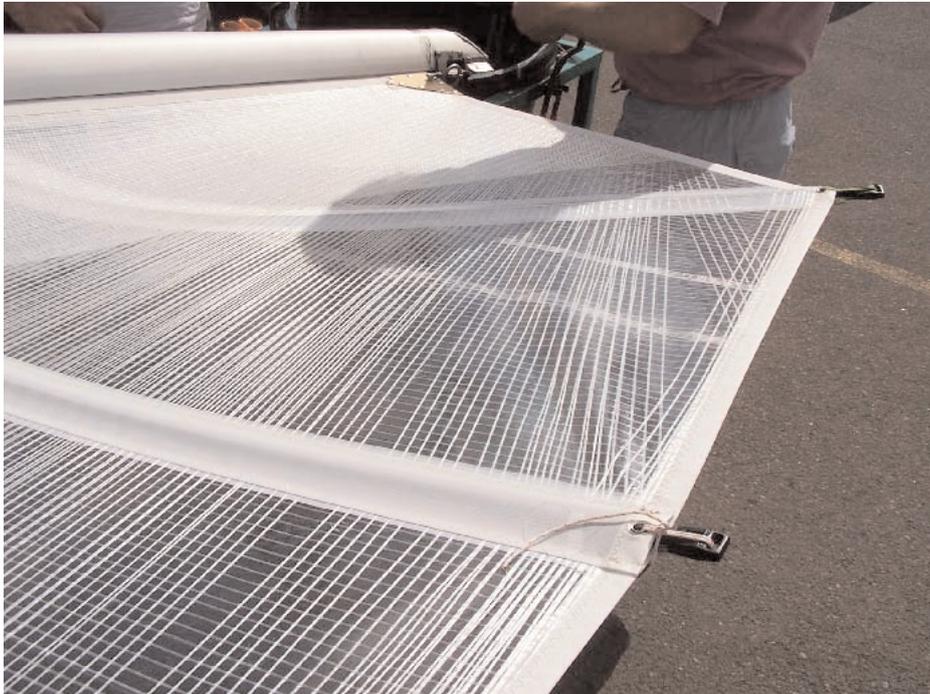


Technique et performance

TORNADO : LES ALÉAS DE LA JAUGE ET LE DÉVELOPPEMENT DE MATÉRIEL

Philippe NEIRAS

Technique et
performance



Résumé

Les règles de jauge des classes olympiques appartiennent toutes à la catégorie : « monotypie » qui se subdivise en deux : monotypie de classe et monotypie de constructeur. Le principe de base reste le même : « tout ce qui n'est pas autorisé par le texte est interdit ». La classe Tornado, monotypie de classe cherche à assurer l'équité entre coureurs devant le développement de matériel, la compétition devant se faire entre compétiteurs et non sur le matériel. L'I.T.A. (International Tornado Association) a donc modifié un certain nombre de règles pour limiter les coûts et assurer cette équité qui peut paraître comme une utopie. Mais soucieuse d'assurer son développement et sa diffusion, elle cherche aussi à s'ouvrir à de nouveaux matériaux comme le carbone pour les mâts. Équilibre instable qui pourrait être évalué fin 2008, lors du choix des séries olympiques pour 2012.

Mots clés : Jauge, monotypie, laminés, tissés, cuben, fiber, D4, 3DL, pré-imprégné, autoclave, carbone, époxy.

Les règles de classe des Tornados ont subi de profondes modifications entre 2000 et 2004 : adoptions du spinnaker et de double trapèzes en 2000, puis adoption du mât carbone en 2004. Néanmoins, le principe de la « monotypie », reste le fondement des règles de la classe Tornado. Même si on assiste à une évolution vers un resserrement des règles, la classe ne se prive pas d'évoluer. La période 2000-2004 a vu une poussée importante de la prise en compte de la composante technologique avec le développement de voiles à base de **Cuben fibre** et de **D4**. La classe a ensuite réagi en interdisant ces « tissus » ou plutôt ces procédés de fabrication de voiles, en établissant une liste de tissus autorisés, validée lors du « November meeting ISAF¹ » de 2004. Dans le même temps, elle entérine l'adoption du mât carbone avec de fortes restrictions quant aux matériaux utilisés, à la fabrication et avec un contrôle très strict.

1. La monotypie, une illusion ?

Lors de son « ballot² » de l'été 2004, la classe Tornado a réaffirmé son attachement au concept de « **One Design Class** ». En effet, sur les 187 votants de la classe, 90% ont voté en faveur de la réaffirmation de l'aspect « One Design » des règles de classe. L'intention est de faire en sorte que les bateaux soient les plus proches possibles les uns des autres quant à leurs caractéristiques. L'esprit de cette règle : « **Tout ce qui n'est pas autorisé est interdit** ». Cela signifie que tout ce qui n'est pas expressément écrit dans les règles de classe est interdit. Ce concept, nous le traduisons en France par le terme de **monotypie**. Pendant plus d'un siècle, on a cru que la science permettrait de définir la jauge idéale qui permettrait de faire courir ensemble et équitablement des bateaux différents. On a noirci des millions de pages de calculs, multiplié les réunions au sommet, investi des fortunes, fait tourner des ordinateurs surpuissants pour finalement construire des bateaux pour exploiter un trou de jauge et au final ne satisfaire personne avec des règles de jauge si compliquées que peu de personne les comprend. Secrètes ou non, les formules mathématiques à la base des jauges restent imparfaites.

Après avoir cru en la capacité de la science à compenser les inégalités entre bateaux, on a cru que l'ordre triompherait là où la science avait échoué et donc que la monotypie serait la solution. Jadis, alors qu'on rêvait d'une jauge universelle, on a disserté à l'infini sur ce qui différenciait des bateaux dissemblables. Dans le cadre de cette nouvelle utopie, la monotypie, on allait noircir pages après pages pour préciser jusqu'où les

bateaux devaient être similaires. Au début les règles étaient laxistes : la qualité des matériaux et les mises en œuvre étaient trop irrégulières pour imaginer que deux bateaux puissent être exactement semblables. On a réduit les tolérances, précisé les textes de jauge, techniques, matériaux, technologies de mise en œuvre ont évolué, mais les bateaux ne sont pas plus similaires pour autant. (Les dernières mesures statiques de voile de laser sont éloquents : les différences sont notables en quantité de creux et répartition, les différences de poids d'un bas de mât de laser toujours aussi importantes : de 3,9 kg à 4,7 kg).

Deux voies existent dans la monotypie :

- **La monotypie de classe, type Tornado** : des règles précises, mais possibilité pour tout chantier ou voilerie de proposer du matériel aux coureurs. L'effet de la concurrence joue.

- **La monotypie de constructeur, type laser** : des règles précises, mais un seul constructeur habilité à construire le matériel. Un chantier et un seul a donc l'exclusivité de la fabrication. Il n'y a donc pas de concurrence.

Si une série « monotype de classe » comme le Tornado est dominée par un constructeur³, c'est que ses bateaux ne sont pas semblables aux autres mais supérieurement différents : plus raides, au maximum de la légèreté permise, ou avec des formes légèrement modifiées (dans le respect des tolérances de jauge).

« **Dès lors, un monotype n'est pas un bateau semblable aux autres, mais un bateau dont les différences vis-à-vis de ses semblables étaient spécifiées⁴** » .

La monotypie n'est qu'un dogme égalitaire avec comme devises : « À travail égal, résultat égal » et « Le pouvoir aux barreaux ». Sa justification originelle est de faire baisser les coûts : à l'origine ces classes devaient offrir mieux pour moins cher. La compétition devant se faire sur la valeur des hommes et non sur le matériel. Mais les régatiers convaincus que l'essentiel est de gagner achètent le matériel le plus susceptible d'apporter la victoire, donc le plus raffiné, le plus raide, le + ... Les coureurs veulent bien être égaux, à la condition expresse d'être devant les autres. Il n'y a donc pas grand-chose d'égalitaire dans la monotypie puisque cet état de fait a provoqué la mise en orbite des prix. Les bateaux des classes monotypes sont extrêmement chers. Le perfectionnement des techniques et technologies

1. ISAF : International Sailing Federation

2. Ballot : vote organisé par la classe : majorité aux 2/3 nécessaires pour adopter une modification dans les règles de classe.

3. 99% de la flotte des Tornados (plate forme, mât, câbles) est produit par le chantier Suédois Marström. Les autres chantiers ont pratiquement arrêté la fabrication de Tornados (White, Boyer, Petrucci...). Pour les voiles le marché est ouvert : Ullman, Jessening, Incidence, Landenberger, Olympic, Gransiegel... 5 ou 6 voileries se partagent le marché des voiles

4. Histoire du Yachting Daniel Charles Arthaud 1997

de la construction, le succès de ces classes se sont empressées d'annihiler ce que chaque série avait d'économique.

La classe Tornado n'a pas échappé à la règle : dans les années 1970, le Tornado se fabriquait en bois, la construction amateur était très répandue. Aujourd'hui les bateaux sont construits en pré-imprégnés époxy, sandwich nid d'abeille, et cuits à l'autoclave à 120 degrés. Le coût est évidemment différent suivant la solution employée !!!

Les jaugeurs de la classe ont essayé de préciser de plus en plus finement les règles pour obtenir des bateaux de plus en plus similaires. Car les coureurs, à l'affût de toute amélioration allant dans le sens de la performance, exploitent chaque faille des règles. Les jaugeurs ont, bien entendu, tenté de prévoir et d'anticiper sur les trous de jauge, mais rien n'y fait : les coureurs ont toujours une longueur d'avance. En effet, ils essaient de travailler dans quasi toutes les composantes de la performance : ils sont en perpétuel éveil et recherche sur ce qui peut aller dans le sens de la performance. Ils assurent donc une veille technologique efficace et leur statut de professionnels leur permet de développer des connaissances et des compétences qui sont désormais très en avance sur les jaugeurs ou responsables de la classe qui ne sont que bénévoles et dont l'occupation principale n'a pas de rapport avec l'activité voile en général. Ainsi, confrontés à une complexité qui les dépassait, les bénévoles ont peu à peu quitté la classe. Pour la faire fonctionner, les coureurs ont pris les

rênes : hormis le président de l'ITA⁵ (Mike Grandfield), les vice-présidents, secrétaire, trésorier et membres du comité technique sont tous des coureurs impliqués dans la préparation olympique. Ce qui est très intéressant : les coureurs s'impliquent pour que leur classe vive. Mais ceci pose en même temps des problèmes : celui d'être juge et partie. Être membre du comité technique qui doit anticiper sur des modifications de règles pour garantir l'équité entre tous les coureurs et mener soi-même un projet de préparation olympique semble difficilement compatible. Ceci explique peut-être les problèmes de jauge de la classe.

L'obsolescence est également un risque majeur de la monotypie : si une classe n'évolue pas en parallèle de l'évolution technologique : sa diffusion baisse : en clair : il faut vivre avec son temps. Refuser toute évolution pour respecter le fondement originel de la monotypie (la limite des coûts) est certes intéressant, mais il est dangereux : la diffusion en pâtit. Il convient de trouver un équilibre en maîtrise des coûts et évolution. C'est un équilibre subtil à trouver. Il faut savoir temporiser : ne pas se précipiter sur toutes les nouveautés.

La classe Tornado oscille donc entre des règles de plus en plus restrictives fondées sur l'illusion de la monotypie et des modifications de règles pour intégrer des « nouveautés » pour garder l'aspect moderne de la classe et assurer sa diffusion en créant l'envie. Exemple : d'un côté on limite l'accès à certains tissus et de l'autre on intègre le mât carbone.

5. ITA : International Tornado Association

Quelques dates des principales modifications :

Novembre 1992	November meeting	Autorisation des non-tissés ou « laminés » pour la fabrication des voiles
Novembre 1996	November meeting	Disparition du poids minimum pour la bôme
Novembre 2000	November meeting	Adoption du spinnaker, du double trapèze Modification jauge GV (augmentation de surface, adoption d'une corne) Modification jauge foc (augmentation de surface, amurage sur le tangon, foc full batten)
Mai 2004	SPA Regatta Medemblick	Interdiction de l'utilisation du « cuben fiber » pour les spis (Interprétation ISAF)
Novembre 2004	November meeting	Interdiction du cuben fiber et du D4 pour Focs et GV Établissement d'une liste restrictive de tissus pour les voiles Adoption du mât-carbone avec demande d'exclusivité pour le chantier Marström
Novembre 2004	November meeting	Refus par l'ISAF d'accorder l'exclusivité de la construction des mâts au chantier Marström. Les mâts (comme le reste du matériel) peuvent être construit par tout chantier intéressé si validé par l'ISAF

2. Le cas des « tissus » à voile.

Nombreux sont ceux qui, à la lecture du communiqué sur les championnats d'Europe de Tornado de mars 2004, s'étaient émus du fait que la « **Cuben Fiber** » peut être autorisé en Tornado :

- « Comment cela ! du « Cuben Fiber » ! ce tissu n'est pas autorisé par la jauge, c'est du haut module ! »

Ou encore :

- « Comment ! Fidel fabrique du tissu à voile ! c'est depuis l'ouverture de cuba à l'économie de marché sans doute ! »

Bon ! je plaisante ! Un peu d'histoire...

En 1992, le duel pour la coupe de l'Amérique oppose Gardini " Il Moro Di Venezia " avec Bill Koch "América3". Il Moro Di Venezia développe des voiles en composite carbone et América3 des voiles en copolymère polyester polyacrylate, appelé : " Cuben Fiber " parce que portée par le bateau "América Cube". Donc la fibre des voiles de "América Cube" devient la "Cuben Fiber⁶".

Bref, cette fibre sera commercialisée sous le nom de Vectran. Elle apporte des performances remarquables sur la résistance à l'allongement et à la flexion, mais est de faible résistance aux UV et très onéreuse. La Cuben Fiber connaît donc son heure de gloire grâce à la coupe de l'Amérique et sera donc adoptée très vite sur les multicoques 60 pieds et ailleurs, à base de vectran ou de carbone. Mais elle n'apparaîtra en Tornado qu'en 2003 avec les Américains Lowell/Ogletree (à Cadix au mondial) et en 2004 avec les Hollandais Booth/Dercksen et les Anglais Mac Millan/May aux régates de Miami 2004, puis aux Championnats d'Europe aux Canaries en mars 2004. Ces 3 équipages, qui forment un groupe d'entraînement international, auraient acheté un rouleau de tissu pour une valeur de 300 000 francs⁷. Combien de voiles fabriquées dans ce rouleau : ???

Les Hollandais Booth/Dercksen gagneront le Championnat d'Europe avec un ensemble cuben (GV, Foc, Spi). Le trio naviguera toute la saison 2004 avec GV et Foc en cuben fiber, Jeux Olympiques compris.

L'usine qui fabrique : la "Cuben Fiber Corporation" est basée à Phoenix USA. Principe : les fibres sont disposées parallèlement entre elles sur un papier, on fait ainsi plusieurs papiers. On pose fibre contre fibre et l'on retire le papier à chaque fois. on croise les fibres à 90° et l'on obtient une chaîne et une trame, mais ce n'est pas tissé. le tout est enduit de tedlar (bien mieux que le mylar) en passant entre deux rouleaux, puis passé à l'autoclave : cuisson à plusieurs centaines de degrés et mis sous pression à 15 bars.

6. Rien à voir avec Cuba, sauf que le syndicat américain arbore sur sa base un drapeau orné d'un cochon rose : référence à l'épisode fameux de la baie des cochons à cuba. On attribue cette farce à Buddy Melges, le nom vous dira sans doute quelque chose.

7. Information de l'ordre de la rumeur qu'il resterait à vérifier.

L'absence de tissage permet de conserver 100% des caractéristiques de la fibre alors que le tissage fait perdre jusqu'à 50% de sa résistance à la fibre. Le procédé cuben accroît la résistance nominale de la fibre à une valeur supérieure quand elle est stabilisée avec la résine. Quand on regarde par transparence : par exemple les voiles de Booth, on distingue nettement la trame et la chaîne du « tissu ». Dans la construction, on superpose les bandes de tissus selon l'angle régi par le sens de l'effort. On peut superposer plusieurs couches d'épaisseur de fibre en densité variable et pouvant également mêler des matières différentes comme le carbone. Les renforts tête écoute amure sont réalisés à la main.

Dans une fabrication traditionnelle, le complexage employé est d'un grammage constant et renforcé par une superposition de tissus. La difficulté étant de concevoir un renfort avec le tissu strictement nécessaire. Avec le Cuben, le « tissu » est déjà 50% plus léger et offre de meilleures caractéristiques, comme un fluage presque inexistant (le fil s'allonge, il ne revient pas à sa forme initiale, point !) et peut vraiment être ajusté au gramme près dans les renforts. Ensuite il est laminé, se présentant comme une pièce homogène sans couture ni collage.

Les grammages les plus légers virent au blanc et les grammages les plus lourds virent au gris foncé.

Lors des Championnats d'Europe de 2004 aux Canaries, les Hollandais Booth /Dercksen remportent le titre. Lors de la dernière journée (2 manches à courir), le vent monte à 20/25 nœuds. Avant le départ de la 1ère manche du jour, la GV en Cuben des Hollandais se déchire. Ils changent de GV⁸. Après avoir changé de GV, ils changent de foc bien que celui-ci ne soit manifestement pas déchiré : ils changent par prévention, ce qui ne peut se justifier du point de vue du règlement. À terre, les Hollandais présenteront la GV déchirée et le foc également déchiré : il n'a pas été possible de prouver au Jury que le foc avait été volontairement déchiré par l'équipage pour justifier son changement bien que le doute soit fort. Les voiles des Hollandais sont très claires signe d'un grammage très léger. (La preuve : ça se déchire !) À la pliure, le Cuben laisse une strie blanchâtre, comme si la résine se décollait de son support. Il n'en est rien, la résine change de couleur : de translucide, elle devient opaque parce qu'elle a été manipulée mais cela ne modifie en rien sa résistance. Les Hollandais le savait, bien sûr, et les stries sur le foc ne sont apparues aux yeux du jugeur que comme des éléments en faveur des Hollandais : un foc comportant autant de stries

8. Des voiles de rechange sont dans le semi rigide de l'entraîneur.

n'ayant pu que se déchirer en flappant lorsque le bateau était à l'arrêt, foc fasseyant et que le barreur monté dans le semi-rigide rangeait la GV avec l'entraîneur. Les Hollandais ont dû bien rigoler devant un jaugeur aussi candide.

Le Cuben, on l'a compris, est surtout un procédé. On peut faire du Cuben à partir de n'importe quelle fibre : Spectra, Carbone ou plus simplement Pen. Ainsi, les voiles des Hollandais, des Anglais et des Américains n'utilisent pas de fibre haut module, mais la fibre Pen, tout comme dans les autres voiles de Tornado. Le Cuben est donc autorisé par la jauge Tornado, il rentre dans les laminés (la jauge autorise les tissus "tissés" et "non-tissé" "woven and unwoven" ce qui veut dire les laminés, mais interdit simplement les fibres «haut module», et avec la fibre Pen on reste bien dans les polyesters autorisés.

Autre avantage du Cuben, la porosité est nulle, tout autre tissu peut prendre jusqu'à 30% de son poids, pas le Cuben, la surface plastifiée n'offre aucune aspérité et l'eau ruisselle comme sur une vitre. Le Cuben est donc un sacré bon tissu non-tissé, mais son application la plus prometteuse était sans doute pour les spis !!! Le trio a développé également des spis en cuben, tout comme le Français Guichard/Espagnon avec la voilerie Incidence. Pour le foc et la GV, les Français ne choisiront pas la voie Cuben, ils préféreront la voie D4. Yann Guichard/Christophe Espagnon et le maître voilier Maxime Paul de la voilerie Incidence La Rochelle, ont développé des voiles en D4.

Le D4 est un procédé inventé par Bob Fraser en Australie. c'est une membrane dans laquelle est incorporée des fibres alignées très exactement avec les divers efforts imposés à la voile. Fraser a donc développé des tissus à base de fibres orientées placées sur les lignes d'effort de la voile constituées de panneaux ou sections assemblées par collage à chaud. Grâce à la CAO, on produit une carte des efforts de déformation, il devient donc possible de définir pour chaque section des densités et des trajectoires de fibres correspondant exactement aux efforts auxquels sont soumis chaque décimètre carré du panneau. Les fibres sont déposées par une machine sur un film polyester. Les différentes sections, par exemple : 8 sections pour une GV 7 lattes sont stratifiées à plat sur un marbre donc permet un laminage parfait. Ensuite on donne la forme à la voile par procédé classique : pinces et rond. Les avantages sont nombreux : voiles plus légères, moins de déformation, moins de vieillissement, meilleur comportement aux efforts, voile plus lisse (les renforts sont intégrés) donc meilleur aérodynamisme. (**Le 3DL** est sensiblement la même chose sauf que la construction se fait d'une pièce : il n'y a pas de pinces, pas de panneaux, la

construction est d'un "bloc" sur une forme). Les Français⁹ prendront la 3^{ème} place des Championnats d'Europe avec cet ensemble GV, Foc en D4. L'équipage sélectionné¹⁰ aux JO d'Athènes utilisera ces voiles et s'adjugera la 4^{ème} place des Jeux.

Mais la classe réagira devant ces développements basés sur des exclusivités et jugées trop onéreuses : elle tentera d'interdire ces procédés (Cuben, D4, 3DL) en se basant sur l'exemple de la classe Figaro : La classe Figaro a interdit ces procédés et matériaux. Voici ce que dit la jauge de la classe Figaro : "les voiles ne doivent pas être réalisés suivant des procédés brevetés ni déposés, ni avec des matériaux qui ne sont pas en vente libre". Mais il est trop tard, en mars 2004, à l'issue des Championnats d'Europe pour effectuer un changement de règles de classe et interdire Cuben, D4, 3DL. Les voiles navigueront donc aux Jeux Olympiques et prendront les 2^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} place des Jeux, la 1^{ère} et 3^{ème} place étant prise par des voiles de fabrication classique, mais exclusivement fabriquée pour les deux équipages. Ainsi la classe Tornado a vu le principe de monotypie, le fameux principe égalitaire, malmené lors de cette saison 2004 : manque d'anticipation de la commission technique de la classe et effet juge et partie en sont sans doute les raisons principales¹¹. La seule action possible en 2004 concerna les spinnakers. En effet, la classe réussira à interdire les spis en Cuben Fiber, lors de la Semaine Olympique de Medemblick, soit moins de 3 mois avant les JO, après une demande d'interprétation auprès du « Multihull Committee » de l'« ISAF ». L'interprétation du texte concerne tout simplement la règle 17b dans laquelle il est écrit que : « Foc et GV peuvent être fabriqués en tissé ou non-tissé ». Il n'est pas écrit que Foc, GV, et Spinnaker peuvent l'être. En vertu de quoi, les spinnakers ne peuvent pas être fabriqués à partir de laminés (non-tissé). Comme les règles de la classe Tornado font référence aux « Equipement Rule of Sailing »¹² de 1986, on se reporte au point 1.2 qui définit les matériaux et qui précise que « À moins qu'il ne soit précisé autrement dans les règles de classe, les voiles doivent être faites en matériau tissé. » Ce qui exclut donc les non-tissés, donc les laminés comme le Cuben Fiber. Donc les équipages qui disposaient de spinnakers en Cuben Fiber n'ont pas pu les utiliser à partir de la semaine de Medemblick 2004 : ils ont été interdits. La classe n'en restera pas là, la seconde question du « ballot » après celle posée sur la monotypie sera celle de la proposition de limiter les matériaux

9. Yann Guichard et Christophe Espagnon

10. Olivier Backès et Laurent Viron

11. Herbert Dercksen, équipier de Mitch Booth (Hollande) est également membre du comité technique de la classe

12. ERS Equipement Rule of Sailing : Règles pour l'équipement des voiliers : texte qui régit la jauge d'une manière générale (commune à toutes les classes) et qui précise les modalités et procédés de mesure.

servant à la fabrication des voiles : 92% des votants voteront en faveur de l'établissement d'une liste de matériaux (ou tissus) autorisés pour la fabrication des voiles. Cette modification sera entérinée au November meeting de l'ISAF en 2004 et entrera en application dès décembre 2004. Cette liste étant susceptible d'être modifiée chaque année. Un nouveau tissu ou procédé peut être adopté par la classe à la condition expresse de ne pas être plus cher (ou raisonnablement plus cher) que les tissus existants et surtout en vente libre et disponible pour toutes les voileries désirant fabriquer des voiles.

Ainsi les possibilités de développement de voiles en utilisant des procédés de fabrication ou des tissus nouveaux sont limitées à leur plus simple expression. Reste à réfléchir sur la forme des voiles et l'adaptation mâât/voile...

3. Le cas du mâât carbone.

La classe, toujours lors du ballot de 2004, a proposé l'adoption du mâât carbone. 71% des votants ont approuvé l'adoption d'un mâât carbone. En effet, le mâât jusque-là en aluminium (série 6800) était jugé « limite » dans ses caractéristiques mécaniques en raison de la précédente modification du gréement en 2000 qui voyait l'adoption du spinnaker, d'une GV avec corne de plus grande surface, d'un foc « full batten » plus grand en surface et amuré sur le tangon (donc 500 mm plus bas que le précédent foc) et du double trapèze. Soucieuse de proposer une évolution maîtrisée du gréement et pour donner une réponse à cette limite des mââts aluminium en termes de résistance (déformation importante du mâât aluminium dû aux efforts plus importants engendrés par l'ensemble spi, augmentation de surface de voile et double trapèze). La classe adopte donc le mâât carbone. Les matériaux servant à la fabrication des mââts sont spécifiés dans les règles : seuls des tissus-carbone référencés T 600 et T 700 sont autorisés. (Ce qui empêche l'utilisation de carbone haut module très coûteux. La forme du mâât est également contrainte : longitudinal à 135 + ou - 0,7 mm et latéral à 73 + ou - 0,7 mm. Une seule cloison autorisée à une distance comprise entre 117 et 118,5 mm de la face avant du mâât. Poids total du mâât fixé à 15 kilogrammes. Poids en tête (centre de gravité) et déflexion du mâât en latéral et en longitudinal (mesure à vide et sous charge de 50 kilogrammes en 3 points avec une tolérance de + ou - 20 mm) sont précisés par la jauge. Tout constructeur doit demander une licence de fabrication à l'ISAF et s'engage à respecter le cahier des charges fixé par la jauge. Ainsi, il est très difficile de chercher un développement particulier des mââts tant les contraintes sont importantes. Mais, bien entendu, la qualité de

construction, le sérieux, la finition feront, au final, la différence et les coureurs iront se fournir là où ces critères seront respectés. De plus les tolérances de fabrication constitueront toujours un espace de développement pour les coureurs en quête d'un petit « plus ». En ce début de saison 2005, les mââts carbone viennent de faire leurs premières navigations, un seul constructeur propose à l'heure actuelle des mââts carbone pour la classe Tornado : le chantier Marström. Le coût supplémentaire, par rapport au mâât aluminium, est de l'ordre de 35%. Ce qui n'est pas rien.

Ainsi la classe Tornado a résolument pris le parti de rester « moderne » en adoptant un mâât carbone. Le poids total du mâât aluminium était de 23 kilogrammes, avec le mâât carbone le poids descend à 15 kilogrammes soit un gain de 8 kilogrammes. Le redressage du bateau une fois chaviré est plus facile : on note donc une amélioration vis-à-vis du critère sécurité. Quant aux caractéristiques mécaniques, il est clair que le mâât carbone est mieux adapté aux contraintes du Tornado actuel (le mâât aluminium avait été calculé sur la base de la version sans spinnaker et sans double trapèze du Tornado). En termes de performance, le « gain » n'est pas si spectaculaire : La régata de Palma en mars 2005 était la première confrontation d'envergure de la saison en Tornado et voyait des mââts carbone confrontés aux mââts aluminium. Bien sûr les mââts carbone trustent les premières places, mais au contact, la différence n'est pas très importante. Mais cette comparaison n'a que peu de sens puisque toute la flotte va adopter ce nouveau mâât carbone (seuls les retards de livraisons de mââts ont fait que des coureurs se sont présentés à la première régata de la saison équipés de mââts aluminium). Le mâât carbone permet donc la réduction de la masse du tube, donc tangage et couple de chavirage sont diminués, on note moins d'inertie dans les enfournements. La manutention et les transports sont facilités. La reproductibilité ou la possibilité de reproduire fidèlement un mâât et ses caractéristiques mécaniques semble plus assurée et plus sûre qu'avec l'aluminium. On note des avantages certains en termes de tenue à la fatigue et à l'oxydation. Les caractéristiques dynamiques du mâât sont améliorées (nervosité, temps de réponse, auto régulation). La conception de chaque mâât bénéficie des méthodes de dimensionnement numérique incontournables dans le calcul des pièces structurales. La technologie moule fermée, pré-imprégnés à 120 degrés cuits à l'autoclave avec 6 bars de pression permet d'optimiser les caractéristiques mécaniques des stratifiés carbone-époxy. Chaque mâât est contrôlé en cours de fabrication et il est accompagné à la livraison d'une fiche de mesure statique en flexion longitudinale et latérale.

Mais le matériau carbone-époxy avant mise en œuvre est accessible à un coût environ 10 fois supérieur à celui des alliages classiques aluminium d'extrusion avant transformation.

Conclusion :

Ainsi la classe Tornado oscille entre une attitude «protectionniste» pour assurer l'égalité utopique entre équipage devant le matériel et une ouverture contrôlée sur les nouveautés. L'avenir nous dira si ce complexe équilibre a été trouvé et permet la diffusion de la classe et surtout le maintien de son statut olympique à l'horizon de 2008 pour 2012. En effet, l'enjeu de la classe peut se situer à ce niveau. Pour les coureurs, l'enjeu se situe ailleurs : il se situe au niveau de la gestion de projet et de la détermination des priorités de travail. La composante technologique, malgré les efforts pour en limiter l'importance par la jauge restera partie intégrante du projet des équipages de Tornado. Chez les Français Guichard/Guyader et Revil/Espagnon, elle est une dimension du projet parfaitement intégrée : objectifs et dates butoirs des essais sont programmés et suivis. Elle appartient aux équipages qui se sont entourés de personnes leur apportant la capacité de chercher,

concevoir, mettre au point, des produits voiles (avec la voilerie incidence), dérives, lattes avec Héol composite etc.... Les équipages cherchent à optimiser tous les aspects : passage à des câbles de hauban en dyform en 3 mm plutôt qu'en 3,8 mm (gain de poids et diminution du fardage), optimisation des bouts (choix des fibres optimisées pour une diminution du poids sec et humide et une meilleure adaptation à la charge de travail) etc.

Ces équipages, membres de l'Équipe de France disposent d'un budget grâce à la FFV pour permettre ces développements.

La culture est importante : l'héritage de la série Tornado et la fréquentation de certains milieux comme le 60 pieds est très formatrice sur cet aspect. Le côté « no limit » des projets 60 pieds permet des investigations dans des secteurs méconnus de la voile olympique. Le développement des fibres dans leur utilisation cordage a remis au goût du jour un vieux métier celui de gréeur, c'est dans le milieu 60 pieds que ces gréeurs : Chien Noir, ou Blew Stoub se sont épanouis et le retour sur la série Tornado n'a pas entraîné. Comme quoi le mixage des cultures est toujours intéressant !!!

