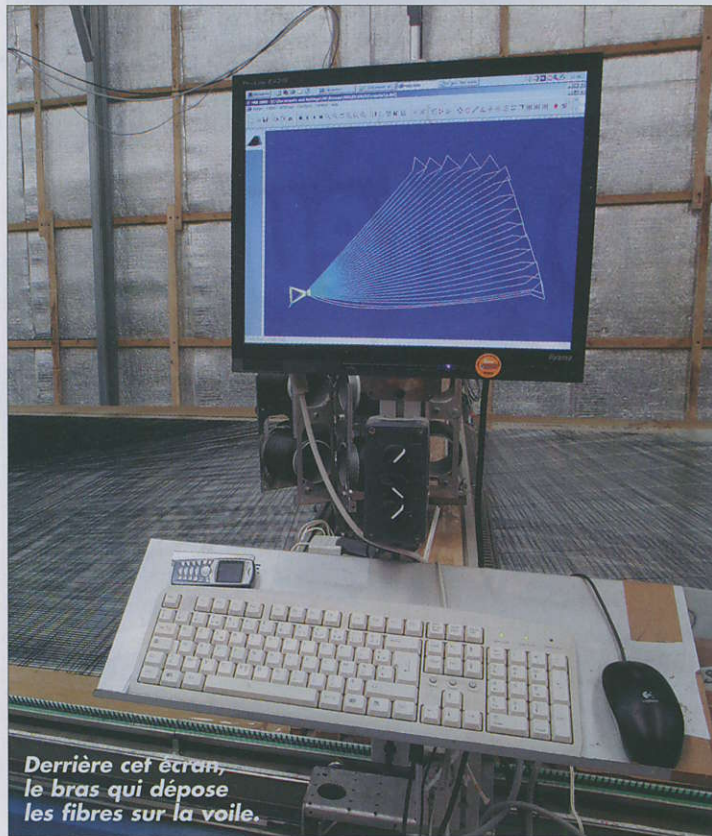
Grâce à leur procédé de fabrication, les voiles Trilam sont plus souples que des voiles composites plus classiques.

Riche en fibres, le Trilam. Rien à voir avec des céréales, il s'agit de Pentex, de Vectran, Technora, carbone...



plus fin que sur une voile composite classique, le film pose moins de problèmes de compatibilité avec les fibres de la membrane. Si besoin, les fils peuvent ainsi être posés droits, donc tendus sur le film sans faire froncer celui-ci. Or d'après Pascal Rosignol, des fibres ainsi précontraintes résistent forcément mieux à l'allongement et sont par ailleurs moins sujettes au phénomène d'« embuvage » – il s'agit de l'allongement initial sous faible tension, sorte de « jeu » ou de « mou » qui est absorbé dès que la voile est bordée mais crée bien sûr un léger décalage entre le volume théorique modélisé sur ordinateur et le volume réel. Tout cela garantit des performances supérieures, y compris dans la durée, et aussi une plus grande réactivité par rapport aux réglages effectués par les équipiers. En prati-

que, une voile Trilam intègre essentiellement des fils droits (tendus), et seulement quelques fils courbes (non tendus) à certains endroits. Les efforts de CLM ont aussi porté sur la qualité des colles, une vraie spécialité maison comme nous l'avons dit plus haut. Du coup, on a pu également se passer des « grilles » de tissu très « aérées » qui stabilisent les fibres dans les voiles à membrane « classiques ». Ce n'est pas tout. Le Trilam n'est pas seulement plus léger, il est aussi plus souple et donc plus facile à manipuler, plus tolérant aux pluies, ce qui contribue aussi à sa durabilité. En effet le Mylar n'est pas très souple. Au pliage, quand il se trouve à l'extérieur de la voile comme c'est le cas dans un composite classique, il a tendance à se casser, à s'étirer à l'extérieur du pli, et à se froisser – comme



Derrière cet écran, le bras qui dépose les fibres sur la voile.

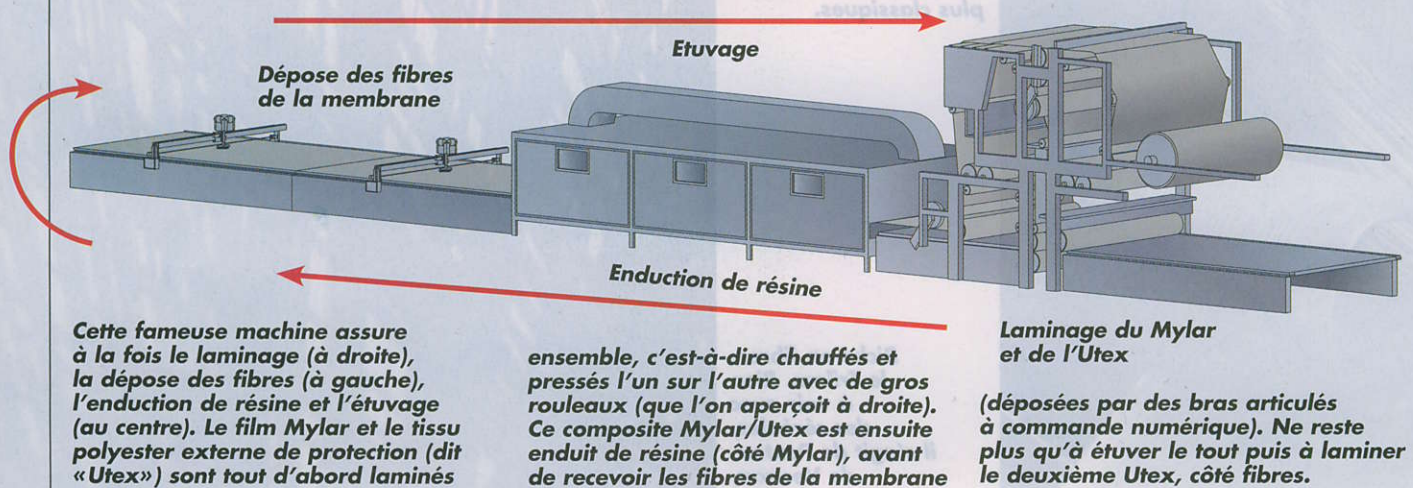


L'ourdissoir, une machine imposante qui prépare les fils polyester pour le tissage de l'Utex; en effet ces fils...



... arrivent chez CLM sous forme de petites bobines. A la sortie de l'ourdissoir, la bobine fait 3,40 m de large.

Un outillage sur mesure



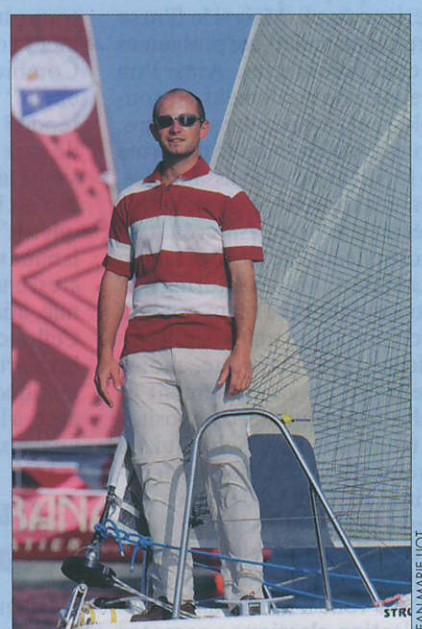
TEST AU LONG COURS

Bilan après le Rhum

A bord de leur Pogo 40, ces navigateurs ont pu éprouver une garde-robe Trilam au long de la Route du Rhum, dans des conditions parfois rudes. Comment leurs voiles se sont-elles comportées ?

Géry Trentesaux (classé 11^e sur *Guyader*) : « En terme de performances, il n'y a rien à redire. D'ailleurs, j'avais aussi utilisé des voiles Trilam sur le First 44.7 *Courrier du Cœur* et sur le Mumm 30 *Courrier Dunkerque*. Outre les qualités mécaniques du tissu, le gain de poids est également appréciable. Pour la Route du Rhum, je craignais un peu des problèmes de robustesse, d'autant que nous avons eu des soucis de délaminage sur le Mumm il y a deux ans. Mais cette fois j'ai tout au contraire été surpris de constater que ma grand-voile en kevlar-Vectran n'avait pas bougé à l'arrivée. Le bateau avait pourtant sancé très durement. La technologie semble

désormais très au point, et le gain de poids ne se fait pas au détriment de la solidité. »
Gwenc'hlan Catherine (classé 10^e sur *Tchuda Popka*) : « J'avais un solent Trilam en carbone/Vectran à lattes verticales (il était monté sur enrouleur) qui a bien tenu le choc. Avant le Rhum il avait déjà fait Skippers d'Islande (en juillet dernier, 2 500 milles entre Paimpol et l'Islande), il n'a toujours pas bougé. Et je repartirais avec sans problème pour une autre course ! Côté performances, je n'ai pas non plus été déçu, à part un petit problème de rupture de volume au niveau d'une latte dans le petit temps. La souplesse du tissu, enfin, est appréciable y compris au moment de rouler.



Gwenc'hlan Catherine sur son Pogo 40 équipé d'un solent en Trilam.

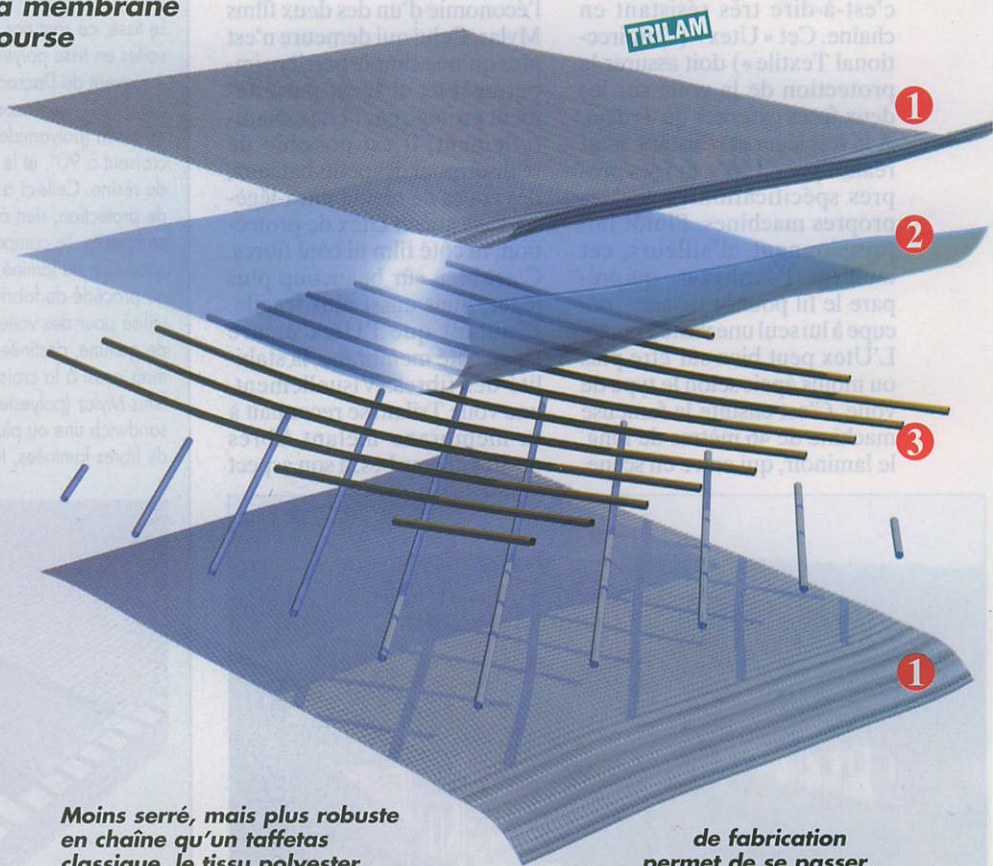
JEAN-MAURIE LIOT

Le Trilam : un seul film Mylar au lieu de deux

Deux exemples de composites à membrane destinés à la croisière ou à la course au large. Ci-dessous, un matériau classique, de type 3DL ou D4; ci-contre, le Trilam. La principale différence saute aux yeux : le Trilam n'intègre qu'un seul film polyester (Mylar) au lieu de deux pour un matériau classique.



Sur les voiles composites destinées à la croisière ou à la course au large, un taffetas polyester protège la face externe des deux films Mylar (2). Ceux-ci prennent en sandwich la « membrane » (3), c'est-à-dire les fibres courbes qui constituent la véritable structure de la voile. Ces fibres sont stabilisées par une grille en X (4).



Moins serré, mais plus robuste en chaîne qu'un taffetas classique, le tissu polyester « unidirectionnel », ou « Utex » (1), protège d'un côté le film Mylar (2), de l'autre côté les fibres de la membrane (3) sur lesquelles il est directement laminé. Ces fibres sont pour la plupart droites, sauf dans certaines zones où l'on pose quelques fils courbes. Ce procédé

de fabrication permet de se passer d'un des deux films, et aussi de la grille en X. Autre avantage : l'unique film se trouve à peu près au milieu, ce qui rend le matériau plus souple. A noter que ce film est plus fin que dans un matériau composite classique, ce qui améliore la stabilité de forme.

on l'expliquait plus haut – à l'intérieur du pli. Mais si le film se trouve au milieu, ces problèmes ne se posent plus. Ainsi l'on gagne non seulement en souplesse et en tenue dans le temps, mais aussi en stabilité de forme – le Mylar ne se froissant plus, on échappe au phénomène de rétrécissement. En créant sa nouvelle société CLM (Custom Laminate Manufacturing), le concepteur du Trilam espérait donc produire un tissu plus efficace, plus pratique, moins sensible au vieillissement et plus léger que les composites « traditionnels ». Selon lui, sa trouvaille permet de gagner environ 15 % de poids sur les voiles de régates, et jusqu'à 25 % sur des voiles de croisière. Et pour un prix comparable à celui d'une voile à membrane de fabrication classique : comptez environ 1 200 € pour une grand-voile de Class 40 en kevlar-Vectran et 1 400 € pour un génois de Pogo 2 en polyester.

Concrètement, comment le Trilam est-il produit ? On commence par fabriquer un tissu polyester « unidirectionnel », c'est-à-dire très résistant en chaîne. Cet « Utex » (Unidirectional Textile) doit assurer la protection de la voile sur les deux faces externes du Trilam. A la fois léger et résistant, il est réalisé par CLM selon ses propres spécifications, avec ses propres machines. Plutôt impressionnant, d'ailleurs, cet outillage : l'ourdissoir – qui prépare le fil pour le tissage – occupe à lui seul une vaste grange. L'Utex peut bien sûr être plus ou moins épais selon le type de voile. C'est ensuite la fameuse machine de 46 mètres de long, le laminoir, qui entre en scène.

Il est encore plus grand et surtout plus complexe, entièrement contrôlé par ordinateur. Combien peut coûter un tel engin ? Pascal Rossignol nous répond sans détour : ça n'a pas de prix ! Cela représente plusieurs années de mise au point, et c'est bien sûr un modèle unique. L'Utex est tout d'abord laminé sur un film Mylar. Celui-ci est ensuite encollé, sur sa face nue, afin de recevoir les fibres. Celles-ci sont déposées par un bras articulé à commande numérique, puis le tout est laminé avec, à l'extérieur (côté fibres), un deuxième Utex.

Quatre à six panneaux

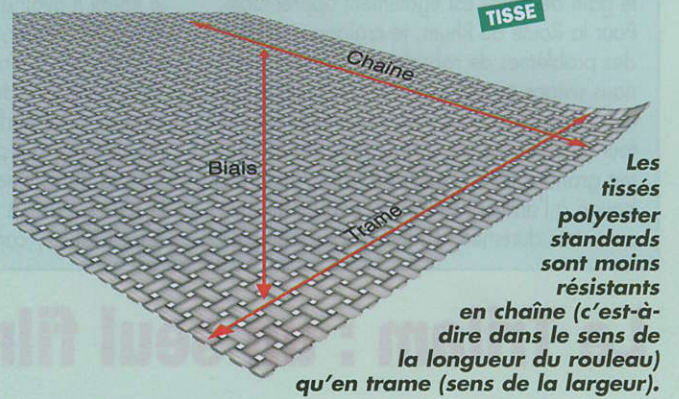
Dernière phase de la fabrication : les panneaux de la voile sont découpés au laser à la forme voulue par une autre machine à commande numérique, sur une immense planche à découper de 3,50 x 9 m, avant d'être livrés à la voilerie. Par rapport à un tissu composite classique, on a donc bien fait l'économie d'un des deux films Mylar. Celui qui demeure n'est plus qu'une simple barrière imperméable, et il est parfaitement protégé par l'Utex. Naturellement, il est possible de réaliser, pour des petits bateaux, des voiles de régates ultra-légères sans aucun Utex de protection, ni côté film ni côté fibres. C'est bien sûr beaucoup plus léger, mais aussi plus fragile. D'autant que l'Utex assure aussi, côté membrane, la stabilité des fibres. Visuellement, une voile Trilam se reconnaît à sa membrane mêlant fibres droites et courbes, à son aspect

EN TROIS QUESTIONS

Les voiles en composite par le menu

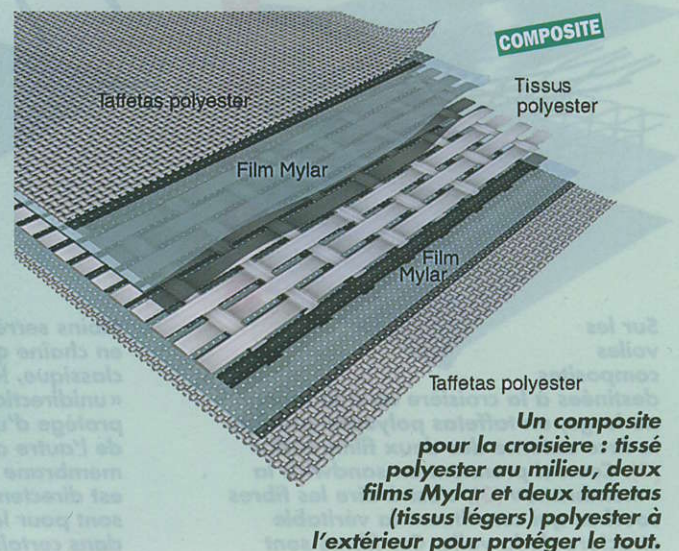
Les fabricants de tissu et les maîtres voiliers parlent-ils bien la même langue que vous et moi ? Non. Et en plus, chacun d'entre eux a tendance à créer son dialecte maison... Quelques dessins valent donc mieux que de longs discours. Suivez le guide.

1/ Tissé ou composite ?



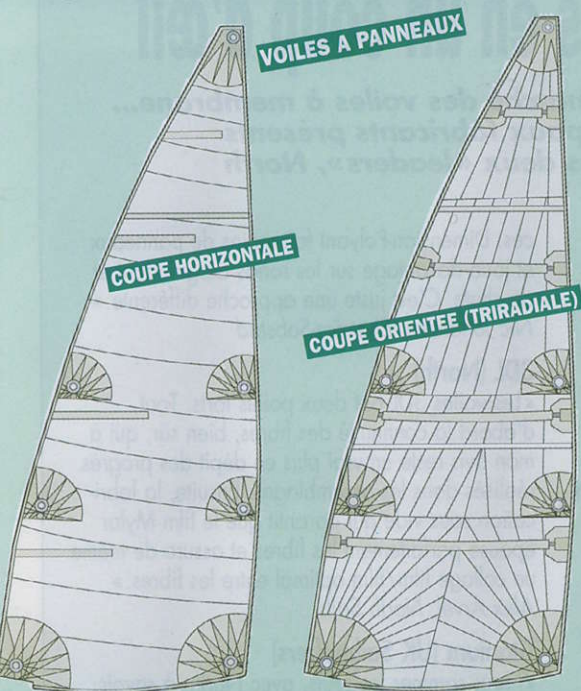
Le tissé, ce sont nos bonnes vieilles voiles en tissu polyester serré – souvent du Dacron (marque déposée) – ou encore nos spis en nylon (polyamide). Les fils se croisent à 90°, et le tout est enduit de résine. Celle-ci a surtout un rôle de protection, rien à voir avec un composite. Le composite, dit aussi sandwich ou laminé, en référence au procédé de fabrication, est utilisé pour des voiles plus haut de gamme, destinées à la régates mais aussi à la croisière. Deux films Mylar (polyester) prennent en sandwich une ou plusieurs couches de fibres laminées, tissées de

manière plus ou moins serrée, à des angles variables (90, 45, 30°...), selon l'utilisation envisagée. Les matériaux employés varient, selon l'usage mais aussi et surtout en fonction du budget : polyester pour la croisière ou les petits budgets, Pentex (une fibre polyester haut de gamme) pour les petits bateaux de régates, polyéthylène (Dyneema, Spectra), aramide (kevlar, Technora, Twaron) ou polyester à cristaux liquides (Vectran) pour la course au large ou les gros budgets, carbone ou Zylon (PBO) pour les très gros budgets. Et l'on peut bien sûr associer différentes fibres.



A quelques encablures de l'usine CLM, le paisible bourg de Najac, et son château du XIII^e siècle qui domine l'Aveyron.

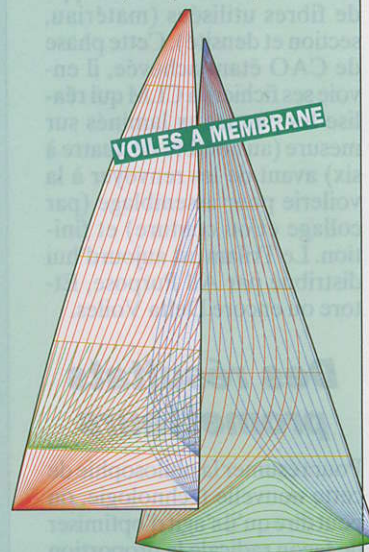
2/ Voiles en composite : à panneaux ou à membrane ?



Une voile à panneaux est assemblée à partir de tissus standards (tissés ou composites) qui dictent la disposition optimale des différents panneaux.

Une voile doit se déformer le moins possible. Or les efforts les plus importants s'exercent toujours le long de la chute et, dans une moindre mesure, le long du guindant. D'une manière générale, le « tissé » (type Dacron) résiste mieux à l'allongement dans le sens de la trame que dans le sens de la chaîne. Les panneaux (ou laizes) constituant les voiles sont donc logiquement disposés de manière horizontale. On parle de « coupe horizontale ». Avec du tissu composite, c'est généralement le contraire : la résistance est plus grande dans le sens de la chaîne. On peut donc découper des panneaux à l'envi pour les disposer le long de la chute, du guindant et de la bordure. On parle de coupe « orientée », les panneaux « rayonnant » à partir de deux ou trois points – dans ce dernier cas il s'agit d'une coupe triradiale. Cependant certains tissés sont plus résistants en chaîne qu'en trame (cas de l'Hydra Net de Dimension-Polyant) et certains composites sont conçus pour être utilisés en coupe horizontale (Flex de Dimension-Polyant). Qu'il s'agisse de coupe horizontale ou orientée, en tissé ou en composite, on parle de voiles à panneaux puisque c'est la disposition des panneaux qui fait le dessin de la voile. Les voiles dites à membrane obéissent à une conception radicalement différente : elles sont dessinées sur mesure, directement dans la fibre. Du coup, on peut même poser des fils courbes afin de suivre au plus près la direction des efforts dans la voile. Le terme de membrane désigne précisément le dessin des fibres

(et l'on utilise aussi le terme de « fibres orientées »). Notez quand même que de nombreuses voiles à membrane sont néanmoins constituées de panneaux, et que du coup, chez North, le terme de « voiles à panneaux » désigne aussi bien les voiles à membrane à fibre discontinue... (voir question 3).



Une voile à membrane est dessinée sur mesure; on parle aussi de « fibres orientées ».

3/ Membrane : fibre continue, discontinue ?



Dépose des fibres sur un géniois 3DL de Challenge Twelve.

La fabrication d'une voile à membrane pose deux problèmes. Tout d'abord, comment intégrer le volume de la voile? On peut certes jouer sur les ronds de chute et de guindant, mais cela ne suffit pas. D'ordinaire, on y arrive en assemblant la voile par panneaux, avec des pinces. Mais dans ce dernier cas, comment poser les fils en continu, sans les couper, par exemple du point d'écoute à la fêtière ou du point d'écoute au guindant? En effet, tant qu'à poser des fils courbes, autant éviter de les couper; cela semble a priori plus satisfaisant et plus optimal en terme de résistance. North a résolu les deux problèmes d'un coup avec une solution radicale : un moule – d'où l'appellation de voiles « 3DL », pour « Three Dimensional Laminate ». A noter que ce moule ne permet pas d'effectuer un laminage

classique; la voile doit être mise sous vide puis « cuite » avec une grosse lampe. Chez UK Sailmakers, on a trouvé un autre moyen de réaliser des membranes d'un seul tenant, sans couper les fils : on dépose les fibres à plat en tenant compte du volume (voiles Titanium). North et UK sont les seules voileries à proposer des membranes « à fibre continue », c'est-à-dire dont les fils ne sont coupés à aucun moment. Les fabricants de tissu Dimension-Polyant (D4) et CLM (Trilam), ainsi que la voilerie Elvström (Genesis) ont opté pour de grands panneaux qui sont laminés séparément afin de constituer une voile en forme de puzzle. Les fils sont alors coupés à chaque jonction entre deux panneaux; mais dans la mesure où le collage est de qualité, la continuité des efforts est en principe assurée.

Voiles à panneaux : les cas à part

Hydra Net : la coupe orientée à petit prix

Du point de vue de sa fabrication, l'Hydra Net (fabriqué par Dimension-Polyant) est tout à fait apparenté au tissé polyester... sauf qu'il associe des fils de polyester et des fils de polyéthylène (Spectra et Dyneema). Du coup, à la manière d'un tissu sandwich et à l'inverse d'un tissé polyester « ordinaire », il présente une plus grande résistance à l'allongement dans le sens de la chaîne que dans le sens de la trame. Et il permet par conséquent de réaliser des coupes orientées. Tout cela pour un prix intermédiaire entre celui du tissé polyester et celui du sandwich.

Cuben Fiber : la Rolls du panneau

Pas de Mylar dans ce composite très spécial. On superpose plusieurs couches de fils (polyéthylène, carbone) disposés parallèlement, en les croisant avec l'angle voulu mais sans effectuer le moindre tissage, avant de les enduire d'une résine Tedlar... et de cuire le tout sous pression au four autoclave. Contrairement au tissé et même aux composites habituels, le Cuben Fiber est rigoureusement étanche et hydrophobe, ce qui lui confère une longévité exceptionnelle; en revanche il a tendance à rétrécir de manière spectaculaire. A noter que l'on peut aussi tailler des spis en Cuben Fiber. Ce « tissu », qui n'a plus grand-chose d'un tissu, par ailleurs très coûteux, est particulièrement prisé par les skippers de maxi-multicoques – logique.



Les voiles en Cuben Fiber du maxi-tri Groupama 3; seul défaut de ce matériau : il manque de stabilité de formes.

très mat et surtout à la densité de ses fibres. Rappelons enfin que CLM est bien un fabricant de tissu à voile, donc un fournisseur des voileries, et non une voilerie. C'est le maître voilier, ou son dessinateur, qui détermine le volume de la voile, le dessin de la membrane et le type de fibres utilisées (matériau, section et densité). Cette phase de CAO étant achevée, il envoie ses fichiers à CLM qui réalise les panneaux laminés sur mesure (au nombre de quatre à six) avant de les renvoyer à la voilerie pour assemblage (par collage et/ou couture) et finition. Le Trilam est aujourd'hui distribué par All Purpose, Ettore ou encore Delta Voiles.

Des résultats prometteurs

Pour résumer la philosophie de cette nouvelle technologie, on peut dire qu'il s'agit d'optimiser de façon radicale la proportion des différents matériaux constituant le composite, en éliminant autant que possible ceux dont les vertus mécaniques sont les plus limitées (Mylar, colles...). Les premiers résultats obtenus en course, depuis l'apparition des voiles prototypes au Spi Ouest France 2004, sont tout à fait encourageants : au palmarès de CLM, on relève notamment la dernière Cowes - Dinard et la dernière Commodore's Cup (avec le First 44.7 de Géry Trentesaux, voir aussi l'encadré « Bilan après le Rhum »), le dernier Spi Ouest France (avec le JPK 9,60 *La Maison du Poisson*) ou encore le dernier Mini-Fastnet avec le proto *Vecteur Plus*. A suivre!



Les mots pour le dire...

Composite, laminé, sandwich : termes équivalents désignant les voiles haut de gamme constituées de deux films Mylar prenant en sandwich des tissus et/ou des fibres non tissées, le tout étant laminé (c'est-à-dire collé à chaud et sous pression).

Voile à panneaux : voile constituée de panneaux découpés dans un matériau homogène. Chez North, peut aussi désigner des voiles à membrane concurrentes, assemblées par panneaux.

Voile à membrane : voile composite dessinée sur mesure, avec des fibres orientées précisément dans le sens des efforts.

ASSEMBLAGE, TARIFS, VICES ET VERTUS

Cinq membranes en un coup d'œil

La concurrence est rude sur le marché des voiles à membrane... Nous avons interrogé les principaux fabricants présents sur le marché français - dont les deux « leaders », North et Dimension-Polyant.

Trilam (CLM)

« Les qualités intrinsèques de la fibre ne font pas tout ; nous avons donc travaillé sur sa mise en œuvre. En n'utilisant qu'un seul film Mylar très fin et un tissu polyester pas trop serré (Utex), nous faisons des voiles plus stables de forme. »
Pascal Rossignol, CLM

D4 (Dimension-Polyant)

« Par rapport au 3DL, nous appliquons beaucoup plus de pression au moment de la lamination. Concernant le Trilam, je reste un peu sceptique. La suppression d'un des deux films Mylar peut présenter des avantages mécaniques, mais le poids ainsi gagné se retrouve dans les Utex et aussi dans la colle nécessaire pour les laminer. »
Georges Dauvert, Dimension-Polyant

Genesis (Elvström-Sobstad)

« Les techniques d'assemblage sont aujourd'hui parfaitement au point, la continuité des fibres n'a donc plus d'importance. C'est pourquoi, pour nos voiles Genesis, nous n'hésitons pas à multiplier les panneaux horizontaux, ce qui nous permet de travailler facilement sur le volume avec des pin-

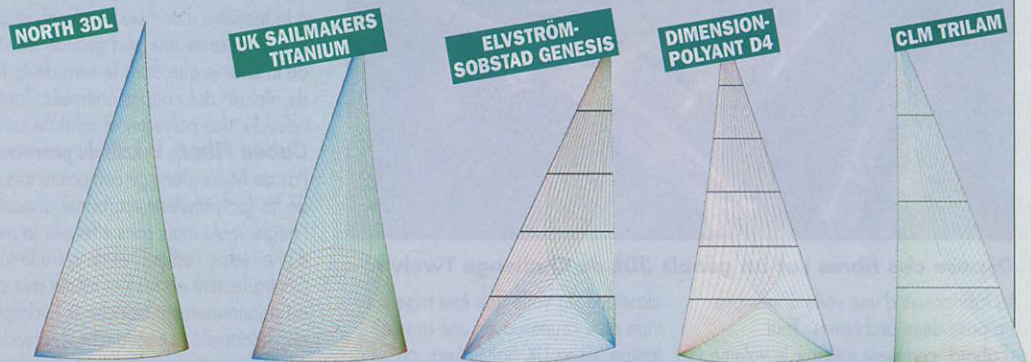
ces. Dimension-Polyant fait moins de panneaux et joue davantage sur les ronds de guindant et de chute. C'est juste une approche différente. »
Nic Johansen, Elvström-Sobstad

3DL (North)

« Les voiles 3DL ont deux points forts. Tout d'abord la continuité des fibres, bien sûr, qui à mon avis reste un vrai plus en dépit des progrès réalisés dans les assemblages. Ensuite, la fabrication sous vide qui garantit que le film Mylar épouse parfaitement les fibres et assure de même un collage film/film optimal entre les fibres. »
Alex Arvel, North Sails

Titanium (UK Sailmakers)

« Nous sommes les seuls, avec North, à savoir faire de la fibre continue. Sauf que nous posons la membrane à plat. Les arguments de CLM concernant les fibres droites du Trilam n'ont guère de sens à mon avis puisque dans une voile il y a du volume, et que ce volume varie en fonction des réglages. C'est un peu l'histoire des routes orthodromiques ou loxodromiques... »
Alain Janet, UK Sailmakers



Cinq manières de fabriquer une voile à membrane, dont deux (3DL et Titanium) permettant de réaliser la voile d'un seul tenant, sans couper les fils. North utilise un moule, alors que UK intègre le volume en déposant les fils à plat. Chez Elvström, CLM et Dimension, on lamine séparément des panneaux que l'on assemble ensuite.

Exemples de prix pour une grand-voile type

Membrane	Trilam	D4	Genesis	3DL	Titanium
Type	assemblée par panneaux	assemblée par panneaux	assemblée par panneaux	fibre continue	fibre continue
Fabricant	CLM	Dimension-Polyant	Elvström-Sobstad	North	UK Sailmakers
Principales voileries distributrices*	All Purpose**, Delta Voiles, Ettore	Incidences**, X-Voiles, Delta Voiles, Starvoiles...	exclusivité Elvström-Sobstad	exclusivité North	exclusivité UK Sailmakers
Pays de fabrication	France	Allemagne, Australie	Chine, Espagne	Etats-Unis	France
Matériau(x)	aramide	carbone/aramide	carbone	Twaron/carbone	carbone
Prix GV Mumm 30	5 585 €	6 721 €	5 700 €	7 600 €	5 840 €

*Liste non exhaustive. **Voilerie nous ayant fourni le devis.