

CHAPITRE IV

LES RECHERCHES DANS LE DOMAINE DES GRÉEMENTS ET LEURS APPLICATIONS RÉCENTES

S I pour la plupart des plaisanciers et des concepteurs de bateaux de plaisance, la question du choix du gréement ne se pose pratiquement pas, étant entendu que le Marconi est adopté à la quasi-unanimité, il reste quelques chercheurs et architectes qui remettent en question cet état de fait qui nous semble immuable. Heureusement, ils sont là pour nous apporter des solutions originales qui, si elles ne sont pas universellement reconnues à l'heure actuelle, ouvrent la voie de la recherche et préparent peut-être le gréement de demain. On peut distinguer deux grandes directions, dans lesquelles sont menées les recherches, certains architectes poussant même plus loin leurs investigations, et tâchant de concilier les deux :

□ **La première s'oriente** vers une simplification des manœuvres et de la tâche de l'équipage. Cela s'obtient parfois en redéfinissant les rôles de chacun des éléments du gréement conventionnel, en fonction des besoins réels de la navigation de croisière, mais le plus souvent, il s'agit d'une refonte beaucoup plus globale de l'approche de l'ensemble du gréement d'un voilier. C'est cette voie qui a abouti aux cat-boats et aux cat-ketchs.

□ **La seconde direction** vise à améliorer le rendement du plan de voilure, et plus exactement du système propulsif, car nous verrons que parfois, les solutions mises en œuvre n'ont qu'un très lointain rapport avec ce que recouvre pour nous le terme de "voile". Dans cette catégorie, les travaux sont menés aussi bien dans le domaine des formes et des profils (voile fourreau, épaisse, etc.) qu'au niveau des mâts (mâts aile, tournants, à volets...).

Certes, tous ces travaux ne débouchent pas sur une révolution dans le monde de la voile, mais certains ont déjà marqué de leur empreinte l'univers de la plaisance. Il est toujours enrichissant de comprendre les différences, mais aussi les similitudes qu'il peut exister entre tous ces gréements "mutants" et ceux, plus conventionnels, que nous utilisons sur nos voiliers. Aussi examinerons-nous les principales innovations de ces dernières années, d'autant plus que rien ne nous permet d'affirmer que le gréement bermudien continuera d'occuper le devant de la scène éternellement.

III.IV.1. : CAT-BOATS ET CAT-KETCHS

III.IV.1.1. : Un gréement typiquement américain

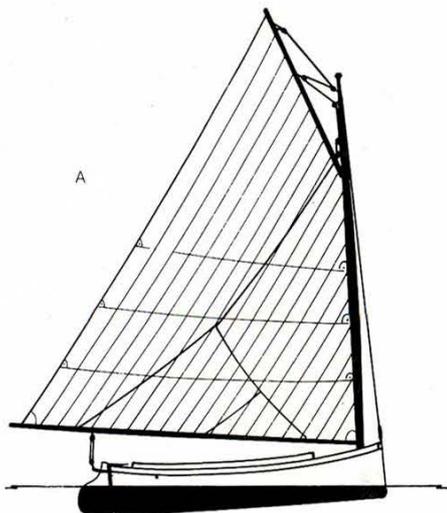
Ce type de gréement est relativement plus ancien que le Marconi (version plaisance) puisqu'il est apparu il y a environ cent-cinquante ans, mais ce sont surtout ses récentes applications découlant de sa redécouverte, qui font qu'il trouve sa place dans ce chapitre. C'est aux Etats-Unis, plus exactement sur la côte Nord-Est et dans la région des grands lacs qu'il s'est tout d'abord développé. Comme la plupart des voiliers anciens, le cat-boat répondait à une adaptation au milieu marin dans lequel il évoluait. Sur ces côtes encombrées de bancs de sable, les bateaux de travail étaient conçus pour la pêche ou la navigation en eaux peu profondes. Il était donc tout à fait logique que la plupart d'entre eux soient munis d'une dérive centrale qui diminuait sensiblement le tirant d'eau.

Les systèmes de lest de l'époque étant très rudimentaires, ou inexistant sur ces embarcations, leur baurit petit à petit de l'embonpoint de manière à compenser la faible stabilité de poids par une augmentation

de la stabilité de forme. Ainsi, il n'était pas rare de trouver des cat-boats américains dont la largeur dépassait en valeur la moitié de la longueur ce qui était assez considérable, surtout à cette époque.

Le gréement était, lui aussi, tout à fait adapté aux données climatiques de la région qui, généralement, connaît un régime stable de vents faibles et légers durant la belle saison, alors que le reste de l'année est soumis aux vents forts des régimes perturbés. Ces différences saisonnières étant très nettes, elles impliquèrent l'adoption de deux types de voilure se succédant à bord du même bateau selon l'alternance des saisons.

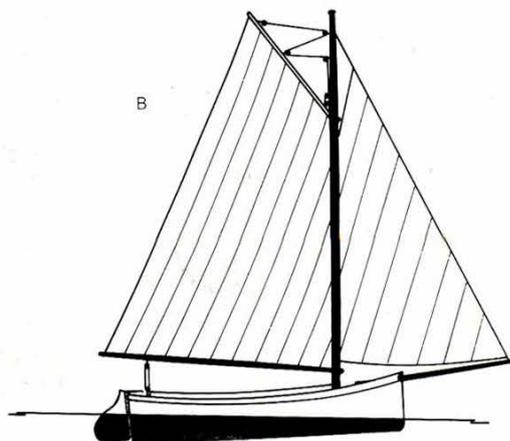
Si, en été, ces voiliers (pour la majorité armés à la pêche) étaient équipés en cotres auriques conventionnels, en hiver, ils arboraient le gréement de cat-boat qui présentait, d'une part, moins de surface, et d'autre part, l'avantage d'éviter les manœuvres de beaupré en rendant toute la base de la voile facilement accessible pour les éventuelles manœuvres de réduction (voir croquis III.200). Il s'agissait, le plus souvent, d'une seule voile aurique comportant une bôme et la réduction de voilure s'opérait par prises de ris ou moins souvent par des tours de rouleau.



Croquis III.200 :

Canot de pêche de la côte nord-est des Etats-Unis

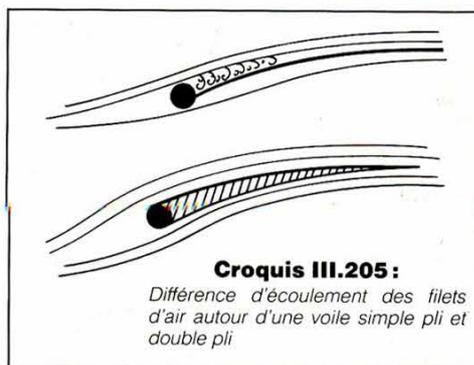
A gauche (A) portant son gréement de cat-boat pour la mauvaise saison. A droite (B) sous gréement aurique plus adapté aux petits airs.



Croquis III.201 :

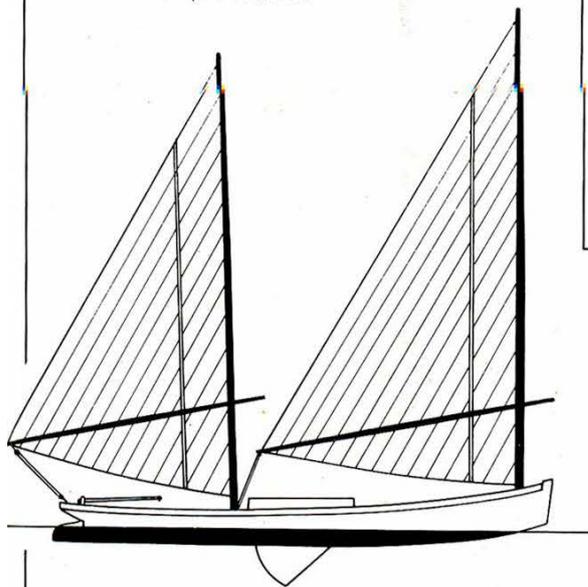
"Long-canoé" de la région des Grands Lacs américains :

On remarque la bande de ris verticale et parallèle au mât.



Croquis III.205 :

Différence d'écoulement des filets d'air autour d'une voile simple pli et double pli



Croquis III.202 :

Plan de voilure du Freedom 40
L'archétype du cat-ketch moderne

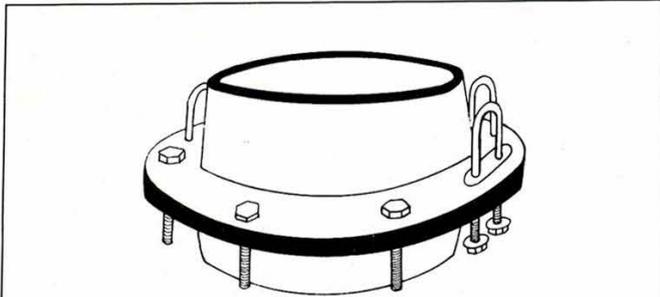


Les mâts ne comportaient aucun haubanage si ce n'est parfois un étai, avec très peu de pied sur l'avant. Il est évident que cette description ne peut être que générale et que de nombreuses variantes existaient à partir de ce schéma de base. Ainsi, sur plusieurs grands lacs américains, naviguaient ce qu'on avait coutume d'appeler les "long-canoës". Ceux-ci n'hésitaient pas à arborer deux mâts grésés chacun en cat-boat : en quelque sorte, un cat-ketch avant l'heure (voir croquis III.201). Encore une fois, les mâts étaient totalement autoporteurs et il est à remarquer que la réduction de voilure s'opérait parallèlement au mât. Elle se pratiquait à l'aide de cargues (en général trois ou quatre) qui revenaient en pied de mât. Les conditions de vent sur ces grands lacs étant, semble-t-il, plus clémentes que celles de l'océan, seule une bande de ris était prévue sur chaque mât. La souplesse des mâts non haubanés permettait également de retarder la réduction de voilure en faisant déverser la voile. Le fait de cette disposition particulière concernant la prise de ris permettait de se passer de bôme et souvent, cet espar était remplacé par une simple livarde. Celle-ci était inclinée vers l'arrière de manière à étarquer à la fois la chute et la bordure de la voile à l'aide d'un palan fixé en tête de la livarde et revenant au mât. Comme on le constate, on n'est pas très éloigné de l'esthétique et de la configuration que Garry Hoyt nous a fait redécouvrir. En effet, si ces gréements furent très à la mode, il y a environ cent-quinquante ans et atteignirent leur "top niveau" à la fin du siècle dernier, ils sombrèrent ensuite dans l'oubli, jusqu'à ce que cet architecte ne les remette à l'honneur il y a une vingtaine d'années avec son Freedom 40.

III.IV.1.2 : Les différents éléments du gréement de cat-boat

S'il reconnaissait lui-même ne pas avoir inventé d'éléments déterminants de ce gréement, Garry Hoyt, le concepteur de cette série de voiliers, a eu le grand mérite de démontrer que cette formule oubliée, pouvait apporter des solutions, tant au niveau du confort, que de la facilité de manœuvre, sans pour autant que l'on obtienne de mauvaises performances, bien au contraire. La légende raconte qu'effectuant l'essai d'un voilier ultramoderne, notre architecte parvint à grignoter avec bien du mal quelques minutes sur un vieux caboteur à voiles dont la simplicité n'avait d'égal que la rusticité...

Les petits ennuis techniques qu'il rencontra au cours de cet essai ne firent qu'accentuer le contraste et la relativité de cette maigre victoire. Tout cela acheva de convaincre Garry Hoyt de la nécessité de



Croquis III.203 :

Anneau de pont pour mât cylindrique et non haubané :

L'intérieur est en général garni d'une bague en caoutchouc dur ou en delrin pour ne pas abîmer le profil.

concevoir des bateaux de croisière où la vie de l'équipage serait simplifiée au maximum, surtout au niveau des manœuvres de gréement. L'histoire ne dit pas si ce ca-bo-teur en question était en même temps cat-boat à ses heures... Toujours est-il que de cette recherche de simplification naquit le Freedom 40 (voir croquis III.202).

Dans les années 1970, il y avait eu un précédent avec le drôle de cat-ketch "Cascade" de l'architecte Jérôme Milgram qui avait habilement exploité une faille de la jauge I.O.R. et qui s'était adjugé pas mal de premières places en régate. D'autres architectes, toujours nord-américains, dessinèrent dans cette voie, comme le Canadien Mark Ellis qui créa la série des "Nonsuch", de remarquables croiseurs aux performances plus qu'honorables grâce à leur immense grand-voile d'un rendement élevé.

En France, ce type de gréement ne connaîtra qu'une diffusion confidentielle, malgré les travaux de Philippe Harlé et Jean-Jacques Herbulot qui dessinèrent quelques bateaux grésés de la sorte. En fait, chacun d'eux (et j'en ai sans doute oublié) a apporté sa pierre à l'édifice et, comme nous l'avons vu pour les enrouleurs, c'est toute une série de petites innovations qui vont permettre la mise au point de ce gréement.

a) Les mâts :

Ils sont autoporteurs et ne travaillent donc qu'à la flexion. Obligatoirement implantés sur la quille, ils sont maintenus fermement au niveau du passage de pont ou de rouf par un anneau de pont. Cette pièce, en général coulée en fonte d'aluminium, est doublée de delrin ou d'un matériau moins agressif que l'alliage (voir croquis III.203). A ce niveau, l'étañchéité se fait plus facilement qu'avec un mât classique car la section parfaitement circulaire de ces mâts s'adapte sans problème à la jupe de caoutchouc qu'on utilise pour éviter les entrées d'eau. L'em-

base du mât peut être constituée d'une pièce en alliage moulé, que l'on scelle sur le fond (cas d'une coque en stratifié) et sur laquelle va s'engager la base du mât.

Sur le plan des matériaux, on rencontre les trois options classiques, à savoir le bois lamellé creux, en particulier les mâts octogonaux ; les composites et l'alliage léger. Ce dernier est cependant moins employé car l'expérience montre qu'il résiste un peu moins bien au phénomène de fatigue que les deux précédents. Dans ce type de gréement, les espars étant non haubanés, ils sont en effet soumis à des contraintes et à des mouvements de flexion répétitifs (lors d'une progression contre le clapot par exemple), toutes choses que les haubans interdisent ou tout au moins limitent dans un gréement conventionnel. Cela engendre une fatigue et un écrouissage de la matière plus ou moins rapide selon sa nature. La constitution fibreuse du bois et des composites semble, dans ce cas, plus résistante que le métal et c'est ce qui explique la désaffection de ce dernier.

On peut toutefois employer l'alliage à condition de choisir une section plus importante en ce qui concerne le diamètre. Ainsi, sur le premier Freedom 40, Garry Hoyt s'était-il contenté de pylônes coniques de lampadaires publiques en alliage léger ! Ce prototype a toujours conservé cet équipement et apparemment ne s'en porte pas plus mal ! Nous verrons d'ailleurs, que c'est en partie cette majoration du diamètre des profils due à l'utilisation de l'alliage qui a amené cet architecte à utiliser des voiles fourreau double pli.

b) Le wishbone :

Cet "os du souhait" (étymologiquement, c'est en effet la traduction du fourchet, l'os en avant du blanc de poulet que l'on casse en faisant un vœu...) est réalisé indifféremment dans les trois matériaux que nous venons de citer pour les mâts.

En bois lamellé plein, les deux arcs sont reliés à chaque extrémité par des pièces de liaison en bois massif. Lorsqu'on opte pour l'alliage, on retrouve le même principe de liaison de deux tubes qui se fait généralement par soudure d'entretoises elles-mêmes en alliage et moins souvent par emboîtement des deux tubes soudés dans des embouts en matière plastique. Cette dernière solution est réservée aux petites surfaces de voile. Les composites, quant à eux, permettent de former l'arrondi avant sans adjonction de pièces de liaison. Beaucoup de cat-boats ont adopté le wishbone plutôt que la bôme car la bordure de la voile, très basse, est située près du pont de manière à ne pas perdre de surface. Avec cette configuration, une bôme aurait assurément un effet dévastateur certain alors que le wishbone peut être capelé plus haut et permet de remonter le point d'écoute, dégageant ainsi le cockpit et épargnant l'équipage.

Le gros problème auquel se sont heurtés les architectes travaillant sur ce gréement est la liaison mât-wishbone. En effet, si celle-ci est mécaniquement facile à établir (par collier, cordages, etc.), la chose se complique dès que l'on interpose la voile entre ces deux éléments. Pour éviter tout ragage qui provoquerait inévitablement et très rapidement une détérioration de la voile à ce niveau, certains, comme Garry Hoyt sur les Freedom et Mark Hellis sur ses Nonsuch, ont adopté un système à base de trois palans qui maintiennent le wishbone écarté du mât et de la voile. Sans être complexe, le dispositif est assez ennuyeux à mettre en œuvre et à régler. S'il a aussi l'inconvénient de rajouter trois nouveaux bouts sur un gréement où en principe on recherche la simplification, il se révèle cependant efficace.

c) Les voiles :

A l'heure actuelle, on en distingue de deux types : les voiles à fourreau double pli et les voiles endraillées de manière conventionnelle sur le mât (par ralingue ou coulisseaux). Pour comprendre l'apparition de la voile fourreau sur ce type de gréement, il faut se souvenir qu'en 1970, époque de la renaissance de ces gréements, les concepteurs n'ont trouvé sur le marché que des profils cylindriques ou coniques en alliage (rappelez-vous les lampadaires...). Ils se trouvèrent donc obligés de choisir des diamètres assez importants pour les raisons que nous avons déjà évoquées. Pour minimiser les effets perturbateurs et néfastes d'une telle section, la voile double plis, qui enveloppe le mât se révèle une bonne solution, tout au moins sur le plan aérodynamique (voir croquis III.205).

De nos jours, les profils en bois lamellé creux ou en composites-carbone permettent de réduire sensiblement le diamètre des sections et

par là même d'améliorer l'écoulement des filets d'air, même avec une voile classique ou entièrement latée. Les cat-boats récents, semblent d'ailleurs confirmer ce raisonnement et beaucoup ont abandonné la voile fourreau. Cela est d'autant plus logique que cette dernière, si elle apporte une amélioration des performances au près (de l'ordre de 10%), n'en comporte pas moins des inconvénients, tant au niveau de la réduction de voilure, que nous verrons ultérieurement, que sur le plan financier (le double de tissu, mais aussi de main-d'œuvre), ainsi que par son action sur la stabilité (plus de poids dans les hauts).

Un dernier détail et non des moindres, qui fera réfléchir avant d'adopter une voile double pli, réside dans la difficulté que l'on a à l'enfiler sur le mât ! Si sur une planche à voile cela ne pose aucun problème, ici, il vous faudra un équipier en tête de mât et compter plus d'une heure pour gréer une voile de ce type.

III.IV.1.3 : Manœuvre du gréement de cat-boat : pas de winch, mais pas aussi simple qu'on aurait pu le croire...

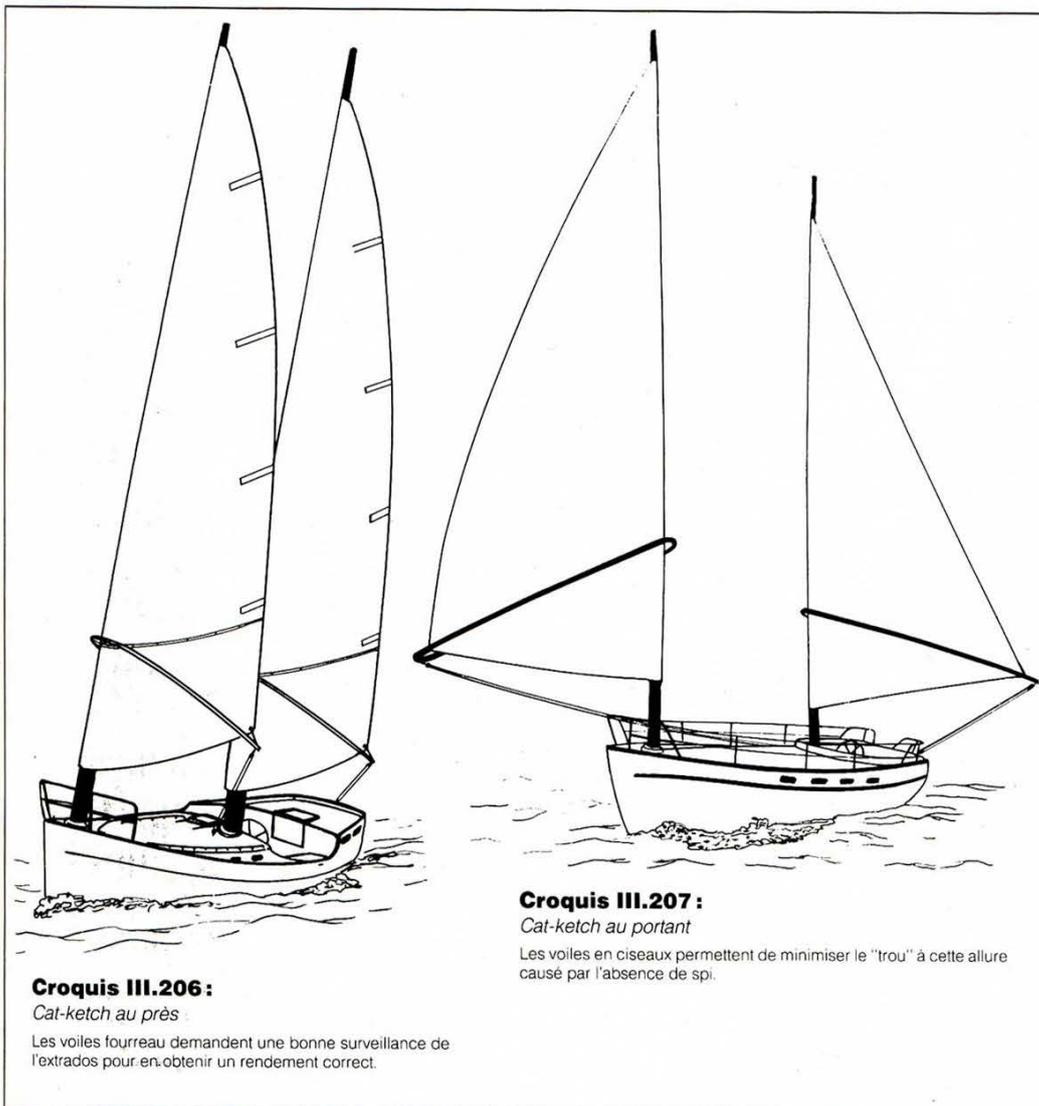
a) Hisser la voile :

Lorsqu'on pose son sac à bord d'un tel bateau, on est tout de suite surpris par l'absence de ces winches rutilants qui inondent les cockpits de nos voiliers contemporains, tout en asséchant les comptes en banque de leurs skippers ! Ici, ce ne sont pas les cordages qui manquent, mais tous reviennent sur des bloqueurs sans autre forme de procédé.

Hisser la voile, même si celle-ci est à double pli (à condition toutefois qu'elle soit installée), ne posera, en général, aucun problème, mais on remarque quand même que les forces de frottement sont plus importantes qu'avec une voile à coulisseaux. Le réglage du wishbone réclame, lui-aussi, un peu plus de temps que l'installation d'une bordure classique, surtout pour un novice qui a, reconnaissons-le, quelques difficultés à s'y retrouver dans tous ces bouts !

b) Au près :

Une fois la voile hissée, on peut alors apprécier la facilité de manœuvre en navigation. Les virements de bord peuvent s'enchaîner à un rythme rapide sans que l'équipage s'échine à border ces génois démesurés qu'arboreront nos gréements Marconi. Pour peu qu'on ait un système de barre d'écoute efficace, on ne touchera pas à la voilure. Sur ce point, on retrouve un peu la facilité du gréement de jonque, mais on notera cependant qu'une voile fourreau fasseye et tape sur le wishbone lors-



qu'elle est dans le lit du vent, ce qui n'arrive pas avec une voile lattée. Par contre, grâce à ses qualités aérodynamiques, la première porte très bien et ne demande pas trop d'adaptation de la part de son barreur, en dehors du fait qu'il devra plutôt se placer sous le vent pour surveiller la face la plus propulsive de la voile.

Pour bien remonter au près, on veillera aussi à avoir toujours des voiles bien pleines pour améliorer leur portance (voir croquis III.206). En ce qui concerne les cat-ketchs, on remarque que contrairement à ce qui se passe sur un gréement bermudien, ici on ne profite pas de l'effet de fente qui renforce et lamine l'écoulement de l'air entre le génois et la grand-voile. Pour le gréement à wishbone, les deux voiles sont trop espacées pour pouvoir espérer en tirer quelques bénéfices.

Le clapot n'est pas ce qu'apprécient le plus les cat-boats. Le moment de tangage provoqué par le poids du gréement juste sur l'étrave n'est pas étranger à ce comportement et les architectes s'arrangent, en général,

pour avoir des volumes suffisants à ce niveau. Le dosage est cependant délicat si l'on veut que le bateau reste performant et ne se comporte pas comme une péniche !

c) Aux allures portantes :

Dans ce cas, la voile se déborde très facilement et, grâce à l'absence de haubanage, on peut même placer le wishbone au-delà du travers et rester sur la fausse panne, sans que cela ne pose de problème ou ne provoque de risque d'empennage intempestif. Sur un cat-ketch, les voiles seront bien sûr placées en ciseaux (voir croquis III.207). Cette disposition permettra de compenser un peu le manque de surface que l'on constate sur ces voiliers dans ces conditions, surtout relativement à un bermudien où l'on peut utiliser un spi. Les concepteurs de cat-boats le reconnaissent, ce type de gréement n'est pas très performant au vent arrière, surtout par petit temps. Dans le jargon des pontons, on peut dire qu'il y a un trou à ce niveau ! Par contre, dès que le vent forcé,

(au-delà de 25 nœuds), et qu'il devient délicat de porter le spi sur un Marconi, le cat-boat, ou mieux encore le cat-ketch, reprend l'avantage, car ces voiliers sont souvent dotés d'une stabilité de route exemplaire. En effet, la répartition longitudinale des volumes de la coque, pour amortir les moments de tangage (mât placé très en avant), favorise cette aptitude.

Pour essayer de combler ce trou que connaissent ces gréements, dans les conditions de temps que nous avons évoquées précédemment, l'architecte des Freedom les a dotés d'un spinnaker de petit temps. J'insiste sur cette précision, car comme nous allons le voir, la fiabilité du système est, à mon avis limitée car reposant en grande partie sur la solidité du balcon avant (renforcé pour la circonstance, il est vrai...). Cette configuration prévoit un manchon pivotant monté sur la pointe du balcon avant et dans lequel va coulisser le tangon. La rotation ne peut se faire que dans un plan horizontal, ce qui rend inutiles hale-bas et balancine de spi. On

se rend compte que la fiabilité du dispositif est directement liée à celle des articulations du manchon. Quand on connaît la force que cette voile peut développer en un de ses points d'attache, cela peut laisser perplexe...

Le spi en question est un peu moins large que la normale, puisque ses points d'écoute et d'amure vont être capelés à chaque extrémité du tangon (voir croquis III.208). On oriente l'ensemble grâce aux bras fixés également aux deux embouts du tangon. La drisse de spi est bordée en arrière du mât et au vent, de manière à contribuer à la tenue du gréement.

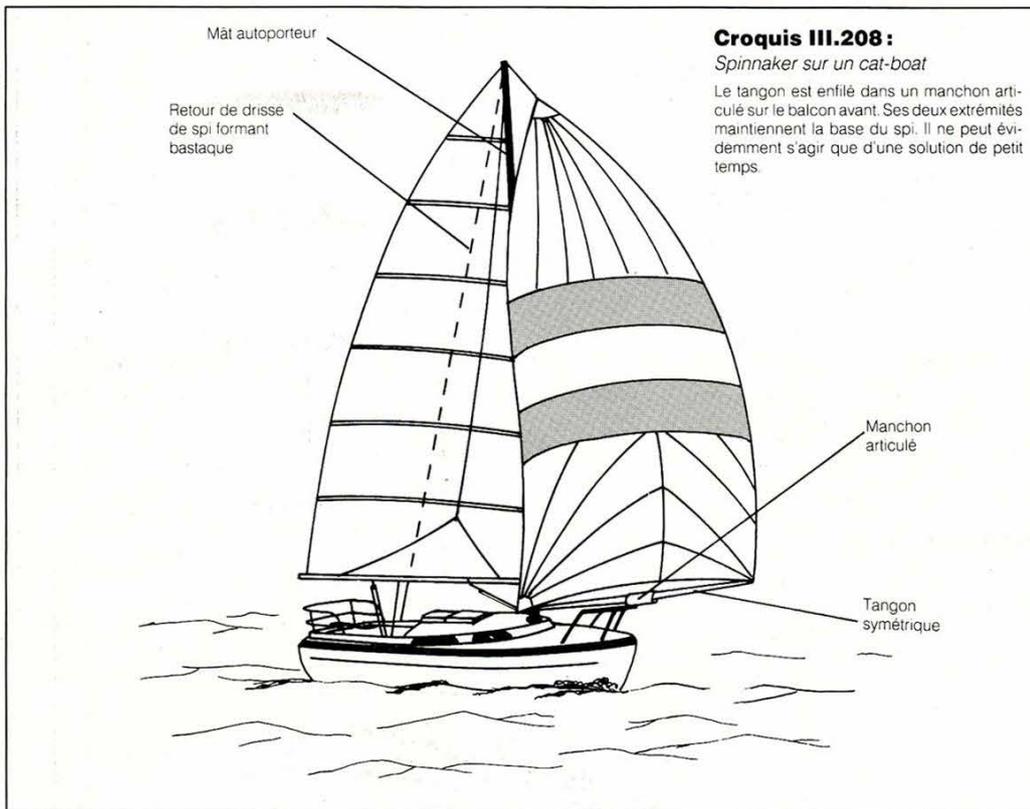
Comme vous pouvez le constater, il s'agit vraiment d'une solution de petit temps qui repose sur des éléments qui, de toutes façons, ne résisteraient pas à un vent, même médium.

d) Réduction de voilure :

Les progrès successifs n'ont cessé d'améliorer cette opération. Il faut dire qu'au début, celle-ci posait pas mal de problèmes aux utilisateurs et par contre-coup aux architectes. En effet, la voile fourreau a une fâcheuse tendance à "coller" au profil, surtout si elle est mouillée. Cela a pour conséquence d'entraver sa descente. Un système de hale-bas a, en partie, remédié au mal, mais cela fait encore un bout de plus à manœuvrer. On peut alors se demander, si c'est bien dans la voie de la simplicité que l'on s'est engagé... Le point d'écoute, quant à lui, est bordé classiquement par une bosse qu'il faudra cependant gréer sur palan, puisqu'on est parti du fait qu'il n'y avait pas de winch à bord... (voir croquis III.209).

Le stockage de la toile enfin descendue, pose lui aussi, quelques problèmes. En effet, point de bôme pour y nouer des garcettes et c'est au niveau du wishbone que va s'accumuler la toile. De plus, n'oublions pas que dans le cas d'une voile fourreau, on en aura le double ! Tout cela n'est finalement pas très simple et même avec les améliorations apportées par la suite, comme les bosses de ris en continu (on a alors un cordage en moins, puisque celle-ci joue aussi le rôle de hale-bas), ces voiles ne sont bien souvent équipées que d'une seule bande de ris.

Les vendeurs vous diront que cela est largement suffisant car les mâts souples, grâce à leur flexion, jouent en quelque sorte le rôle de soupape de sécurité et que de toutes manières, sur un cat-ketch, on peut toujours affaler une des voiles. Personnellement, je ne me satisfais pas de ces réponses et je comprends que ces problèmes de réduction de voilure aient amené certains architectes à délaisser la voile fourreau pour une voile simple pli qui se réduit alors de façon beaucoup plus conventionnelle, que ce soit sur un cat-boat avec bôme ou avec wishbone.



Croquis III.208 :

Spinnaker sur un cat-boat

Le tangon est enfilé dans un manchon articulé sur le balcon avant. Ses deux extrémités maintiennent la base du spi. Il ne peut évidemment s'agir que d'une solution de petit temps.

puisqu'il ne demande aucun winch et un gréement dormant des plus limité. En contrepartie, si l'on opte pour un gréement composite, il y a de fortes chances pour que l'on dépasse largement cet ordre de prix. En ce qui concerne le cat-ketch et donc pour des voiliers d'environ vingt-huit pieds de long, ce gréement se révèle plus onéreux qu'un bermudien conventionnel. Ces derniers éléments font qu'en France, les quelques séries à avoir adopté ce gréement, se sont limitées en taille et se cantonnent à la croisière côtière.

III.IV.2. : MATS AUTOPOORTEURS ET VOILES ÉPAISSES : UN MÊME OBJECTIF : SE RAPPROCHER LE PLUS POSSIBLE DE L'AILE

Ce type de gréement, bien qu'encore peu répandu, est pourtant très intéressant à plus d'un titre. Bien sûr, on pressent tout de suite des qualités aérodynamiques qui devraient être supérieures à celles d'une voile conventionnelle. Ces dispositifs intéresseront donc surtout les coureurs, mais les croiseurs imaginent-ils tout le bénéfice qu'ils pourraient tirer d'une voile épaisse ? Beaucoup ignorent qu'avec ce genre de gréement, on diminue sérieusement le nombre de prises de ris par exemple, avantage non négligeable en croisière !

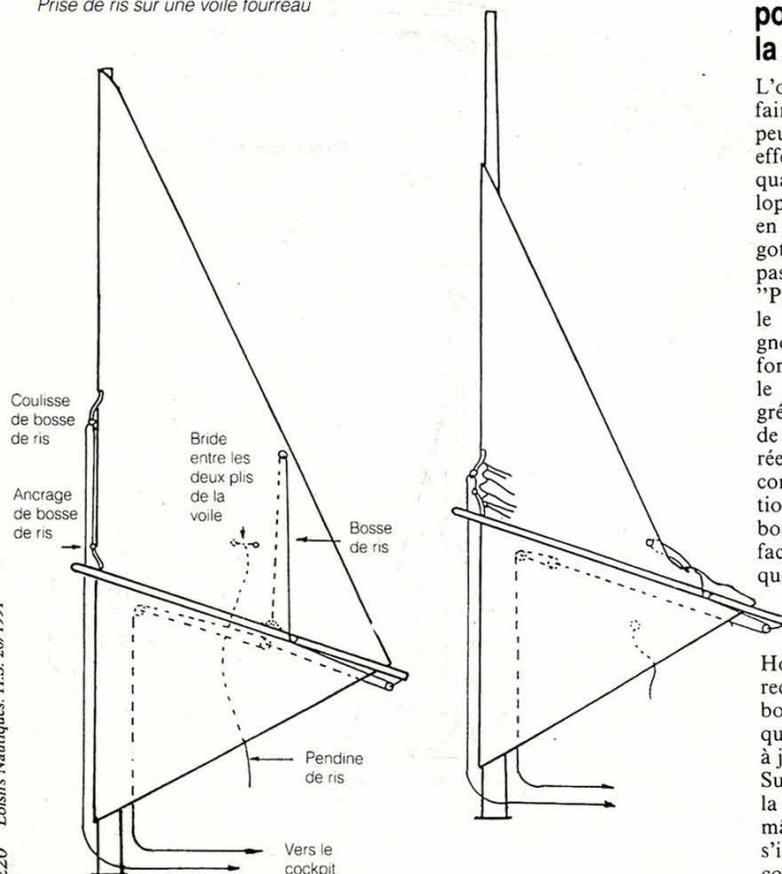
Dans la même optique, et d'une manière analogue à ce qui se passe avec une voile entièrement lattée, on supprimera les fassesyements intempêtes ainsi que tous les phénomènes d'usure et de ragage qui en découlent. Evidemment, le prix d'un tel équipement fera reculer bon nombre de candidats potentiels, mais les résultats de ces expériences semblent prometteurs et à ce titre, méritent qu'on y regarde de plus près.

III.IV.2.1. : Mât classique et voile épaisse : un gréement en pleine évolution

En France, la voile épaisse a surtout été développée par Alain Chapoutot qui y travaille depuis 1978 et qui a donc une bonne expérience en la matière. Si aucun voilier de série n'est encore gréé de la sorte, certains architectes l'ont non seulement essayée, mais ont largement contribué à sa mise au point. Erik Lerouge, architecte naval bien connu des lecteurs de *Loisirs Nautiques*, en est devenu un ardent promoteur. Réputé pour ses voiliers de course et ses multicoques rapides (Red Magnum, Inouï, etc.), il l'est aussi pour ses voiliers et catamarans de croisières de déplacement léger, sur lesquels il

Croquis III.209 :

Prise de ris sur une voile fourreau



III.IV.1.4. : Conclusion : beaucoup de complications, pour atteindre la simplicité !

L'observation que nous venons de faire du gréement de cat-boat ne peut, bien sûr, être que générale. En effet, ce secteur de la plaisance est quand même relativement peu développé et chaque création constitue en fait un cas particulier. Le "Sinagot" de Jean-Jacques Herbulot n'a pas grand-chose à voir avec le "Punch" de Philippe Harlé ou avec le "Randonneur Côtier" d'Espagne. Cependant, on peut déjà se forger une opinion et remarquer que le premier objectif de ce type de gréement qui était la simplification de la vie de l'équipage, n'a pas été réellement atteint, surtout lorsqu'on considère les manœuvres de réduction de voilure. Sur les derniers cat-boats produits, celle-ci s'opère assez facilement, c'est-à-dire aussi bien que sur un gréement bermudien.

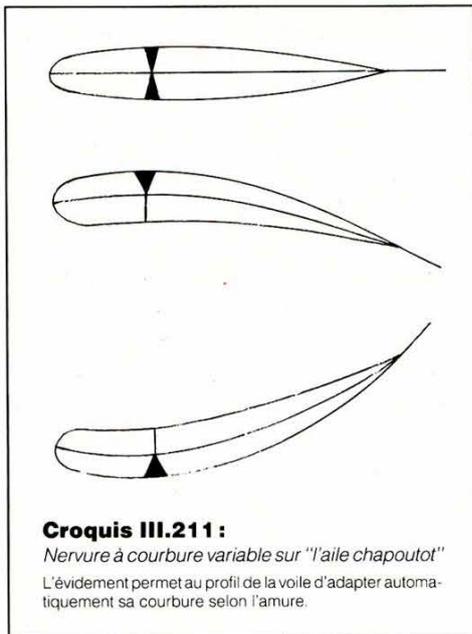
Honnêtement, il faut quand même reconnaître que les virements de bord et empannage sont plus aisés qu'avec ce dernier, mais cela suffit-il à justifier cette configuration ?

Sur le plan financier, tout dépend de la taille du bateau et du nombre de mâts. Le vrai cat-boat à un seul mât, s'il est réalisé simplement, sera compétitif par rapport au sloop,

a procédé à une large expérimentation du gréement à voile épaisse (voir photo III.210).

La conception des voiles épaisses, de "type Chapoutot", s'appuie sur les mêmes principes que celles des ailes d'avions légers ou de planeurs. Une série de nervures réalisées en matériau léger et peu fragile (mousse rigide par exemple ou Nomex), sert d'ossature au profil de la voile. Ces nervures sont reliées entre elles par des entretoises de tissu et le tout est entoilé. Ces nervures présentent cependant une particularité dans le sens où elles sont articulées au niveau de leur plus grande largeur. C'est en fait cette originalité, par rapport aux autres systèmes, que nous étudierons ultérieurement, qui apporte toute son efficacité au dispositif. Comme vous le montre le croquis III.211, la courbure du profil va pouvoir s'adapter à l'allure du bateau, grâce à l'évidement des nervures.

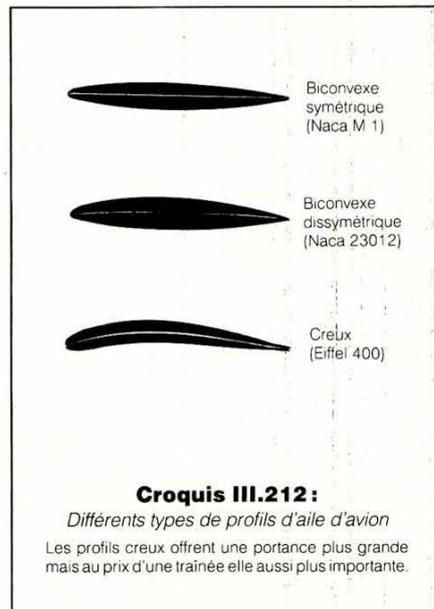
On obtient ainsi un profil courbe dans un sens ou dans l'autre. L'intérêt du profil courbe a été, depuis longtemps, mis en évidence en aviation où les études aérodynamiques ont montré son aptitude à engendrer une très grande portance avec un angle d'incidence relativement faible et ce, même à des vitesses modérées (pour l'aviation...), ce qui correspond à peu près à la situation de nos voiliers. La traînée induite par ce type d'aile est cependant légèrement supérieure à celle d'un profil moins creux, et l'on obtiendra la traînée la plus faible avec un profil symétrique (voir croquis III.212).



Croquis III.211 :

Nervure à courbure variable sur "l'aile chapoutot"

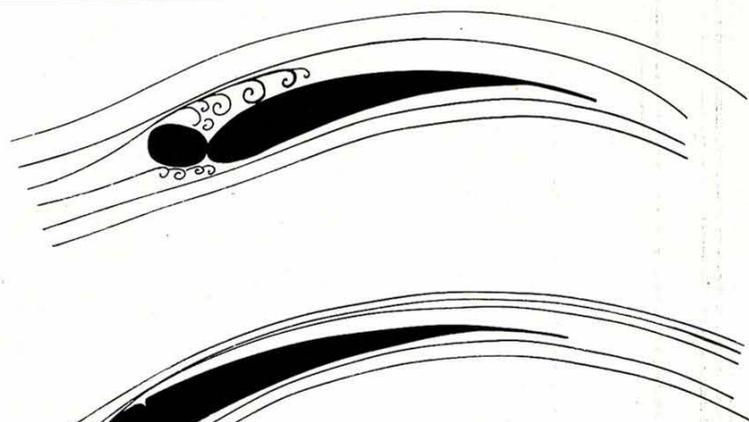
L'évidement permet au profil de la voile d'adapter automatiquement sa courbure selon l'amure.



Croquis III.212 :

Différents types de profils d'aile d'avion

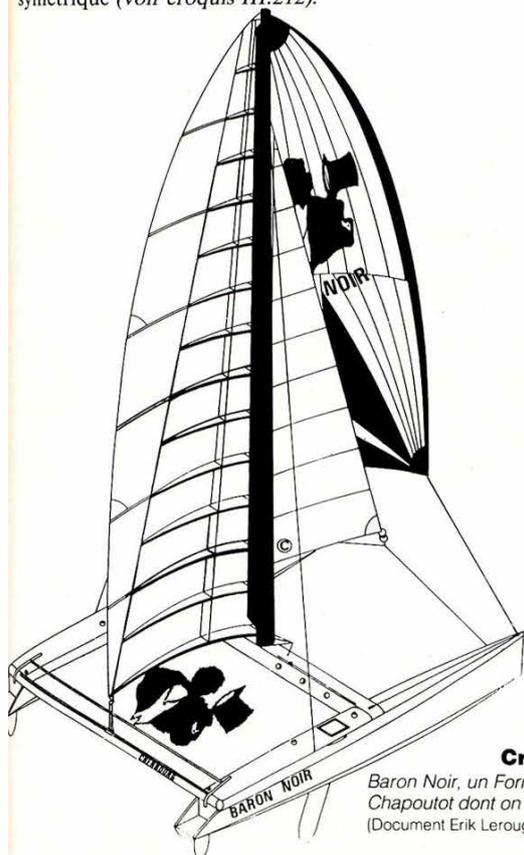
Les profils creux offrent une portance plus grande mais au prix d'une traînée elle aussi plus importante.



Croquis III.213 :

Aérodynamisme d'une voile épaisse avec ou sans mât tournant

Dans la solution 2, le mât tournant avec sa section parfaitement étudiée, forme avec la voile épaisse un ensemble dont l'aérodynamisme est très proche de celui d'une aile.



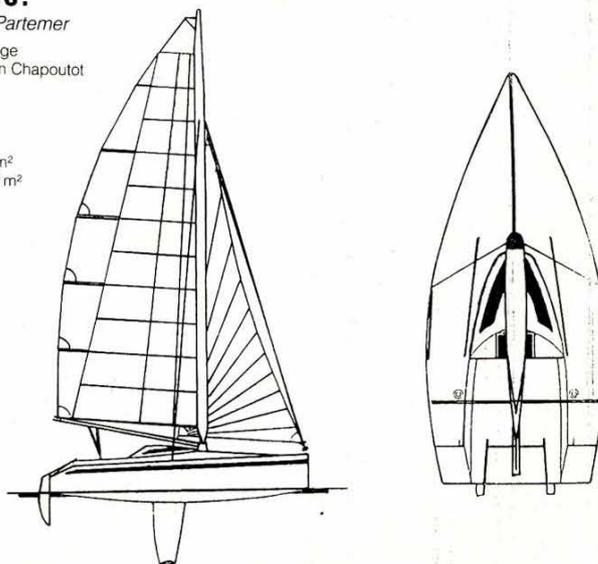
Croquis III.215 :

Baron Noir, un Formule 28 équipé d'une voile épaisse Chapoutot dont on voit ici la structure.
(Document Erik Lerouge)

Croquis III.216 :

"Mini transateux" Partemer

Architecte : Erik Lerouge
Concept. voileure : Alain Chapoutot
Long. HT : 6,50 m
Bau : 2,80 m
Tirant d'eau : 1,80 m
Déplacement : 1,5 t
Aile (mât + G.V.) : 30 m²
Foc sur enrouleur : 12 m²
Drifter : 20 m²



Ces données théoriques, certes un peu arides, sont néanmoins nécessaires, si l'on veut comprendre les avantages des voiles épaisses à courbure variable.

Lorsqu'en navigation la voile est bordée, elle prend naturellement sa courbure et l'on obtient alors une portance, et donc un rendement vélique nettement supérieurs à ceux d'une voile classique qui se comporte en fait comme une plaque courbe. On gagnera donc dans cette situation un surcroît de poussée vélique. Lorsque le vent monte, on peut très bien réduire la courbure du profil et diminuer ainsi la force propulsive qui, de toutes façons, devenait trop importante mais, du même coup, le profil devenant moins dissymétrique, on réduit également la traînée dans de fortes proportions.

C'est ce mécanisme qui explique que les voiliers équipés de ce type de voile, réduisent leur surface de voileur beaucoup plus tard et peuvent supporter leur grand-voile haute, jusqu'à trente nœuds de vent, alors qu'un sister-ship gréé en Marconi conventionnel réduit à partir de vingt nœuds. On peut également moduler la puissance en vrillant plus ou moins la grand-voile et ce principe sera particulièrement apprécié dans le temps à grains où l'on doit normalement adapter la surface de voileur sans arrêt. Cette faculté de garder beaucoup de grand-voile dans la brise, et de réduire d'abord le triangle avant, soulage également le grément et facilite les manœuvres, surtout si l'on n'est pas équipé d'enrouleur de génois.

La prise de ris se pratique de la même façon qu'avec une grand-voile complètement lattée, c'est-à-dire qu'à mesure qu'on file la drisse, la voile vient se plier en accordéon entre les lazy-jack, les nervures s'empilent les unes sur les autres. Durant la manœuvre, la voile ne fassaye pas, ce qui facilite les choses. Un autre avantage d'avoir une traînée très réduite lorsque la voile est symétrique et donc dans le lit du vent, est de ne pas stopper le voilier lors de ses virements de bord. Cette qualité sera particulièrement appréciée sur les multicoques ou lors de la remontée d'un chenal étroit où il faut enchaîner virement sur virement : le bateau sera moins freiné lors du passage bout au vent et l'efficacité du profil de la voile démarquant à un angle d'incidence très faible, l'absence de propulsion durera moins longtemps.

Sur le plan de la fiabilité et de la longévité d'un tel grément, les expériences sont limitées en nombre et il est donc difficile de se faire une idée précise de ces qualités. Je me contenterai donc de citer les deux cas dont j'ai eu connaissance :

□ **Le voilier personnel d'Erik Lerouge : "Inflation", un ULDB, est équipé d'une voile épaisse "Chapoutot"**

depuis 1979. Il a changé de propriétaire, et après avoir traversé l'Atlantique, il navigue aujourd'hui en Amérique du Sud, toujours avec sa grand-voile d'origine.

□ **Le "cat-goélette" "Magie Noire",** une unité de vingt-et-un mètres de long, dont la carène dessinée par Yves-Marie Tanton est équipée d'un grément mis au point par E. Lerouge et A. Chapoutot. Cet ULDB a maintenant 40.000 milles à son actif, dont quatre traversées de l'Atlantique et ce, toujours avec le même grément.

Est-il besoin de préciser que ces voiles et ces gréments, réalisés à l'unité, sont d'une fabrication très soignée, bien que légère, puisqu'on arrive à un poids à peu près équivalent à celui d'une voile conventionnelle. Cette qualité de réalisation et de finition n'est sans doute pas étrangère à cette robustesse et cette fiabilité, mais toujours est-il que l'absence de fassayement et autres ragages y est aussi pour quelque chose. Il est un détail qu'il ne faudra cependant pas négliger avec les voiles épaisses : il est très difficile, voire impossible, de les stocker à l'intérieur, à cause des nervures, et elles passeront donc leur vie à l'extérieur sur la bôme. Il conviendra donc de protéger le tissu par un taud ou une housse bien conçue qui le garantira à la fois des rayons ultra-violet et de la pluie tout en assurant une ventilation efficace.

Dernier inconvénient : le prix. La main-d'œuvre est environ deux à trois fois plus importante que pour une grand-voile normale (conception beaucoup plus élaborée, structure et assemblage des nervures assez complexes, etc.) ; cela se répercute bien sûr sur le prix de revient, mais en contrepartie, on peut espérer une longévité plus grande.

Le grément que nous venons de décrire, consistait dans le montage d'une voile épaisse sur un profil de mâts classique, cette configuration est en pleine évolution, surtout au niveau de l'espar, et nous allons maintenant examiner les derniers perfectionnements en la matière.

III.V.2.2. : Mât tournant et voile épaisse : l'aile quasiment parfaite

La tentation était trop forte pour ces concepteurs perfectionnistes de parvenir à un ensemble mâts-voile plus harmonieux que dans la solution que nous venons de décrire. En effet, dans celle-ci, il subsiste une faille aérodynamique au niveau de la face arrière de l'espar. Pour y remédier, il faut certes passer par des solutions techniques assez sophistiquées puisqu'on fait appel à un mâts tournant (voir croquis III.213), mais on atteint la pureté pratiquement sans défaut d'une aile.

Partant du principe qu'un plan substantant (aviation) ou propulsif (voilier) est plus efficace aux vitesses qui nous intéressent lorsqu'il est épais, on va essayer de profiter de cette épaisseur, pour transformer le mâts en bord d'attaque de l'aile. C'est la démarche qui a été adoptée sur "Baron Noir", le Formule 28 d'Erik Lerouge. Le mâts, réalisé en carbone, fait office de bord d'attaque et s'oriente avec la voile épaisse qui lui est accolée. On obtient ainsi un profil continu et homogène dont l'ensemble, y compris le mâts, a un rôle propulsif.

Un espar rotatif pose des problèmes de haubanage, en particulier au niveau des capelages, c'est pour cette raison, que ceux-ci sont réduits au maximum (d'ailleurs l'architecte est un fervent partisan des mâts autoporteurs). Sur ce catamaran de course, on ne trouve donc qu'une paire de haubans et un étai. Losange, guignol, bastaques ont purement et simplement disparu ! Il faut préciser que ce voilier est conçu avant tout comme un cat-boat dans la brise et que les voiles d'avant (foc ou spi) ne sont utilisées que par petit temps au portant.

L'expérimentation des gréments en Formule 28 est intéressante à plus d'un titre, même pour le croiseur, car cette formule permet d'établir des comparaisons précises et objectives tout en laissant une totale liberté de conception. Ainsi, en ce qui concerne le grément et le plan de voile, le rectangle dans lequel ils s'inscrivent est parfaitement défini, mais à l'intérieur de celui-ci, l'architecte peut faire ce qu'il veut. N'ayant pas eu l'occasion de naviguer avec ce type de voile, je préfère vous livrer les impressions d'Erik Lerouge, le concepteur de ce Formule 28 (voir croquis III.215) :

□ **"Par petit temps,** on a plus l'impression de piloter un planeur (c'est un de mes passe-temps favori...) que de barrer un voilier, aidé en cela par les impressionnantes capacités d'accélération du catamaran. Trop bordé, on décroche, pas assez bordé, on n'avance pas. En cat-boat, l'angle d'incidence doit être très précis, ce qui pose pas mal de difficultés de réglage car le mâts n'est pas vraiment "parlant". Heureusement, par petit temps, le drifter est là et permet de régler plus facilement le bateau qui se barre alors comme n'importe quel Formule 28. Par mer plate, la finesse de l'aile autorise un excellent cap si nécessaire. Par contre, dans le clapot, la voile a pour l'instant tendance à battre à cause de l'inertie de la voile et du faible nombre de lattes. Nos essais portent actuellement sur ce problème qui doit pouvoir être résolu.

□ **Au portant,** par mer plate, il est possible de faire travailler le spi assymétrique en écoulement laminaire avec l'aile et le bateau accélère comme un char à voile. Par contre,

dans le clapot, on est trop freiné et déventé pour en tirer parti et il faudra peut-être revenir à un assymétrique plus creux. Les essais nous le diront.

□ **Dans la brise,** cela fonctionne. Il semble acquis que la portance est supérieure à une voile lattée avec une traînée inférieure. Curieusement, ce peut parfois être un inconvénient sur un cata de course. En effet, le jeu consiste, surtout dans le clapot, à lever la coque au vent le plus vite possible et à la garder en l'air au ras de l'eau le plus longtemps qu'on le peut. L'efficacité de l'aile, fait que nous levons la coque plus tard que nos petits camarades. Nous travaillons donc sur la possibilité d'augmenter la traînée, donc la gîte, pour le médium.

Dès que le bateau est survolé, ce qui arrive très tôt avec ces engins, la faible traînée devient l'avantage numéro un. Il reste maintenant à apprendre à contrôler la bête car le but est de garder la voile haute lorsque les autres ont un ris pour avoir toujours la puissance optimale. Pas de problème au près où l'on contrôle très bien le vrillage à l'écoute, par contre, au portant, surtout au travers, on peut se retrouver avec un surcroît de puissance que l'on ne peut résorber car l'aile est en butée sur les haubans et là, attention à la culbute...

Un autre avantage de la faible traînée du grément, est que ce cata est peu freiné dans un virement de bord et demeure toujours très maniable. Nous virons même sans problème avec juste l'aile à un ris par quarante nœuds de vent et deux mètres de clapot très court".

En conclusion, on peut dire que ce grément, s'il est encore en phase d'étude et en pleine évolution, n'en présente pas moins un intérêt certain pour les croiseurs dans le sens où il peut apporter une allégeance au niveau des manœuvres de réduction, en retardant et en limitant ces dernières. Les coureurs quant à eux, ne cachent pas leur intérêt pour la formule et les navigateurs de la minitransat ne s'y sont pas trompés. Sur ces unités de 6,50 mètres très voilées, le solitaire appréciera en effet la grande finesse de ce grément qui permet de limiter les prises de ris, de gagner en puissance et de simplifier les manœuvres grâce à la suppression des bastaques. Une petite série de quatre voiliers vient d'ailleurs d'être mise en chantier par l'association Partemer et c'est ce grément à voile épaisse et mâts rotatif qui a été retenu pour équiper ces bateaux (voir croquis III.216).

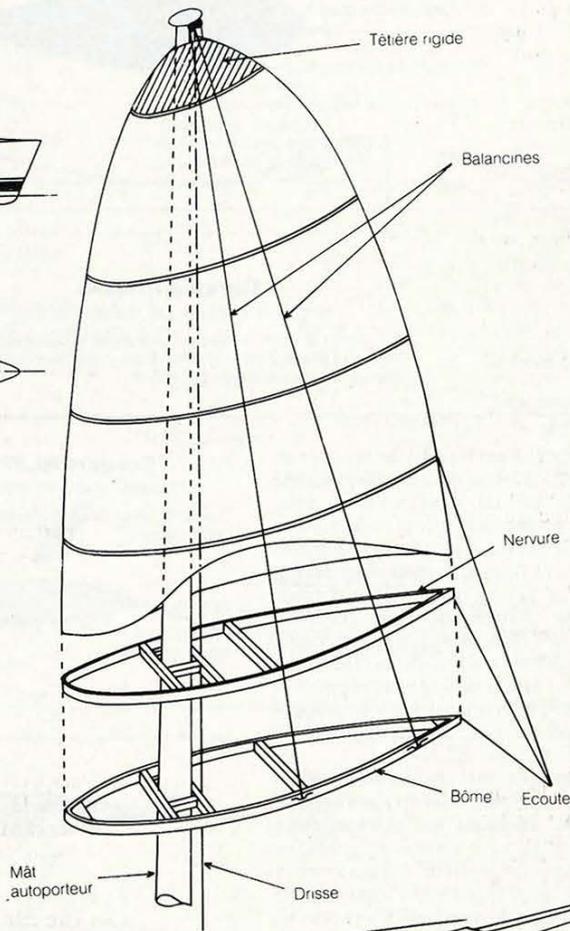
Croquis III.217: Gallant 29

On remarque la surface de voilure très modeste dont se contente le gréement Gallant
Long HT 8,84 m
Long flot 7,5 m
Bau 2,74 m
Bau flot 2,12 m
Tirant d'eau 1,07 m
Déplacement 2,5 t
Lest 900 kg
SV 27 m²

Croquis III.218:

Anatomie d'une "voile aile" type Gallant

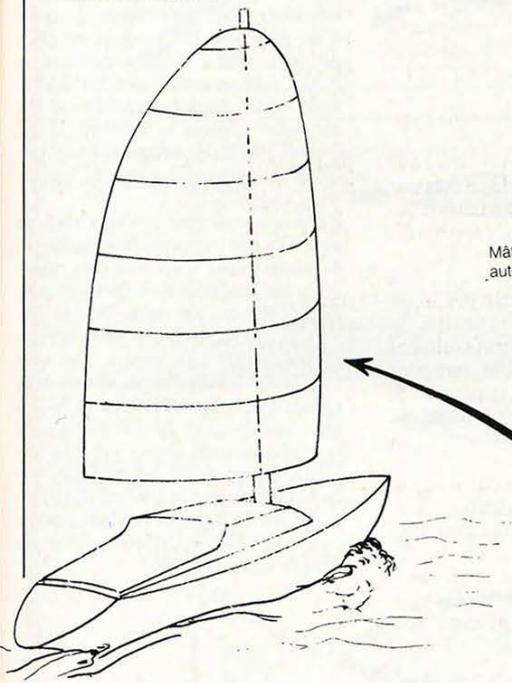
Ce type de voile offre un profil apparemment très aérodynamique mais n'étant pas courbe, il sera relativement peu porteur



Croquis III.219:

Similitude de répartition des forces entre un safran compensé et une aile "Gallant"

C'est ce qui explique le peu d'efforts à fournir pour border une telle voile



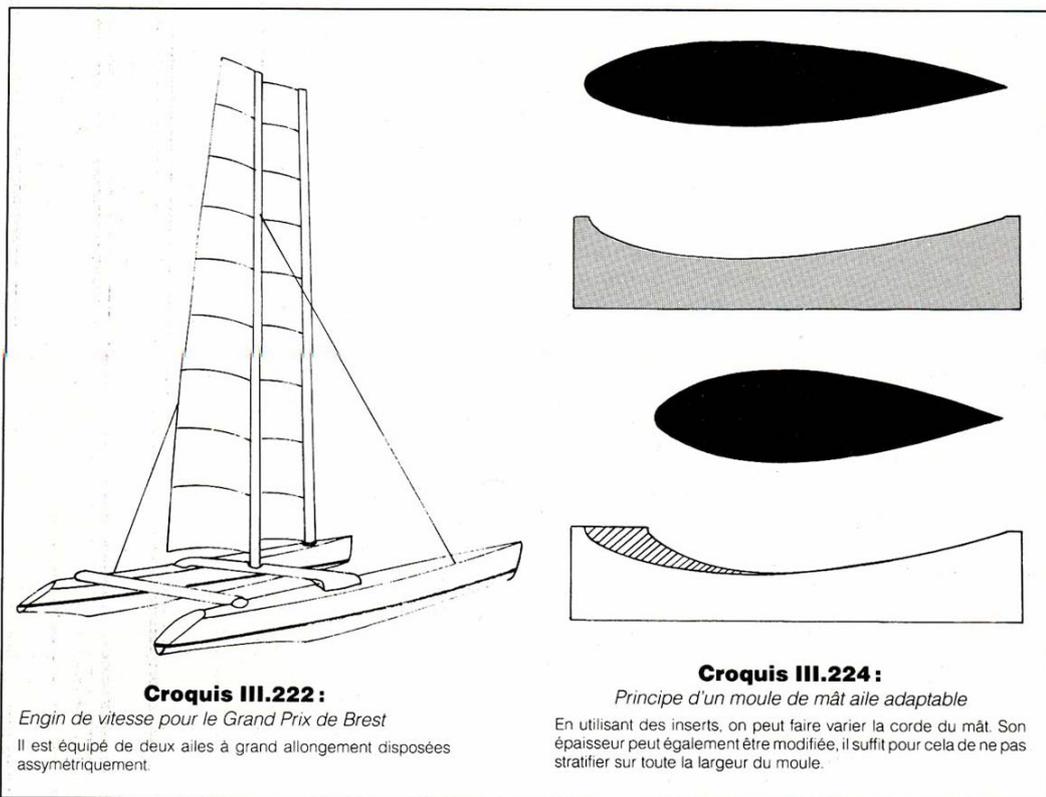
III.IV.2.3.: Mât intégré dans la structure d'une voile épaisse

Cette famille de gréements, puisqu'il s'agit en fait de plusieurs types différents, est issue directement du gréement de jonque dont les concepteurs ont voulu conserver la facilité de manœuvre tout en améliorant sensiblement les performances surtout aux allures près du vent. Le principal élément perturbateur dans le gréement asiatique réside dans le mât et la conclusion logique de cette analyse était donc d'intégrer, de digérer en quelque sorte cet espar dans la voile elle-même. Pour cela, il fallait donner une certaine épaisseur à cette dernière et cela tombe bien, puisque nous avons vu qu'un profil épais est plus porteur qu'un plan mince.

Ce principe étant admis, on en arrive tout naturellement à une structure comportant deux faces courbes, délimitant une section aérodynamique approximativement comparable à celle d'un wishbone. C'est à l'intérieur de ce volume que va se trouver le mât. Curieusement, cette conception prend ses racines en Grande-Bretagne, alors que la voile épaisse que nous avons analysée précédemment et qui se plaçait, elle, derrière le mât, s'est plutôt développée en France. Cette conception britannique du profil épais intégrant le mât dans son épaisseur a donné naissance à deux types de gréements: le gréement Gallant conçu par Jack Manners Spencer et le gréement Swingwing de la firme Sunbird.

a) Le gréement Gallant :

Aucun lien de parenté avec le sexe faible ou quelque histoire plus ou moins polissonne. Il doit son nom au simple fait que le premier voilier équipé de la sorte était une coque de Gallant 40 bien que les études aient été menées au départ dans le but d'équiper des bateaux de pêche en quête d'économie de fuel. On le surnomme aussi parfois le gréement "aérojonque", ce qui traduit parfaitement à la fois son origine et la démarche de son concepteur. Celui-ci a choisi de donner à la voile un profil épais et symétrique de forme elliptique. En fait, il suffit d'imaginer une sorte d'aile de "Spitfire" installée debout sur sa tranche sur le pont du bateau (voir croquis III.217). Le fait que Jack Manners Spencer de la firme Aérosystem, soit un ancien pilote de bombardier de la R.A.F., n'est peut être pas étranger à cette forme... De toutes manières, les recherches actuelles sur le plan aérodynamique, cautionnent tout à fait ce choix en reconnaissant aux formes elliptiques des vertus et surtout des portances supérieures aux autres polygones.



Croquis III.222 :

Engin de vitesse pour le Grand Prix de Brest

Il est équipé de deux ailes à grand allongement disposées asymétriquement.

Croquis III.224 :

Principe d'un moule de mât aile adaptable

En utilisant des inserts, on peut faire varier la corde du mât. Son épaisseur peut également être modifiée, il suffit pour cela de ne pas stratifier sur toute la largeur du moule.

Cette "aile" est constituée de nervures en forme de wishbone, mais comportant des entretoises internes (voir croquis III.218) dont le but est à la fois de renforcer leur rigidité, mais aussi d'assurer un bon centrage du mât. La position de celui-ci demande en effet à être rigoureusement définie car c'est elle qui déterminera l'équilibre vélique. On n'a pas ici, comme sur le gréement de jonque, la faculté d'avancer ou de reculer le centre de voilure. La plupart du temps, c'est la voile qui tourne autour du mât qui lui, reste fixe, mais dans les versions les plus récentes de gréement Gallant, il n'est pas rare que le mât soit solidaire de l'aile et que ce soit l'ensemble qui tourne grâce à un espar rotatif. C'est le cas du Jetstream 29 du croquis III.217 qui utilise un mât rotatif de section carrée non haubané ce qui diminue encore la traînée. Dans ce cas précis, il est placé de telle sorte que 25 % de la surface de l'aile soit en avant du mât. La structure interne ainsi obtenue demeure relativement complexe, sans toutefois alourdir le gréement outre mesure. Elle est bien sûr entoillée, selon une technique qui rappelle celle des ailes des anciens avions.

La drisse revenant par l'intérieur de l'aile est fixée sur une têtère particulièrement développée puisqu'elle constitue l'extrémité de l'ellipse, tandis qu'un système de croisillonage textile renforce la cohésion verticale de l'ensemble. Les lazy-jack, comme sur le gréement de jonque, permettent de prendre des ris avant autant

de facilité car il suffit de choquer un peu de drisse et de reprendre l'écoute fixée sur les trois nervures inférieures pour retendre la voile. L'écoute en question est très peu démultipliée et l'on est surpris de constater qu'un palan à trois brins de cordage suffit amplement pour contrôler jusqu'à quarante-cinq mètres carrés de voilure. Cela tient à la répartition de la surface de voile par rapport au mât. On retrouve ici la même disposition que pour un safran compensé (voir croquis III.219).

Le gain en portance obtenu à l'aide de ce profil épais, sans être négligeable, n'est cependant pas extraordinaire. En effet, avec cette conception, on obtient un profil de section symétrique ce qui n'est pas l'idéal aux faibles vitesses auxquelles il va travailler. Il s'agit bien entendu de la vitesse relative de l'air par rapport à cette aile. Nous avons vu qu'un profil courbe et asymétrique était, dans ces conditions, beaucoup plus performant. C'est de cette constatation qu'est né un système de flaps rapportés sur l'arrière de l'aile un peu comme les volets de bord de fuite d'une aile d'avion. Ce dispositif va permettre de donner une certaine courbure à l'aile : c'est le Swingwing.

b) Le gréement Swingwing, ou aile à courbure variable :

Le chantier Sunbird, qui fut l'un des premiers à produire des voiliers de série équipés de gréement de jonque (comme le Sunbird 32 par exemple), a réalisé de nombreux essais de voilure sur les coques de dériveurs

légers avant de penser à équiper des croiseurs. Le Laser avait été retenu pour son gréement de cat-boat qui se prêtait bien à ces manipulations. D'autre part, le chantier était ainsi assuré d'une parfaite identité des coques. Les essais se révélèrent très fructueux, surtout en regard de certaines études comparatives de gréements réalisés à partir de maquettes évoluant en laboratoire et dont on peut se demander jusqu'à quel point elles ont encore quelques rapports avec la réalité et les conditions effectives de navigation...

C'est ainsi que fut mise au point une voile épaisse intégrant le mât comme la précédente, mais dont le bord de fuite, porté par des lattes s'appuyant sur les nervures, était articulé. Ce volet ainsi constitué, peut donc s'orienter automatiquement à droite ou à gauche, selon l'amure. Ce mouvement se fait sans aucune intervention, grâce à l'écoute qui est capelée au bout des lattes, exactement comme dans un gréement de jonque (voir croquis III.220). Le concepteur a limité la rotation de cette espèce de "nageoire caudale", on peut en effet comparer ce volet orientable à la queue d'un poisson, dont le corps a à peu près la forme hydro ou aérodynamique de la partie avant de la voile.

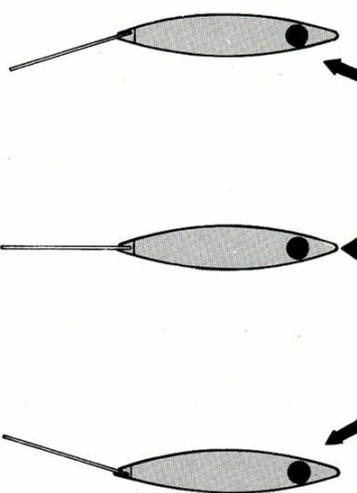
Pour obtenir cette limitation de la courbure, on a placé des arrêteurs sur les deux tubes coulés en aluminium, qui forment la partie avant. Ainsi, le volet arrière se trouve-t-il au maximum dans le prolongement de l'extrados (voir croquis III.221). Les utilisateurs du swingwing s'accordent à dire que les performances obtenues sont similaires à celles d'un gréement bermudien, ce qui a pu être vérifié, non seulement au stade expérimental sur les Laser, mais aussi dans la réalité, sur des croiseurs comme le Sunbird 32 qui furent produits dans les trois versions de gréement : jonque, swingwing et Marconi.

En ce qui concerne le swingwing, on peut dire que par rapport au gréement de jonque dont il est issu cela représente une amélioration. Bien entendu, on n'obtiendra pas de meilleures performances qu'avec une voile bermudienne, mais par contre, on aura conservé la facilité de manœuvre et de réduction propre au gréement de jonque. Sur le plan de l'esthétique, il faut bien avouer que ce type de voilure a quand même moins d'allure et de caractère que le gréement de jonque dont il est issu et c'est sans doute ce qui fait que sa diffusion demeure encore assez limitée.

Croquis III.221 :

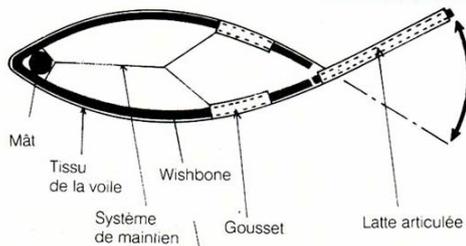
Articulation d'une voile swingwing

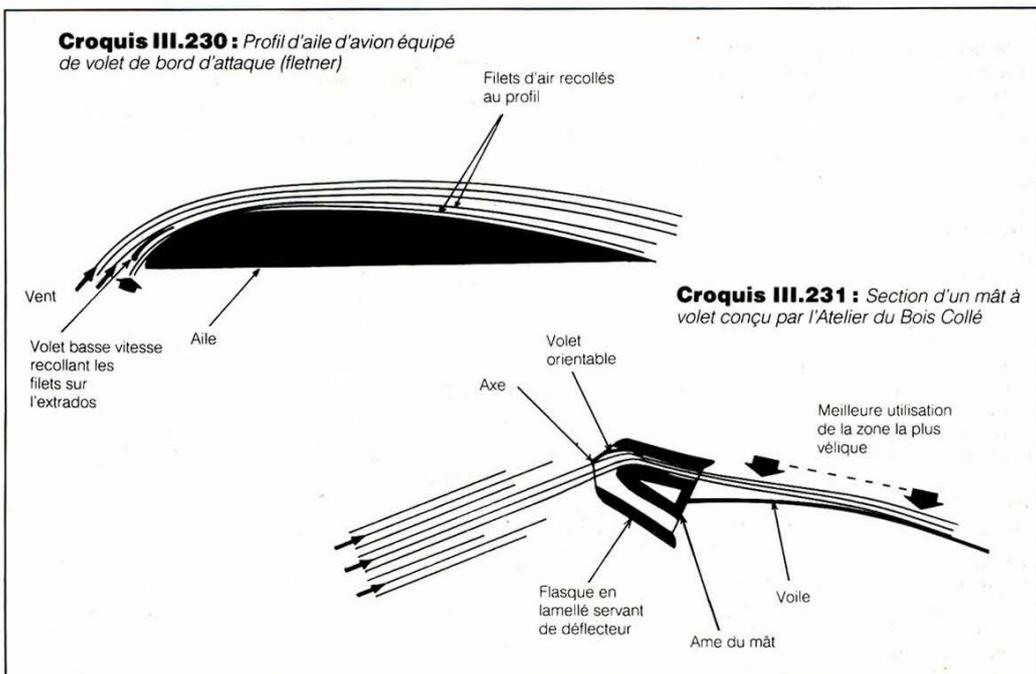
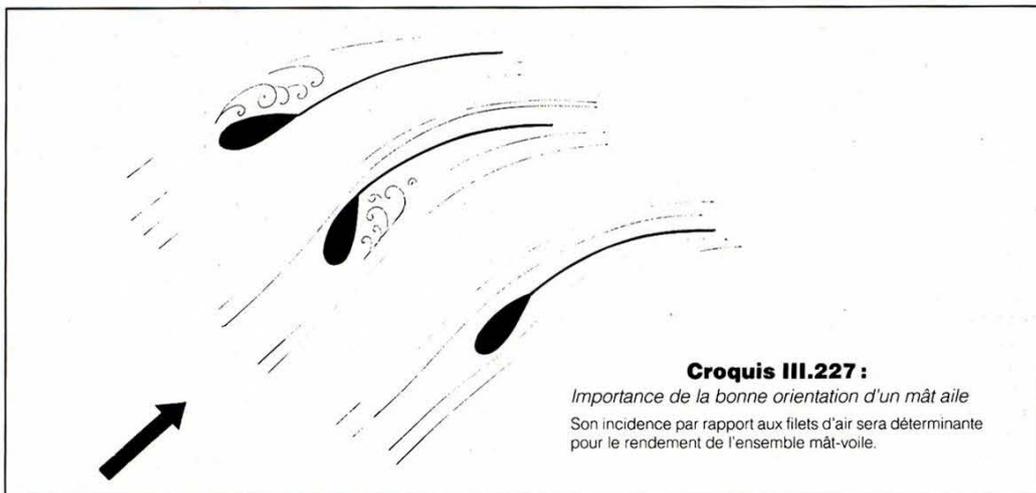
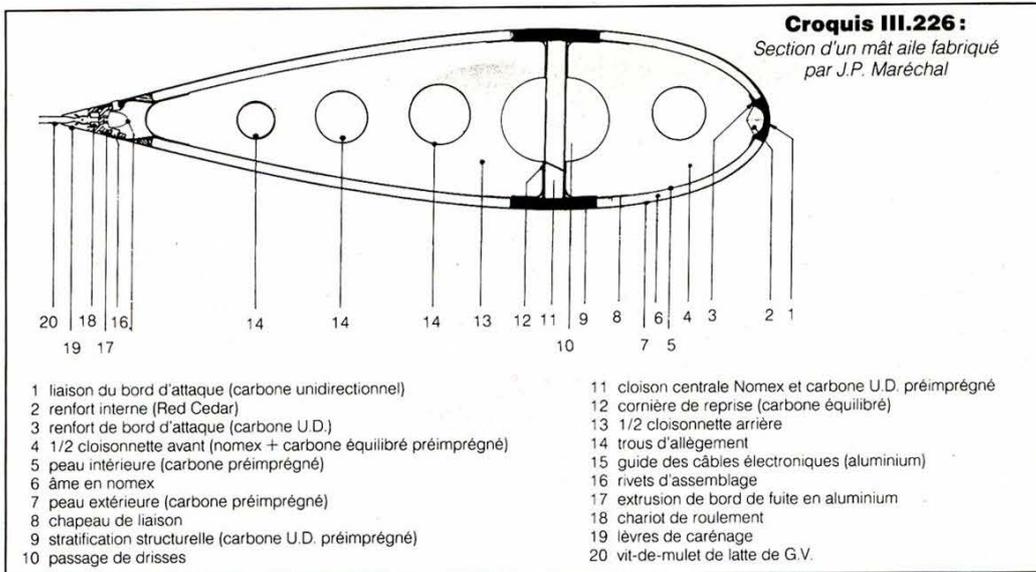
La partie arrière s'oriente automatiquement selon l'amure.



Croquis III.220 :

Nervure d'un gréement swingwing





III.IV.3. : MATS AILES, ROTATIFS ET AUTRES BIZARRERIES DE LA MATURE...

Si les démarches que nous venons d'évoquer étaient axées à la fois sur une recherche de meilleures performances aérodynamiques et sur une tentative de simplification des manœuvres, le domaine que nous abordons maintenant est lui, franchement orienté vers l'amélioration des performances, et trouve donc principalement son application dans le domaine de la compétition (voir croquis III.222). Toutes ces recherches partent du principe que le mât a un effet perturbateur sur l'écoulement des filets d'air et qu'il diminue sensiblement les performances de la voile qui se trouve juste derrière lui. On espère, avec une forme de mât aérodynamique en aile, obtenir une moindre perturbation et un ensemble mât-voile plus harmonieux. Les coureurs de certaines classes y trouvent également un dernier avantage dans le sens où la surface de voilure calculée pour la jauge ne tient pas compte de celle du mât qui, dans bien des cas, est loin d'être négligeable (cette remarque n'est pas vraie dans tous les systèmes de jauge).

III.IV.3.1. : Mât aile : une arme redoutable en course, mais à double tranchant !

Il est évident que ce type d'esper est employé uniquement sur les unités de course ou qui recherchent la performance à tout prix. Cette dernière expression doit d'ailleurs être prise au pied de la lettre car il est certain qu'un tel mât coûte cher, et même très cher ! En général, il est réalisé en composites à l'unité et bien souvent dans un moule femelle spécifique, ce qui alourdit sérieusement le budget. Pour réduire un peu les frais, on peut aussi utiliser un moule modulable qui permet d'ajuster non seulement la longueur, mais aussi la largeur (on parle alors de corde du mât) (voir croquis III.224). Cela peut paraître un peu dérisoire comme économie, mais il faut savoir que ces moules sont assez complexes puisque la plupart du temps chauffant (pour parfaire la polymérisation) et parfois aussi équipés d'un système de pompes à vide lorsqu'on n'utilise pas de tissus préimprégnés (voir chapitre II.IV).

La fibre de carbone et la résine époxy sont bien sûr de mise de manière à obtenir une raideur et des moments d'inertie élevés sans que l'ensemble ne soit trop lourd. Ce dernier point est en effet un des inconvénients majeurs auquel se heurtent les concepteurs : un mât aile est lourd tout simplement parce

que la surface de matériaux employés est beaucoup plus importante que dans un mât conventionnel. C'est d'ailleurs ce qui explique qu'on les rencontre beaucoup plus souvent sur les multicoques pour lesquels ce surcroît de poids dans les hauts a "relativement" moins d'importance que pour un monocoque en regard de leur stabilité initiale respective.

La structure de ces espars fait donc l'objet de recherches poussées pour parvenir à un allègement maximum. Les parois sont le plus souvent constituées d'un sandwich carbone — nid d'abeille ou mousse PVC et une cloison interne vient renforcer l'inertie transversale et la cohésion de l'ensemble. A différents niveaux, on place également des nervures de remplissage en mousse ou nid d'abeille, celles-ci sont évidées de manière à gagner encore un peu de poids. Certains constructeurs intègrent la ralingue de grand-voile à la structure carbone alors que d'autres préfèrent utiliser un profilé en alliage rapporté et riveté sur la face arrière du mât, bien que ce procédé soit un peu plus lourd (voir croquis III.226).

Très vite, il est apparu nécessaire pour conserver une symbiose parfaite entre mât et voile, de pouvoir orienter l'espar de manière à établir une bonne continuité entre les deux éléments. Bien que ce type d'équipement s'adresse, répétons-le, à des engins conçus pour la vitesse et donc bénéficiant d'un vent apparent la plupart du temps de l'avant, l'angle d'incidence de la voile par rapport à ce vent apparent est bien réel et le bord d'attaque constitué par le mât doit donc s'y adapter (voir croquis III.227).

Cette rotation obligatoire, même si elle est limitée, ne va pas sans poser de sérieux problèmes techniques et ce à plusieurs niveaux :

□ **Tout d'abord à la base du mât** qui comporte une embase un peu spéciale puisqu'un axe fixé verticalement sur le pont ou la traverse maîtresse dans le cas d'un multicoque, s'enfonce dans le mât pour permettre la rotation (voir photo III.228). Comme on s'en doute, les pièces doivent être sérieusement dimensionnées car les efforts à ce niveau vont être très importants non seulement en compression, mais aussi en cisaillement. On admet cependant un certain jeu dans les ajustages pour permettre le réglage de la quête de mât.

□ **La rotation du mât doit pouvoir être contrôlée** et pour ce faire, on installe un petit bout-dehors solide de la base du mât et par l'intermédiaire duquel un cordage peut agir dans un sens ou dans l'autre. Ce levier peut se trouver sur la face avant ou arrière du profil (voir photo III.229).

□ **C'est surtout au niveau des différents capelages de haubans et en tête de mât que les problèmes vont se poser de la manière la plus aiguë.** Les

différentes solutions proposées sont toutes assez complexes et de toute évidence réservée à la compétition et catégoriquement inadaptées sur un bateau de croisière. C'est ainsi que l'on trouve des colliers de haubannage articulés sur la face avant du mât ou des dispositifs de biellettes permettant de rattraper le jeu des haubans au niveau des cadènes (c'est cette technique qui était utilisée sur Elf Aquitaine II). Sur les voiliers plus petits (Formule 28 ou Petite Coupe de l'Amérique), les concepteurs simplifient parfois le problème, en utilisant un haubannage "mou" qui autorise une rotation, certes limitée, mais qui a l'avantage d'être simple et léger.

Si les avantages du mât aile sont incontestables sur le plan aérodynamique, il est également indéniable que ces espars ont, à plusieurs reprises, soulevé de vives polémiques entre leurs partisans et leurs détracteurs. Le plus gros reproche que l'on puisse leur adresser, en dehors de leur coût et de leur complexité, est l'impossibilité qui les caractérise de mettre le voilier à sec de toile. En effet, il est arrivé qu'un grand multicoque de courses océaniques bien connu, navigue encore à plus de dix nœuds, sous la seule poussée de son mât aile ! Les conditions étaient pour le moins rudes ce jour-là, mais quand même, on peut se demander si c'est bien là une performance car cela démontre, s'il en était besoin, l'impossibilité de réduction de la surface de voilure du bateau, et l'insécurité qui en découle...

La tragédie de Loïc Caradec a mis cruellement ce problème à jour, d'autant plus qu'avant son départ, le skipper de Royale avait déclaré que son mât aile était capable, à lui seul, de faire chavirer le catamaran à partir de cinquante-cinq nœuds de vent. De plus, il faut rappeler que le dosage de l'angle d'incidence du mât, est une opération délicate qui demande beaucoup de précision. Si en équipage, elle est relativement maîtrisable, en solitaire, elle est loin d'être immédiate et dans ce cas, l'aspect sécurité est un peu laissé pour compte, il faut bien le reconnaître !

Sur ce point, l'architecte Nigel Irens était catégorique à la suite de cet accident, en affirmant que sur ce type de grand multicoque transocéanique, la corde maximale d'un mât aile ne devrait pas excéder un mètre. C'est pour cette raison que j'affirmai au début de ce paragraphe, qu'un tel espar est une arme à double tranchant...

III.IV.3.2. : Le mât à volets : une idée tombée du ciel !

On se demande vraiment où en seraient les gréements de nos voiliers sans l'aviation car une fois de plus, l'idée était dans l'air et voilà une bonne cinquantaine d'années que certains avions sont équipés de volets de bord d'attaque (parfois appelés "fletners"). Ces appendices

escamotables ont pour fonction de retarder le point de décrochement des filets d'air sur l'extrados de l'aile (le décrochement étant le moment où l'on passe de l'écoulement laminaire à un écoulement turbulent). Le pilote s'en sert à l'atterrissage lorsque la vitesse de son appareil est faible (voir croquis III.230). C'est ce même principe qui a été retenu pour équiper ce nouveau type de mât. Celui-ci comporte deux parties principales :

□ **Une âme du style "poutre"** en bois lamellé classique, mais de forme aérodynamique et relativement fine.

□ **Deux flasques**, elles aussi en lamellé, montées de chaque côté de cette âme en laissant un espace intermédiaire pour que les filets d'air puissent s'y engouffrer, s'accélérer et remplacer le "vilain matelas d'air turbulent" que l'on observe habituellement par un écoulement beaucoup plus laminaire accrochant bien l'extrados (voir croquis III.231). Les flasques sont rendues solitaires de l'âme grâce à des entretoises horizontales fixées à intervalles réguliers.

Pour que tout cela fonctionne, il fallait encore une petite astuce : c'est le volet orientable. Constitué d'une série de plaquettes de néoprène ou

PVC tournant librement autour d'un axe vertical constitué d'une grosse corde à piano. Ce volet s'oriente automatiquement du bon côté lors des virements de bord (voir croquis III.232). Sa souplesse lui permet de se courber et ainsi de bien canaliser les filets d'air sans perturber leur écoulement. L'accélération de l'air ainsi obtenue provoque une augmentation de la portance de l'ensemble mât-voile et en plus, on avance le centre de poussée vélique, cette dernière se trouve donc mieux orientée.

Evidemment, pour émettre un jugement définitif, il convient d'attendre la concrétisation du projet et les premiers essais, mais à première vue, ce type de profil semble assez bien adapté à la plaisance et plus particulièrement aux multicoques de croisière qui, malgré les progrès réalisés au niveau des déplacements et des carènes, ne doivent pas rechigner à adopter les innovations qui améliorent leur marche aux allures près du vent. **Par rapport au mât aile examiné précédemment, ce nouvel espar est nettement moins coûteux, moins encombrant et ne nécessite pas de pièces mécaniques compliquées comme les rotules d'embase.**

