

## **Mise à jour du gréement de Tystie, décembre 2009 à janvier 2010. Bilan de la première voile aile et construction de la seconde.**

Lorsque je suis arrivé en Nouvelle-Zélande, Tystie avait parcouru plus de 40.000 miles sous gréement de ketch wingsail fabriqué début 2005.

Il avait ainsi prouvé être un gréement sûr et marin, avec une moindre propension au ragage que l'unique voile de jonque précédente, et moins de problèmes de manipulations.

La version ketch est plus rapide, plus adaptée à de rudes croisières, avec sa grand voile de "propulsion" à l'avant et sa plus petite voile de "direction" à l'arrière ( Tystie, parce qu'il est large à la flottaison, devient rapidement trop ardent et le premier ris est toujours pris dans l'artimon). Les performances au près étaient aussi bonnes , ou meilleurs que la précédente voile unique de jonque ( allure où un ketch gréé en jonque aurait assurément été pire ). Très arrisée, dans des vents forts à très forts, les wingsails étaient plus manoeuvrables et plus efficaces que la voile de jonque unique.

Mais je connaissais ces défauts depuis longtemps :

- Je n'arrivais pas à creuser les voiles autant que prévu.
  - Le guindant ne possédait pas assez de soutien interne et se déformait, en particulier lorsque la voile était vrillée ou lorsque le bateau tanguait.
  - La voile au-dessus de la latte supérieure n'a jamais beaucoup contribué aux performances au près, en raison de sa mauvaise forme.
  - Les lattes avaient des difficultés à s'orienter librement, à cause de la friction générée dans leur logements aux extrémités arrières des wishbones ( même en utilisant des "patins" en HDPE polyéthylène.
- Pour obtenir un passage aisé d'un bord sur l'autre des 2 lattes supérieures, je devais réduire leur course de 5 à 10 degrés au lieu des 15 degrés utilisés sur les lattes inférieures, avec une réduction conséquente de la puissance au niveau de la tête de la voile.
- La surface de voilure devait être augmentée et ce dans la voile d'avant pour réduire l'ardeur du bateau.

Partie avant des wishbones du premier gréement :



Partie arrière des wishbones du premier gréement :



Les faces externes des wishbones sont des lattes en polyester pultrudé de 45x5, collée avec du tissu de verre, la "boite" de jonction avec la latte est construite avec des UD verre par enroulement filamantaire, en utilisant un gabarit et un moule ; l'entretoise (encornat) du wishbone, en appui contre le mât, a été découpée dans une feuille de HDPE (polyéthylène haute densité) de 12 mm d'épaisseur et le nez est un moulage polyester.

Comme vous pouvez le voir, les côtés des wishbones sont droits et parallèles - J'avais espéré que le côté sous le vent aurait été aspiré par la dépression créée par le vent, et que le côté au vent resterait plat et non convexe. Ces prévisions se sont révélées complètement erronées, tant d'un point de vue aérodynamique que pratique. Le côté sous le vent ne prenait pas une courbure régulière, et le côté au vent ne s'aplatissait pas.

Alors que nous naviguions près des côtes ouest de l'Amérique et dans le Pacifique, j'ai consacré beaucoup de temps à étudier l'aérodynamique, et réfléchis aux types de profil aérodynamique et à la construction de lattes qui devraient :

- améliorer les performances au près
- conserver la même maniabilité : s'arrisant et se ferlant facilement tout en conservant la docilité naturelle du gréement de jonque.
- être plus légères que celles en polyester.
- être dans mes capacités de bricoleur utilisant seulement des outils de base.
- être financièrement abordable.

Bien que j'aie pu imaginer de nombreuses configurations, la plupart d'entre elles ne répondaient pas à l'ensemble de ces souhaits. Et en fin de compte, il m'a semblé n'y avoir aucune autre alternative raisonnable à la méthode de conception décrite par Thomas Speers, dans son article sur les ailes souples et rigides.

Cette méthode consiste à :

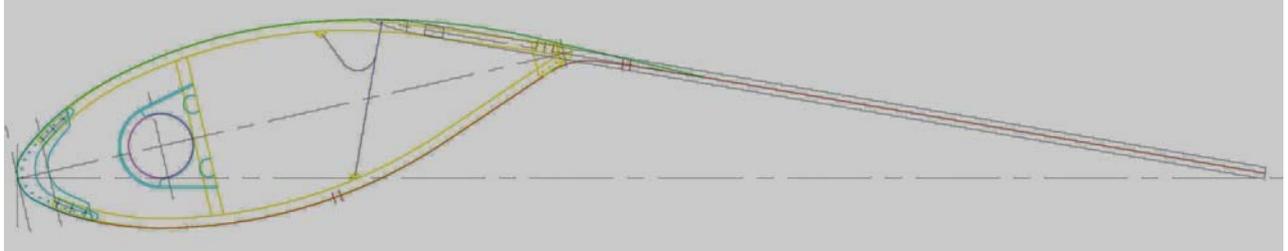
- Prendre la face supérieure d'un profil aérodynamique présentant des caractéristiques adéquates.
- Tracer une ligne (axe de symétrie) entre le bord d'attaque et un point sur la courbe correspondant à la face arrière d'un mât aile rigide, ou à la charnière d'une aile souple
- Tracer la partie avant de la courbe symétriquement autour de l'axe de symétrie, ce qui détermine la face au vent du mât ou de la voile.

Thomas Speers utilise l'ancien et bien connu profil "Clark Y" comme base de départ. Celui-ci serait en effet tout à fait approprié pour un mât-aile d'un multicoque rapide. Mais mon

intuition me disait qu'un profil plus épais offrant un creux plus important serait plus adapté à un voilier de croisière lourd et lent.

J'ai choisi le profil Wortmann fx77w153 dont la moitié arrière du profil est une droite qui s'assortit bien avec les lattes rigides d'une voile de jonque, et dont toute la courbure se situe au niveau de la moitié avant. Le centre de pression se trouve ainsi à proximité du mât et diminue l'ardeur du bateau et les contraintes sur les écoutes. Une alternative possible aurait été le profil UI1720, développé pour une utilisation sur des deltaplanes et ULM, mais celui-ci a une section droite encore plus longue et un point d'articulation trop loin en avant.

Voici un plan en coupe de l'artimon, utilisant le fx77w153 :



Parce que la bordure de la grand-voile est plus grande, le position du mât par rapport à la voile a du être placée à 18% de la corde et la plus grande partie de la surface ajoutée l'a été au niveau du guindant. La voile d'artimon a été reculée et se trouve maintenant à 11% de la corde de la voile.

Initialement, les 2 mâts étaient prévu à 15% de la corde et ces 15% seraient la position que je choisirais si j'avais à refaire une nouvelle voile.

Quelques calculs élémentaires de masse ont montré que je pourrais alléger le tout de façon importante si j'utilisais de l'aluminium pour les wishbones et les lattes.

Pour les wishbones, j'ai utilisé du tube de 25 x 1.42.

Pour la liaison à l'intérieur du wishbone : du U de 32 x 25 x 3.

Pour les lattes de l'artimon, du tube de 32 x 1.42

Pour les lattes de la grand voile : du tube de 38 x 1.42

A l'extrémité arrière des wishbones : des "plaques charnières" triangulaires en alu de 5mm joignent les tubes et portent deux roulements en plastique.

Un dispositif en inox soudé est rivé sur les lattes et est introduit dans ce roulement.

J'ai choisi une construction rivetée plutôt que soudée pour pouvoir facilement changer une pièce défectueuse.

Un des wishbones d'artimon, avec son nez en HDPE noir de 10mm, et son encornat de mât en HDPE blanc de 12mm.





Gros plan de la plaque charnière

(Une alternative aux liaisons à l'intérieur du wishbone aurait été du tube carré de 32x32x3, de sorte qu'une fois entaillé à leurs extrémités, deux faces auraient été engagées sur les wishbones, rendant la solidité de l'ensemble moins dépendantes des rivets.)



Voici la méthode de pliage des faces des wishbones .

Un conformateur est fabriqué en MDF , et mon poids suffit à plier le tube  $\varnothing 25$  . Un grand nombre d'essais et d'erreurs est nécessaire pour établir le bon rayon à cause du retour élastique. Chaque tube fut néanmoins mis en forme en quelques secondes .



Vérification de la courbure :



Sciage des nez à la scie à ruban.



Finition à la fraise à copier.



Voici le système de charnière , sur la pile de wishbones du mât d'artimon.

Une rondelle est disposée de chaque côté du roulement et un axe de 4mm traverse le tube en inox de 12.7mm, constituant la charnière.

Par la suite, le tube servant de latte sera glissé dans le tube en inox et isoler de celui-ci par un peu de film mylar enroulé autour de lui. Après ajustement de la tension de la voile, deux rivets seront mis par le bas pour bloquer la latte.



Voici le procédé destiné à limiter le débattement des lattes :

Un tube plein en plastique taillé en forme de coin au niveau de son extrémité avant est muni d'un cordage de 4mm en Dyneema. Ce cordage est fixée au tube du wishbone.

La photo a été prise alors qu'un ris était pris.

Sur la latte arrisée, au dessus de la latte la plus basse, on peut voir que le cordage en Dyneema passe au travers d'un anneau et est fixé sur un halebas (bosse de ris).

J'avais pensé qu'il aurait pu être nécessaire de ramener au centre les lattes lorsqu'on navigue au près dans le petit temps , et que ce système le permettrait. Mais en fait, les charnières présentent si peu de frottement que l'articulation est très douce et facile . Les anneaux ont été retirés et les halebas (bosse de ris) sont directement fixés sur l'entretoise entre les tubes du wishbone.

Pour en revenir aux défauts du gréement précédent, le second était le manque de soutien de la zone du guindant. Des wishbones écartés de 120 cm ne suffisent pas. L'étude d'un grand nombre de profils destinés à développer de la portance montre qu'ils ont plusieurs choses en commun :

- une surface supérieure qui est convexe sur toute sa longueur (ou parfois rectiligne dans sa partie arrière , comme dans le profil que j'ai choisis )
- Un bord d'attaque arrondi , avec un rayon habituelle d'environ 2 % de la corde.
- Une surface inférieure convexe sur environ les 10 premiers % de la corde , avant de devenir droite ou concave .

C'est cette dernière caractéristique qui est souvent négligée ou mal comprise , et pourtant elle est aussi importante que les deux autres. En regardant le flux d'air autour d'un foil au moyen d'un ordinateur simulateur ( Designfoil , ou le programme éducationnel de la NASA, sur son site Internet ) ou à l'aide d'un générateur de fumée avec un véritable profil bombé à son angle

d'attaque , on peut voir que le point de stagnation , le point où l'écoulement d'air se divise pour passer de part et d'autre du profil , ne se situe pas au niveau de la pointe , mais une certaine distance sur le côté au vent, en fonction de l'angle d'attaque . Le rôle de la convexité de la partie au vent, j'en suis convaincu , est de diriger plus d'air autour du bord d'attaque et du côté sous le vent où il accélère considérablement , abaissant sa pression en conséquence. C'est là où la majorité de la portance d'un bon profil est générée.

Une voile souple ne peut tout simplement pas permettre cette convexité . Par contre, si beaucoup de tension est appliquée sur le tissu verticalement ou horizontalement , alors la voile fléchit vers l'intérieur. Il est possible de réaliser un bord d'attaque arrondi grâce à une tension verticale suffisante , à condition que la voile ne vrille pas ; mais celui-ci ne sert à rien en lui-même. Ce n'est que lorsque le flux d'air est amené à se déplacer autour de lui qu'il commence à être intéressant .

Et ainsi j'en viens à ce qui est probablement la chose la plus importante que j'ai apprise récemment au sujet des ailes souples. - Il est absolument nécessaire de disposer à l'intérieur des "riblets" entre les wishbones, pour maintenir la partie avant de la voile , le pourtour du guindant et les premiers 10% des deux côtés du profil . Voici ce que j'ai fait :



J'ai fixé 3 "riblets", coupés dans deux panneaux d'ABS , espacés de 30 cm entre chaque wishbone. Ils ont été grossièrement coupés avec une scie à ruban, puis mis en forme à la défonceuse à l'aide d'une fraise à copier. Des trous pour la couture ont été forés tous les 25mm. Un morceau de sangle de 50mm de large a été cousue à la machine le long de l'axe. Chaque "riblet" a été cousu à la main à sa place .

(Sur cette photo, prise à partir du haut de la voile, on peut également voir le système de fixation des wishbones . Des sangles avec des oeillets sont cousus sur le guindant , et sont boulonnées sur la face inférieure du nez . Sur les côtés , des longueurs de sangle , avec de petits trous réalisés avec un fer à souder , sont cousues à la voile le long du bords supérieurs , et sont lacées sur les wishbones.

Ce n'est pas difficile , mais prend beaucoup de temps. Et pourtant , j'ai l'intuition que si vous ne disposez pas de "riblets", cela ne sert à rien de se donner la peine de fabriquer des wishbones et une voile épaisse. Ils sont très important !



Voici une photo du côté sous le vent de l'artimon . Il est tout à fait stable , comme s'il s'agissait d'une surface dure , sans partie pendante ni effondrement :  
( les deux panneaux inférieurs sont tordus , avec des plis diagonaux - je n'avais pas réglé correctement les écoutes à ce niveau .



Un ruban sur un bâton montre si le flux d'air est laminaire ou turbulent autour du guindant et sous le vent.

Un "riblet" entre chaque nez n'est pas suffisant, mais c'est mieux que rien. Deux "riblets" semblent suffisant. Trois "riblets" seraient un peu mieux que deux , mais la loi des

rendements décroissants commence à s'appliquer . On peut voir que même sur ce plancher que le guindant est parfaitement en forme. On pourrait penser que les "riblets" nécessiteraient plus de place lorsque la voile sera ferlée, mais en réalité, ils semblent disparaître sous les wishbones.

Les lattes, au niveau de leur extrémité arrière sont simplement boulonnées à travers un œil au travers de la voile, affleurant au niveau de la chute.

Chaque wishbone possède un halebas individuel ou une patte d'oie en reprend deux ensemble. La drisse passe à l'intérieur du voile , car la voile est si épaisse qu'elle provoquerait du ragage si elle passait à l'extérieure.

Une balancine, juste derrière le mât supporte les wishbones lorsque la voile est arrisée ou ferlée. Une paire de balancine fait la même chose à l'arrière. Souvenez-vous que l'extrémité arrière de toutes les lattes doit se trouver constamment à l'arrière des balancines. C'est le plus important facteur déterminant dans le plan de forme de la voile.

N'importe quel système d'écoute de voile de jonque peut être utilisé, mais comme avec n'importe quel voile de jonque a panneaux cambrés, le sommet de la voile doit être bien bordé si vous voulez bien remonter au vent. Des écoutes placées sur l'axe central du bateau sont inefficace. Je suis favorable aux écoutes doubles, bâbord et tribord, avec la partie supérieure des écoutes positionnées au vent et les parties inférieures positionnées au niveau de l'axe central du bateau.

La tête de la voile est la seule pièce dont je ne sois pas encore satisfait. J'ai simplement ajouté du tissu de manière à prolonger la voile jusqu'à ce qu'elle touche le guindant et construit un wishbone de tête similaire aux wishbones normaux mais seulement espacé d'un mètre. La drisse est attachée sur un gros tube reliant les côtés de ce wishbone.



Cela a rendu le guindant un peu trop long - je devrais redessiner la tête de la voile afin d'obtenir moins d'angulation par rapport à l'horizontale. La voile se ferlera alors plus facilement, aussi.

Le guindant de la grand-voile au-dessus de la latte supérieure n'est pas assez soutenu , et je devrait y ajouter un autre wishbone.

La part la plus difficile pour maintenir l'ensemble de la voile correctement est la position du patin dans le wishbone de tête. Il prend appui sur la face avant du mât , tandis que tous les autres wishbones en dessous poussent contre sa face arrière.

Etant donné que le mât est conique , le décalage varie lorsque la voile est totalement hissée ou arrisée. Pratiquer par essais et erreurs , et régler le patin du wishbone de tête de mât sont nécessaires pour obtenir un résultat acceptable .

Mais dans l'ensemble , j'ai réalisé ce que j'avais prévu :

- Assez de creux pour faire avancer Tystie dans une mer difficile.
- Les très importants premiers 10% de l'avant du profil des deux voiles conservent bien leur forme, même quand le bateau tangue.
- La profil est maintenu au sommet de la voile.
- Les lattes s'articulent librement , même si l'angle d'articulation a augmenté de 15° à 23 °
- Une grand-voile de surface plus grande a amélioré l'équilibre de barre.
- Le poids de l'ensemble des lattes a diminué de 20 kg.
- Et surtout, Tystie remonte mieux au vent et est plus rapide qu'avant.

Je ne peux pas encore donner de chiffres significatifs. Néanmoins, en naviguant contre Footprints, un bateau léger avec une plus grande longueur à la flottaison et une voile Hasler, Tystie avançait plus vite d'un ou deux noeuds et remontait au vent 10 à 15 degrés de mieux.

J'ai maintenant besoin d'un bermudien de taille équivalente pour régater contre lui...

