

# Course Au Large

La Voile 100% Course



## Route du Rhum LEMONCHOIS, L'EXPLOIT

169 - 21 - F: 6,50 € - RD



[www.courseaularge.com](http://www.courseaularge.com)

21 / décembre 2006 / janvier 2007 / 6,50 €



**MONOCOQUE 60'**  
Le sacre de Mr Jourdain

**VENDÉE GLOBE**  
Un tour du monde à guichets fermés

**GÉANTS**  
Banque Populaire se dévoile

**PRATIQUE**  
Choisir un pilote



Depuis l'utilisation des fibres haut module dans les années 80 pour fabriquer les voiles de compétition, les techniques de mises en oeuvre et l'élaboration des membranes composites ont constamment évolué. Après le "Air Frame" et le "Genesis" développés par la voilerie Sobstad et d'où découlent le 3DL de North et le D4 de Dimension Polyant, un troisième système a été mis au point par le Français Pascal Rossignol au sein de la société CLM : le Trilam. Une autre approche pour faire correspondre l'orientation des fibres avec les efforts encaissés par la voile.

# TRILAM

## la troisième alternative



Trilam en haut, D4 en bas : la différence d'aspect est due à la "peau extérieure", en Mylar pour le D4, en Utex pour le Trilam.

## DANS LES ANNÉES 70,

les voiles sont encore un assemblage de laizes fabriquées par des tisseurs, essentiellement en Dacron. Apparaissent ensuite pour la Coupe de l'America 1980, les premiers tissus laminés avec du Kevlar. L'avantage de cet aramide provient de sa faible élongation sous tension, ce qui permet de bloquer les profils

des voiles. Mais ce sont alors des fibres tissées enserrées entre deux films Mylar par collage. Cette nouvelle technologie provenait de l'aérospatiale qui utilisait des ballons sondes en Nylon et en Mylar, et de certains vêtements techniques qui employaient le contre collage. Mais les coutures ne pouvaient pas être utilisées directement

parce qu'elles glissaient et déchiraient le film plastique et il fallait coller des bandes de Dacron au niveau des raccords pour effectuer les assemblages. Les colles aussi n'étaient pas encore tout à fait au point et le délaminage des laizes était fréquent. En 1983, sous l'impulsion de Tom Schnackenberg, responsable de la garde-robe

d'Australia II pour la Coupe de l'America, le "leech-cut" fait son apparition sur les grand-voiles : au lieu que les laizes soient perpendiculaires à la chute, elles sont orientées parallèlement, du point d'écoute vers le point de drisse. De même, les génois sont taillés en " spider-cut " (ancêtre du triradial). Les ingénieurs disposent en effet des premiers ordinateurs capables de simuler les efforts sur une voile, et donc de définir les orientations privilégiées à donner aux fibres pour résister. De nouveaux tissus sont spécialement réalisés, plus ou moins renforcés en chaîne ou en trame selon la zone de la voile et les efforts cernés. La méthode est encore empirique mais les voiles se déforment moins et sont plus légères, deux facteurs essentiels pour améliorer les performances des 12m JI. L'évolution de l'informatique et la capacité financière des syndicats de la Coupe de l'America à faire fabriquer des tissus et des laminés spécifiques va booster les voileries. L'utilisation des fibres Kevlar est en tout cas le premier pas vers la révolution technologique en matière de composite.

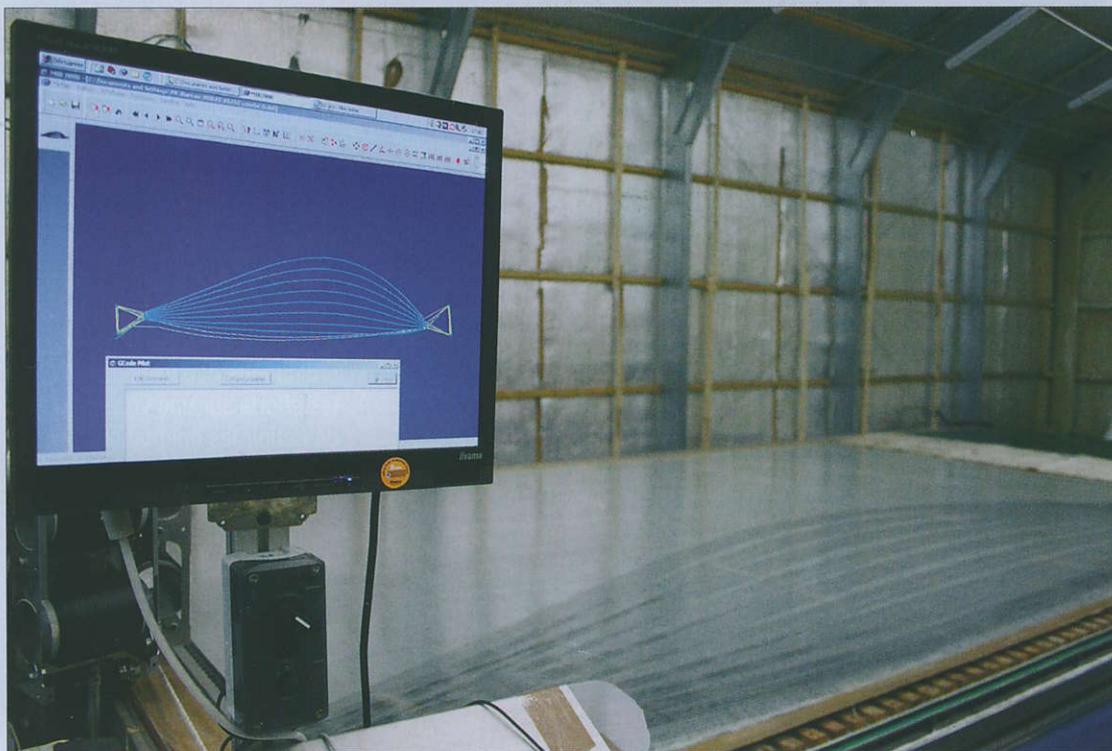
## La deuxième révolution

Dans les années 90, l'Américain Peter Conrad développe au sein de la voilerie Sobstad, le concept de disposer des fibres dans le sens des efforts de façon continue, d'un point d'écoute à un point de drisse par exemple, sur une surface quelconque, par exemple une membrane Mylar plane ou courbe. Il dépose donc un brevet sous le nom de "Air Frame" en 1985 puis celui de "Genesis" en 1986 qui reprend le même principe mais sur un support découpé en plusieurs panneaux juxtaposés, avec donc interruption des bandes de fibres au niveau des assemblages. Le premier brevet est donc l'ancêtre du 3DL de North et le second est développé actuellement sous le label D4 de Dimension Polyant. A l'époque, Peter Conrad collait des bandes de fibres unidirectionnelles en les courbant empiri-



Photos D. Bourgeois

Les fils de petit diamètre sont très nombreux pour diffuser les efforts dans toutes les dimensions en privilégiant la direction des contraintes maxi, en particulier au point d'écoute, d'amure et de drisse



Le logiciel gère le bras qui positionne les fibres sur le complexe Utex-Mylar.

quement car il n'y avait pas encore de logiciels de calcul performants, et il était obligé d'utiliser beaucoup de petits panneaux. Ce type de brevet expirant au bout de vingt ans aux Etats-Unis et en Europe, il y eut quelques développements juridiques avant que d'autres voileries exploitent les mêmes principes, avec leur propre méthodologie. Ainsi le 3DL (imaginé par la voilerie North en 1992) est fait sur un moule déformable prenant la forme finale de la voile : un film est appliqué sur le moule et encollé, puis les fibres sont déposées et orientées par une machine commandée par ordinateur, un autre film est collé par-dessus, enfin le vide est fait avec une bâche chauffée par lampes. La voile est donc d'un seul tenant en forme. Le D4 imaginé par le maître voilier australien Frazer en 1999, est réalisé avec de grands panneaux de films pré-imprégnés ou pré-encollés qui sont réactivés à chaud et à plat : les fibres courbes et droites sont donc enserrées entre deux films mis sous vide puis pressés. La voile est donc un assemblage de grands panneaux, la forme étant donnée par les pincettes. En termes de performance sur une voile, il est en effet plus intéres-

sant de faire des panneaux de grandes largeurs pour diminuer le nombre d'assemblages. Le 3DL permet donc de fabriquer une membrane d'un seul tenant et le D4 de réduire sensiblement le nombre de panneaux par rapport à une voile en laizes classiques. Ainsi le champ de contraintes étant défini par le réglage de la voile, les efforts passent essentiellement par les fibres et le positionnement des fils intègre les différents volumes recherchés par le régleur. Les efforts dépendent en effet du réglage du point d'écoute, de la tension de drisse, du vrillage de la chute, de la force du vent... Les champs de pression varient donc en permanence et ne passent pas tout le temps par les mêmes points. Cela est plutôt multidirectionnel au milieu de la voile et unidirectionnel près des points de tension (écoute, drisse, amure).

### Une troisième approche

Le Trilam, imaginé par Pascal Rossignol, propose une autre alternative en considérant que le film Mylar ne doit pas participer à la résistance de la membrane mais n'être qu'un support pour coller ensemble un réseau de

fibres orientées. Le Trilam vient du constat que les voiles modernes contenaient de moins en moins de fils grâce aux fibres plus performantes à haut module, et donc proportionnellement plus de Mylar. Or le film plastique est lourd et jusqu'à 800 fois moins performant qu'une fibre carbone ou PBO ! La tendance actuelle de tous les fabricants est donc de multiplier le nombre de fils et surtout leur répartition sur la voile. En croisant les fils, on obtient une membrane plus stable, plus homogène qui bloque le support. Le Trilam cherche ainsi à croiser au maximum les fibres qui s'étaient les unes aux autres, en étant collées ensemble pour former un maillage qui ne se décade pas. Ce procédé permet donc de mettre plus de fils et de plus petit diamètre à l'inverse du D4 ou du 3DL qui obligent à employer du fil plus gros pour des contraintes techniques et budgétaires. Sur le Trilam, le film plastique est très fin et très léger puisqu'il ne sert plus que comme support des fibres et comme surface anti-porosité. Ce concept intègre ainsi deux technologies : un placement de fil orienté, courbe où il y a peu de contraintes (bordure, ris), droit et

tendu dans les zones d'efforts (chute, points de drisse, d'écoute, d'amure), et un collage non pas entre deux films plastiques mais sur un tissu très fin spécialement fabriqué en polyester (Utex), pour avoir les avantages d'une trame résistante sans l'inconvénient du poids. L'unique film Mylar très fin à l'intérieur sert essentiellement à réaliser l'étanchéité lors du collage et n'a plus de rôle mécanique. En fait, le Trilam reconstitue à la demande du maître voilier, un tissu à fibres orientées et le complexage permet toutes les combinaisons possibles grâce à la répartition des fibres orientées, à leur type, au diamètre des fils, à l'épaisseur du Mylar, au grammage de l'Utex...

### Une machine dédiée

Le processus de fabrication du Trilam débute par la réalisation de l'Utex qui va former les "peaux" extérieures : les fils polyester sont ourdis puis passent sur des machines à tisser avec 5 000, 7 000, 10 000 fils... sur 3,40 mètres de large. L'Utex est fabriqué dans l'usine de Najac parce qu'aucun tisseur ne veut réaliser ce type de produit en petite quantité. La société CLM achète donc du fil de différents types pour le Trilam et du fil polyester pour tisser l'Utex sur ses propres machines, ce qui lui offre l'autonomie totale en approvisionnement et permet de fabriquer des tissus de différents grammages. L'Utex a un rôle structural en stabilisant la trame et en bloquant les fibres entre elles. Il est même possible de teinter le fil dans la masse. Le grammage de l'Utex est plus ou moins important selon l'utilisation, la taille, les efforts de la voile. Puis ce tissu plus ou moins épais est encollé par la machine principale (lamineur) sur un film plastique fin pour réaliser la première "peau extérieure". Celle-ci repasse ensuite sur le lamineur pour être enduite de colle avant que les bras automatiques gérés par ordinateur, ne déposent les fibres orientées (droites et

courbes). Un rouleau compresseur chauffé presse les fibres sur la première peau, puis un nouvel Utex est appliqué par collage pour réaliser la deuxième "peau extérieure". Ce processus résume la configuration standard du Trilam, mais il est possible de jouer sur les symétries en faisant plusieurs passages de tissage ou en ne mettant pas d'Utex sur la première "peau extérieure", avec donc une face Mylar et une face Utex pour les voiles légères. Le procédé, sur la même unité de production, est toujours similaire mais il est possible de jouer sur le nombre de fibres, le nombre de couches, l'épaisseur du film plastique, le nombre et le grammage des tissus, la succession d'empilements... Les combinaisons permettent aussi d'inverser le sens des couches avec par exemple : fibres orientées, film plastique, Utex, film et fibres orientées. Tout est possible pour répondre à des demandes de panneaux plus ou moins souples, plus ou moins épais, plus ou moins résistants, plus ou moins légers... Les voileries fournissent un fichier de la voile avec les jonctions réalisées, les volumes, la répartition des fibres par CAO (Sail Pack, Fabric). Le logiciel de CLM effectue le placement en deux dimensions et la machine à laminer réalise le panneau qui est ensuite découpé numériquement et envoyé à la voilerie qui effectue l'assemblage et les finitions. Chaque panneau est donc une pièce unique.



L'énorme machine à laminer réalise toutes les opérations pour appliquer l'Utex sur le film Mylar, positionner les fils, encoller, chauffer...

## Un tarif au mètre carré

Le lamineur sort des panneaux entre 2,80 et 3,10 m sans limite de longueur. Il est possible de réaliser plusieurs voiles différentes en une passe, de mélanger les panneaux de plusieurs voiles pour optimiser l'espace sur la machine. Celle-ci peut faire un panneau de grande dimension (gennaker de 30 m de guindant) en plusieurs passes sans interrompre le processus. La voile n'a donc quasiment plus besoin de renforts puisque les fibres orientées sont plus nombreuses vers les zones d'efforts maxima. Les renforts ajoutés servent essentiellement à faire

que la sangle cousue ou l'œillet soient bien tenus pour transmettre la charge entre la sangle et les fibres. Les panneaux découpés numériquement sont stockés à plat pendant quelques jours. Le maître voilier reçoit les panneaux et effectue la finition avec ses renforts, ses goussets de lattes, son guindant... Il économise donc au niveau du montage des panneaux, avec par exemple une voile d'A-35 en cinq panneaux au lieu d'une quarantaine pour une coupe tri-radiale à laizes en fuseaux : gain de poids, de temps, de coutures et moins d'erreurs de montage. D'après son concepteur, pour une même caractéristique du

tissu, le Trilam permet de gagner de 10% à 30% du poids de la voile en plaçant plus de fils orientés et moins de film plastique. La machine peut fabriquer jusqu'à 40m<sup>2</sup> de panneaux finis en une heure. Le tarif des panneaux en Trilam est défini au mètre carré par le nombre de deniers (quantité de fibres par centimètre ou par pouce), la qualité (diamètre du fil, plus ou moins haut module) et le type de fibres (polyester, Pentex, Tawron, Kevlar, PBO, carbone, Black Technora, Vectran, Spectra...)

Dominic Bourgeois

## PASCAL ROSSIGNOL

Pascal Rossignol doté à l'origine d'une formation de génie mécanique section aéronautique (Toulouse), effectue son service militaire comme scientifique du contingent au Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) en 1989 pour travailler sur les collages de ballons sondes, puis sur les voiles du défi de Marc Pajot. Il faut à l'époque résoudre le problème du collage sur les films plastiques pour thermo-souder les

panneaux des ballons sondes sur une table de 300 mètres de long... En parallèle, il travaille sur les développements des matériaux légers pour les spis asymétriques, les gennakers et les génois légers. A ce moment-là, c'étaient encore essentiellement des rubans adhésifs et des primaires au pinceau qui étaient utilisés pour effectuer les collages. En 1995, Pascal Rossignol commence à développer des ren-

forts en fibres tendues avec une distribution radiale, collées en sandwich sur deux films, ce qui ne tombait pas sous le coup du brevet de Conrad (Genesis). Il fabrique des renforts de toutes tailles et de toutes formes qui étaient utilisés par les voileries du monde entier (Incidences, Quantum, Doyle...) pour les gammes techniques sur les points d'écoute, de drisse, d'amure, pour les ris, pour les

extrémités de lattes... Il a donc conçu des machines spéciales qui pouvaient réaliser des renforts jusqu'à trois mètres par deux. De même pour le challenge français de la Cup 1995, il trouve une colle industrielle pour lier les tissus en Cuben Fiber, une colle réactivée à chaud avec des presses chauffantes pour une meilleure adhérence. Il met donc aussi au point des machines spéciales pour se rapprocher au

maximum du procédé de laminage fait en usine pour les laizes afin qu'il y ait compatibilité entre les colles internes et celles utilisées pour assembler les panneaux.

