

Des réflexions sur les performances du gréement de jonque

(Junk Rig Association Newsletter, Number 40, January 2003
and the Journal of the Amateur Yacht research Society, number 11, January 2003)
Par Slieve McGalliard

Contexte de ces réflexions

Les réflexions proposées ont été écrites pour essayer d'analyser les informations disponibles applicables à la performance du gréement de jonque, au tiers entièrement latté. Elles doivent être considérées comme des interprétations personnelles requises pour un ensemble particulier de problèmes. Les schémas ci-dessous sont basés sur des schémas existants ou sur les meilleures hypothèses basées sur leurs résultats. L'auteur est ouvert aux critiques, sur ces réflexions, pour ouvrir un débat et augmenter le champs des connaissances.

Réflexions de base

Depuis la première régata trans-Atlantique en solitaire « Single Handed Trans-Atlantic Race » des efforts importants ont été entrepris pour améliorer les performances du gréement au tiers chinois. Cependant, celui-ci est toujours considéré comme étant excessivement compliqué et en ayant des performances au près limitées.

Malheureusement, les comparaisons ont souvent lieu avec des gréements Bermudiens hautement optimisés, comme ceux utilisés sur les bateaux de la coupe de l'Amérique, et qui ont des équipages très entraînés et une garde robe étoffée.

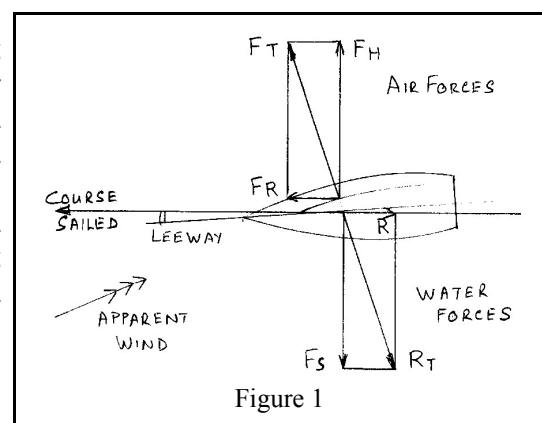
Il serait donc judicieux d'entreprendre des comparaisons plus réalistes avec des croiseurs familiaux ayant un programme comparable, équipés d'un vieux génois sur enrouleur avec un réglage d'écoute perfectible, des performances au près limitées, et qui deviendra encore moins efficace lorsque le vent montera. Car tant qu'un bateau, équipé d'un gréement au tiers entièrement latté, n'aura pas produit une performance remarquable lors d'un évènement populaire hautement médiatisé, l'intérêt restera marginal, laissant quelques enthousiastes éclairés profiter de ses nombreux bénéfices.

L'objectif est de produire un gréement facile à manipuler par un bateau de croisière avec équipage réduit qui aurait des performances égales ou meilleures, à toutes les allures, qu'un sloop Bermudien. Cela signifie qu'il faut inévitablement se concentrer sur les performance au près.

Théorie hydrodynamique de base

La figure 1 est une version simplifiée des forces en présence au près serré. F_t est la force aérodynamique totale produite par le vent dans le gréement. Elle peut être décomposée en F_r , projetée sur l'axe de la vitesse, qui propulse le bateau et F_h perpendiculaire à l'axe de la vitesse du bateau qui fait giter le bateau et crée de la dérive.

R_t est la résistance hydrodynamique totale qui est égale et posée à F_r qui peut être décomposée en F_s qui s'oppose à la dérive, et est égale et opposée à F_h , et R qui est la projection sur l'axe de la vitesse et qui est égale et opposée à F_g .



Lorsque le vent augmente, prendre un ris est favorable pour réduire la force F_h qui produit la gite pour maintenir le bateau à sa meilleur vitesse. Comme la prise de ris réduit la force aérodynamique totale F_t , elle réduit aussi la force propulsive F_r . Cela veut simplement dire qu'augmenter F_t ne va pas nécessairement augmenter la vitesse du bateau et que si le vent augmente, augmentant F_t , cela va de fait ralentir le bateau en-dessous de sa vitesse optimum.

La réponse simple pour augmenter la vitesse au près est d'arriver à augmenter F_r sans augmenter significativement F_b , ce qui revient à basculer le vecteur F_t vers l'étrave du bateau. La question est : comment trouver une solution simple à ce problème simple.

Théorie aérodynamique de base

Pour répondre au problème « simple » il peut être utile de regarder les forces aérodynamiques en présence.

La figure 2 montre l'écoulement de l'air autour d'un profil plat convexe de type Clark Y, ainsi que les forces en présence. Evident, les profils épais sont différents des ailes cependant ce diagramme permet de comprendre la situation plus facilement.

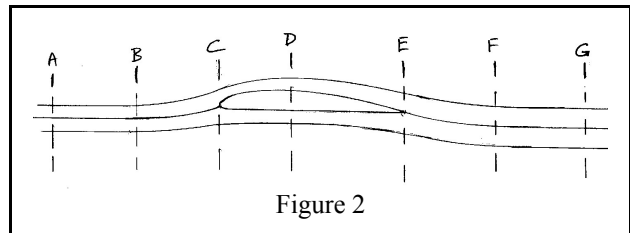


Figure 2

Sur la figure 2, entre A et B, l'air s'approche du profil avec des filets d'air droits et parallèles.

Entre B et C, la présence du profil commence à être perçue par l'air ce qui provoque une déflexion vers le haut (nous en dirons plus après).

Au point d'arrêt C, le flux se sépare et l'air qui passe par dessus accélère en passant au-dessus du bord d'attaque courbe, et la pression diminue. Le flux qui passe sous le profil ralenti et la pression augmente.

Après E, le flux est dévié vers le bas mais, en F, il revient à sa direction initiale, mais en ayant perdu de l'énergie.

La figure 3 montre le champ des pressions sur le profil.

Comme la pression ne peut qu'exercer une force perpendiculaire à la surface, les vecteurs de force feront toujours un angle droit avec la surface courbe du profil.

La force totale produite est le vecteur somme de tous les vecteurs correspondants à chacune des unités de surface. C'est la force F_t que nous avons vue auparavant. Plutôt que d'additionner tous les vecteurs de force, il est plus intéressant de diviser le profil en tiers puis d'additionner les vecteurs force séparément pour chaque tiers.

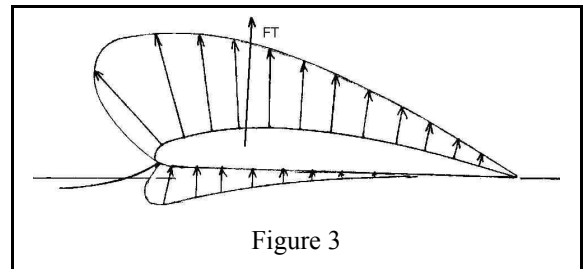


Figure 3

Même si elle n'est pas dessinée de façon exacte, la figure 4 montre que c'est la somme des vecteurs de force du premier tiers F_a qui produit la force propulsive désirable.

Cela montre que le premier tiers du profil est le plus important pour naviguer au près.

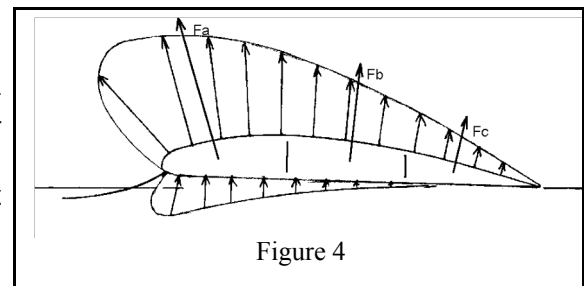


Figure 4

Les figures 2, 3 et 4 montrent les performances impressionnantes d'un profil épais asymétrique et suggère qu'une voile aile devrait être performante. Malheureusement, une voile, constituée d'une surface, ne peut pas avoir un bord d'attaque épais, avec le ralentissement dans la partie basse forcée par la déflexion vers le haut et l'accélération autour du bord d'attaque qui produisent une excellente force propulsive. Avec l'extrémité pointue de la voile, le bord d'attaque doit être exactement orienté dans le flux d'air qui attaque la voile, sinon une bulle de séparation va se créer et détériorer la génération des pressions. Donc, le mieux que puisse faire une voile en simple surface c'est de produire un vecteur de force perpendiculaire à la déflexion vers le haut.

La figure 5 essaye de montrer qu'une voile en simple surface peut tout de même produire une force « propulsive » utile, à condition que le premier tiers du profil soit bien cambré et que la voile commence à s'incurver le plus tôt possible pour développer une succion à l'avant de la voile où le vecteur force pointera plus vers l'avant.

Dans le chapitre 17 de son livre « High Performance Sailing »,

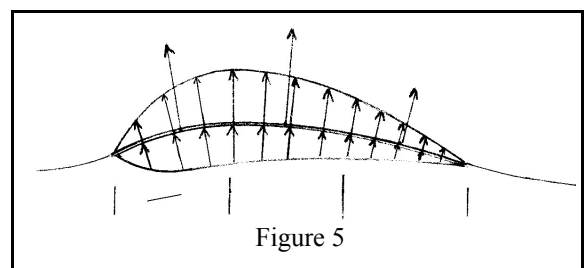


Figure 5

Frank Bethwaite donne une description très claire des flux et des distributions de pressions autour des voiles, rendant indispensable sa lecture aux étudiants en performance vélique.

Les effets de la déflexion vers le haut

Sur la figure 2, entre B et C le flux d'air commence à s'incurver vers le haut en approchant du profil. Avec l'extrémité aigüe de la voile, il est important que le flux d'air rencontre la voile exactement en ligne, autrement des bulles de séparation vont se former. Plus la déflexion vers le haut est importante, plus la voile pour remonter dans le flux relatif entre A et B.

Le VMG (velocity made good) au près étant le cosinus de l'angle entre le vent réel et la route, multiplié par la vitesse du bateau, alors toute augmentation de la déflexion vers le haut va améliorer le VMG. L'air qui approche la voile ne peut pas anticiper la présence de la voile mais ne peut que réagir au profil des pressions produites par la voile. Le flux d'air ne peut être réfléchi vers le haut que par une dépression au-dessus et en avant du bord d'attaque de la voile. Donc produire une bonne succion au bord d'attaque est doublement important car, non seulement cela participe à la vitesse du bateau, mais, en créant une déflexion vers le haut plus importante, cela participe également à réduire l'angle d'un bord sur l'autre. Si le premier tiers de la voile est plat, comme sur la plupart des gréements de jonque existants, la dépression ne se formera pas avant un tiers de la corde à partir du bord d'attaque et la dépression n'aura aucun effet significatif sur le flux d'air qui arrive sur le bord d'attaque ; il n'y aura donc pas de déflexion vers le haut significative et en conséquence un angle d'un bord sur l'autre important. On en déduit que la partie avant de la voile n'avait pas d'effet significatif.

Tout cela induit que la solution au problème « simple » auquel on s'est référé auparavant consiste à créer une bonne courbure dans le premier tiers de la voile et à encourager le flux d'air à suivre cette courbure.

Exemples pratiques

Comment cette réponse « simple » correspond-elle à des expériences pratiques réelles sur des gréements de jonque ?

Bien qu'il ait obtenu des améliorations significatives des performances sur son bateau Felix, Bunny Smith a souligné que son bateau continuait à avoir un déficit de performance au près. Il l'illustre dans le journal de la JRA N°26 Page 22 paragraphe 8 avec un schéma de polaire. En paragraphe 18 il statue qu'en concevant la voile de Felix, il a décidé sur la base de ses observations de flux d'air, son expérience de navigateur et de ses connaissances en aérodynamique, que toute la surface de voile sur une longueur d'un pied (33 cm), en avant de, au niveau du mât et en arrière du mât, devait être ignorée pour décider de la position du centre de voilure (CE) vis à vis du centre de dérive (CLR). Il a avancé son mât de 3 pieds (99cm), soit 11% de la longueur à la florisaison (LOA) en lui donnant de la quête vers l'avant. Ce faisant, il a corrigé tous les problèmes de maîtrise du bateau qui s'en est retrouvé parfaitement équilibré.

Cela est en harmonie avec le diagramme du journal de la JRA N°20 page 16 sur lequel il montre une grosse bulle de séparation qui couvre le premier tiers de la partie sous le vent de la voile. Il est intéressant de noter que Joody Chapman a également trouvé une prédominance de bulles de séparation au bord d'attaque lors de ses expérimentations de gréement de jonque.

En totale opposition, Frank Bethwaite, dans son livre « High performance Sailing », en figure 17.28, montre un mât aile moderne avec un écoulement turbulent qui se rattache immédiatement, éliminant la bulle de séparation et établissant un flux turbulent rattaché dès l'avant de la voile courbée. A la fin du paragraphe 17.10, il constate que lorsqu'ils ont commencé à utiliser des mâts ailes, tous les bateaux sont devenus ardents. Ils ont dû avancer les dérives d'un pied (33cm) ou plus, 7% de la LOA, pour équilibrer la succion puissante juste derrière le mât (au guindant de la voile). C'est exactement l'inverse de l'expérience de Bunny Smith.

Avec la bulle de séparation sur la partie plate du premier tiers de la voile, le gréement de jonque est moins performant au près, alors que le mât aile avec un flux turbulent attaché sur le premier tiers d'une voile cambrée aide un dériveur à planer au près !

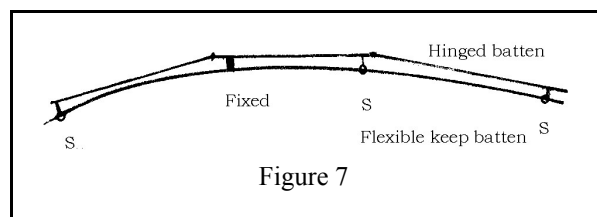
De nombreux autres exemples montrent l'importance de l'écoulement autour du premier tiers de la partie sous le vent d'une voile convenablement cambrée. Sans un guindant tendu, le foc d'un gréement bermudien perd la cambrure prévue dans sa conception et son écoulement, ses performances au près en seront détériorées. Un génois partiellement roulé aura aussi un profil médiocre et ses performances au près seront pires qu'avec un foc plus petit mais endraillé. Un vieux génois qui poche dont le creux est reculé, ne va pas pointer correctement, ni performer au près.

Sans une bonne succion près du guindant d'une voile de jonque, il y a moins de déflexion vers le haut qu'avec un gréement bermudien, et donc un angle d'un bord sur l'autre plus grand.

Une conclusion apparente

Les éléments ci-dessus suggèrent que tant qu'une méthode n'aura pas été trouvée pour concevoir un bord d'attaque bien cambré qui crée un flux sous le vent sur le premier tiers de la voile, le gréement de jonque ne sera pas performant au près pour convaincre les sceptiques.

Au contraire, si on arrive à le faire, alors, combiné à ses autres vertus, le gréement de jonque pourrait convaincre quelques personnes qui pourraient en entraîner de nombreuses autres.



Analyse de l'état de l'art

Ce qui précède suggère qu'une voile plate non cambrée ne sera pas performante au près. Le gréement original de Hasler/ McLeod confirme cette assertion, avec peu de puissance et un angle important d'un bord sur l'autre dû à l'absence de déflexion vers le haut.

Toutes les évolutions du gréement de jonque, plus performantes, utilisent de la cambrure, soit avec des lattes flexibles, soit avec des lattes articulées, soit avec des broadseams (coutures plates arrondies) dans les voiles. Malheureusement, la cambrure qui en résulte ne s'étend pas toujours jusqu'au guindant.

Il existe aujourd'hui des informations sur de nouvelles expérimentations avec des lattes pré-cintrées ayant une double peau qui pourraient s'avérer très intéressantes.

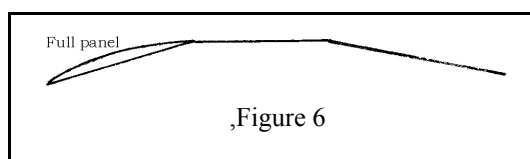
Les lattes flexibles ont le désavantage connu de fléchir plus lorsque le vent monte, ce qui est loin d'être idéal. La partie avant des lattes, en avant du mât, a tendance à fléchir dans le mauvais sens et ne montre aucun potentiel à produire simplement la cambrure désirable, et le flux attaché suggérés plus haut, nécessaires pour obtenir de bonnes performances au près.

Les lattes articulées présentent l'avantage que la cambrure reste constante quelque soit le vent. Malheureusement le premier tiers de latte doit être raide pour empêcher l'articulation de la latte de fléchir du mauvais côté ; ceci n'encourage pas le développement d'une forte succion en avant de la voile pour obtenir la force orientée vers le haut permettant l'importante déflexion vers le haut souhaitée.

Des voiles composées de lattes rigides et de panneaux dont la courbure est obtenue grâce à des coutures plates arrondies (Broadseam) comme présentées dans le bulletin d'information de la JRA n° 30 page 21, semblent présenter des avantages et des faiblesses. Cette configuration ne produit pas la surface d'un profil idéal mais apporte cependant de la courbure jusqu'au bord d'attaque au milieu de chaque panneau tribord amure. Les photos pages 21 et 24 le montre, mais la photo en page 23 montre la situation en bâbord amure avec le mât et les erseaux de Hong Kong qui détériorent le profil. Arne Kverneland affirme que le gréement à un angle d'un bord sur l'autre de 90° et donne un bon équilibre sous voile. Il serait intéressant d'appareiller le bateau afin d'observer si la performance en tribord amure est significativement meilleure qu'en bâbord amure. Il est probable qu'il en soit ainsi et que si l'on arrivait à la reproduire sur les deux amures, les performances deviendraient alors très intéressantes, en particulier si les grands plis au guindant pouvaient être soigneusement maîtrisés.

Dans le magazine de la JRA N°32, page 14, Arne constate aussi que l'utilisation de lattes articulées « rendait le bateau ardent ». Cela suggère que le centre de pression se trouvait très en arrière dans la voile et pas dans le tiers avant. En se référant à ses lattes rigides associées à des panneaux cambrés, dans le magazine N°30 page 24, il a écrit « qu'il devait tirer un peu la voile en arrière pour éviter que le bateau ne soit mou ». Cela suggère que le premier tiers de la voile produisait une bonne traction. Ceci devrait aller dans le même sens que les meilleures performances obtenues avec l'expérience de Franck Bethwaite sur les mâts aile.

Parmi les 4 types mentionnés ci-dessus, rigide et plat, flexible, articulés et rigide avec des panneaux cambrés, ce dernier semble le seul capable de fournir de la cambrure dans le premier tiers avant de la voile, dans l'état de l'art actuel. Il est possible que la meilleure performance soit obtenue en combinant les types,

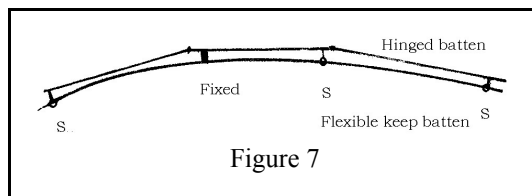


comme des lattes articulées avec des panneaux creusés par des coutures plates et arrondies (broadseams) sur le premier tiers de la voile, ou entre les parties droites des lattes entre les articulations, comme sur la figure 6. Une alternative qui en « gardant » une voile très flexible mais retenue par des

écarteurs reliés à des lattes articulées structurales, pourrait produire une voile à la courbure lissée, tout du moins dans le premier tiers avant.

Sur la figure 7, les lattes sont reliées par des écarteurs fixes en F et par des écarteurs coulissants en S.

Si l'on considère le niveau de creux requis sur une voile bermudienne ou même sur des gréements comme les « standing lug » c'est demander beaucoup que de vouloir une voile de jonque plate et performante, même avec l'aide de lattes articulées.



Une pensée marginale

La mention ci-dessus de performances supérieures des mâts aile pourrait suggérer que la section épaisse de la partie avant du « Swing Wing Rig », avec le mât entouré par la voile, pourrait avoir un grand potentiel. Il est dommage que ce développement n'ait pas été poursuivi car on se serait aperçu qu'une simple erreur de conception fondamentale, a peut-être ruiné un très bon gréement par ailleurs.

Des pensées sur une veine différente

Actuellement, il existe un certain nombre de recherches différentes sur les plans de voilure. Certaines sont basées sur les conceptions de Hasler/McLeod, d'autres sur les dessins de Felix, d'autres encore sur les observations de Vincent Reddish. Plutôt que de suivre les voies existantes, il pourrait être intéressant de réfléchir sur les raisons qui supportent les différentes caractéristiques des voies de recherche, dans le but d'obtenir une meilleure solution des temps modernes. Les caractéristiques qui méritent d'être étudiées pourraient inclure :

- 1 - L'angle des lattes,
- 2 - L'apiqué de la vergue,
- 3 - La forme générale de la voile,
- 4 - La compensation de la voile sur le mât.

1. L'angle des lattes

Bien que beaucoup pense que l'écoulement de l'air du guindant à la chute est horizontal, on doit rappeler qu'en produisant de la portance, le flux de la haute pression au vent de la voile va s'élever au vent de la voile et le flux de la dépression sous le vent de la voile va descendre, en produisant des tourbillons derrière la voile. Plus l'allongement est faible, plus cette divergence de flux est importante.

Bunny Smith promouvait un écoulement turbulent sous le vent en faisant butter le flux d'air sur des lattes. Cela peu, cependant, être plus intéressant d'aligner les lattes avec le flux d'air au vent de la voile pour donner un «écoulement » sans interruption à travers et vers le haut de la voile plutôt que de bloquer le flux, ce qui en ferait diminuer défavorablement la pression. Des faveurs ou de la fumée pourraient indiquer l'angulation idéale des lattes au vent d'une voile bien cambrée.

2. L'apiqué de la vergue

Il semble généralement convenu que plus le guindant est long, plus la performance devrait être bonne. Cela a conduit à avoir les vergues longues angulées le plus verticalement possible, comme sur le gréement Gunter (Gunter rig).

Les conceptions des profils modernes s'intéressent plus à leur efficacité en repoussant le vortex terminal aussi loin et en arrière que possible. Un espar plus court moins angulé pourrait s'avérer plus efficace s'il est grée sur une voile avec un guindant plus long, en déplaçant l'extrémité effective plus en arrière pour encourager le vortex à se rattacher à l'extrémité de la vergue. Un espar moins angulé pourrait même produire un vortex de bord d'attaque productif comme sur ce qui se développe sur un gréement en pince de crabe. Comme l'a montré Tony Marchaj, la nature semble aimer les extrémités d'aile en flèche, donc cela pourrait être intéressant de copier l'évolution.

3. La forme générale de la voile

Il s'avère que tous les contours des voiles sont dessinés avec des guindants droits, avec un besoin d'ajustement de la voile par un erseau de guindant ou des erseaux de Hong Kong.

Vincent Reddish nous a rappelé que la méthode originelle chinoise pour fabriquer une voile consistait à fabriquer le cadre des ralingues et des lattes, puis à attacher le tissu sur le cadre tendu. En faisant ainsi, la tension sur la ralingue angulée de la chute va pousser les lattes vers l'avant et devra être contrée par la tension sur la ralingue de guindant

qui pousse les lattes vers l'arrière. Cela va créer un guindant convexe ; si cette forme est intégrée dans la voile, le besoin d'erseaux de guindant ou d'erseaux de Hong Kong pourrait en être diminué ou éliminé.

Sur les ersedes de Hong Kong, dont on a besoin sur les conceptions actuelles pour conserver la structure des lattes/ ralingues en forme lorsque on y accroche des panneaux de voile cambrés creux, les chinois fixaient les parties avant des réseaux de hong Kong sur le guindant. Il ne semble pas qu'il y ait de raisons qui empêchent de les fixer plus en arrière, voir même vers la chute pour créer moins d'interférence et avoir plus de cambrure de la voile au guindant, voir même de les éliminer par une meilleure conception.

4. La compensation de la voile sur le mât

Depuis que Bunny Smith a trouvé qu'il était préférable de reculer la voile autant que de possible, avec les lattes flexibles du gréement Felix, il est notable que les gréements ont été poussés vers l'arrière au près. Si l'on arrive à introduire de la cambrure dans le premier tiers de la voile, on peut alors vouloir déplacer autant de voile que possible en avant du mât pour produire autant de force de traction favorable que de possible. Augmenter ainsi la compensation de la voile sur le mât pourrait avoir plusieurs effets bénéfiques complémentaires, comme on le verra plus tard, ainsi que des virements et des empannages plus doux. Le mât pourrait être implanté plus en arrière sur la coque et ce qui pourrait être structurellement avantageux.

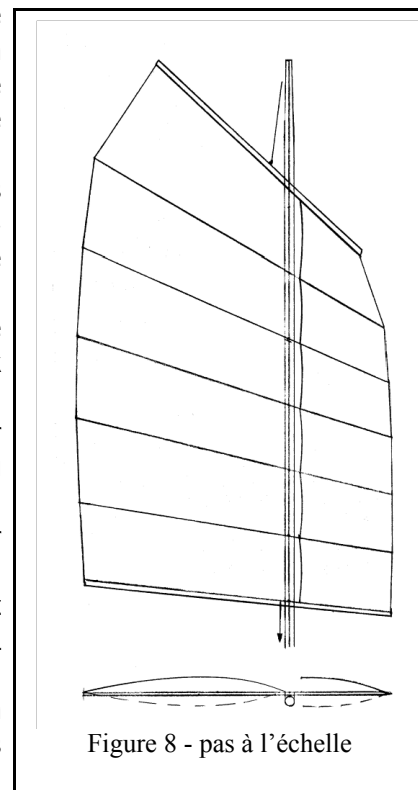
Certaines pensées qui en résultent

Toutes ces pensées mènent vers une forme de voile différente basée sur les éléments les plus prometteurs ; elles pourraient être :

1. Des lattes raides, avec des coutures plates et arrondies « Broadseams » pour produire de la cambrure jusqu'au guindant.
2. Le plus de surface cambrée dans de l'air libre devant le mât pour maximiser la traction souhaitée.
3. Un guindant convexe pour contrer les forces de la chute convexe et simplifier le gréement.
4. Un guindant long avec une vergue faiblement angulée pour produire un vortex aussi haut et en arrière que possible.

Comme le mât va perturber la cambrure de la voile en bâbord amure, il semble naturel de fractionner la voile au niveau du mât pour se retrouver avec un « foc » et une « grand voile » entre chaque paire de latte, comme sur le gréement de jonque Swing Wing ou Aerorig. Cela devrait ressembler à la figure N° 8 et avoir les avantages suivant :

1. Avec le guindant convexe contrant la chute convexe, des ersedes de lattes simples et des hale-bas alignés avec le guindant de la « grand-voile » devraient suffire sans avoir besoin d'ersede de guindant ou d'ersedes de Hong Kong.
2. La tension des hale-bas devrait contrôler le vrillage comme sur une voile au tiers ; il devrait être alors possible de n'utiliser qu'une écoute à deux brins sur la bôme.
3. Avec autant de compensation, il ne devrait pas être nécessaire de basculer le gréement d'avant en arrière pour équilibrer le bateau au près et au portant.
4. La « grand voile » peut demander moins de cambrure que le « foc » car c'est lui qui va produire le plus de traction au près. La corde de la « grand voile » pourrait être réduite en comparaison d'une voile unique ; il devrait donc y avoir significativement moins de « broadseams » pour obtenir la cambrure de la voile.
5. L'interaction entre les deux « voiles » pourrait encourager une accélération du flux sous le vent du « foc » tout en encourageant plus de déviation vers le haut et plus de traction.



Il pourrait aussi y avoir des désavantages :

1. Le traçage des « broadseams » des panneaux du « foc » devrait être critique pour obtenir les performances au près.

2. La réduction de voilure pourrait ne pas être aussi facile qu'avec un gréement de jonque conventionnel parce qu'il faudrait reprendre la tension vers le bas de la latte la plus basse en usage, tant au guindant qu'à la chute. Cependant, les prise de ris automatique moderne pourrait aider à obtenir une voile bien établie.

Il paraît évident que le nom de ce gréement devrait être le « Split Junk » (Gréement de jonque fractionné) ou SJ en abréviation.

En relisant les vieilles versions du magazine de la JRA N° 24 page 31, il y a un schéma très similaire dans un article de Paul McKay, qui ne diffère que par le fait qu'il n'y a pas de place pour une fente entre les voiles au niveau du mât.

C'est vraiment dommage qu'il n'ait pas été encouragé à poursuivre sa ligne de pensée d'il y a au moins dix ans.

Comme mentionné dans le premier paragraphe, l'auteur serait heureux de recevoir des critiques sur ces pensées dans un esprit de débat ouvert et pour étendre le domaine de connaissances.