

Multicoques réflexions et perspectives



Le multicoque a connu et connaît un développement important de l'école de voile à la coupe de l'Amérique : les parkings des clubs sont majoritairement composés de multicoques et les offres de pratique sont très variées : stages, cours particuliers, locations... L'offre fédérale en matière de compétition est également très variée : Classe A, Dart 18, Hobie Cat 16, SL15,5, SL16, Formule 18, Intersérie catamaran : one design class (la majorité) ou développement class (une minorité) courant en « classe » ou en intersérie dans le cadre de la SCHRS¹: il y en a pour tous les goûts. Les circuits professionnels se sont mis en place avec les extrême series en Extreme 40 , en décision 35 ; le tour de France à la voile a élu le trimaran Diam 24 et les circuits en GC32 et Flying Phantom se développent...le GC32 remplaçant même l' « antique » Extrem40 !!! La coupe en adoptant le multicoque : AC 45 et 72 puis 62 le temps d'un dessin pour finalement se fixer sur un AC48 a imprimé de réelles avancées technologiques et développé la Youth AC45 america's cup. La Little Cup en Classe C n'est pas en reste également : le laboratoire de vol qu'il est devenu le rend encore plus attractif. Ainsi une génération de nouveaux multicoques se sont vus pousser des ailes et volent tels : le flying phantom, le nacra20...L'olympisme est aussi dans la danse avec le retour du multicoque à son programme depuis 2013 pour les jeux de RIO 2016 et après :2020 confirmé. Le Nacra17, support olympique remarqué et spectaculaire, mais « juste skimming » à peine réinstallé, évolue déjà vers une version Full Foiling dès 2020².

L'évolution technologique, avec les « skimming » et « flying » ou « full foiling » boat (les bateaux semi volant ou volant), marque une transition importante dans le paysage du multicoque. Pour autant les « archimédiens » ne disparaissent pas de la planète multicoques : diam 24 pour le tour de France à la voile, belle santé de la F18 : 180 inscrits de 5 continents au Mondial F18 2015 à Kiel. Hobie cat 16, Dart 18...restent également des valeurs sûres.

Enfin, l'évolution vers le full foiling n'est en rien l'apanage des multicoques : dériveurs, planches à voiles, kite ont eux aussi effectués leur « révolution » et volent depuis longtemps...Les moths présentent d'ailleurs des solutions techniques tout à fait originales. Les IMOCA également voient de drôles d'appendices leur pousser, les versant dans la gamme des skimming...

Les bateaux qui volent, ce n'est pas demain c'est déjà aujourd'hui !

¹ **SCHRS small catamaran handicap rating system** The ISAF Small Catamaran Handicap Rating System, SCHRS, evolved over a number of years, initially from a basic rating system used in the USA from the 1960's, which the French Federation de Voile modified to become what was known in Europe as the French Catamaran Rating System in the eighties. The French have always been one of driving forces in Racing Catamarans, and they included a method of rating foils in their system. Around 1990 the then IYRU decided that as the World Authority, they should have their own system for Rating Small Catamarans. A Working Party was formed, and they examined various options. The main contenders at the time were the FFV System the Dutch Texel Rating System, which was another measurement based system, and which evolved in the early eighties as a result of a need to deal with the escalating number of entrants in the annual Round Texel Race. Both systems produce rating numbers which are remarkably close in many cases, but at the time it was thought that the ability to rate foils was important and the system chosen for what is now the ISAF SCHRS evolved from the French Rating System. The 2014 amended numbers follow extensive discussion with other handicapping authorities, and contain direct input from the UK, Australia, France and Holland. Comments on anomalies and performance have been received from many other countries.

² Projet en cours : l'ISAF ayant autorisé Nacra à étudier techniquement et financièrement l'évolution du nacra17 de skimming à full foiling lors du november meeting de l'ISAF 1995.

L'évolution actuelle du multicoque et la « classification » qui en découle s'organise désormais de la façon suivante :

« J'espère qu'en l'an 2000, avait prédit Georges Lennox Watson³ lors d'une conférence sur le progrès en 1881, nous ne nous soucierons plus de naviguer dans un élément aussi inerte que l'eau » Ainsi Watson avait-il défini en 1881 le bateau de l'an 2000...

-Les archimédiens :

majorité des bateaux actuels avec ou sans dérives : du Tyka au Tornado en passant par HC16, SL16, Viper, F18...



Eureka ! Archimède se baigne et se sent léger, alors que Newton reçoit une pomme qui lui fait voir 36 étoiles. La poussée d'Archimède s'oppose à la gravitation, cette force est donc aussi verticale mais orientée vers le haut. Elle agit sur le volume immergé du voilier : la carène. Le centre de carène, où s'applique cette poussée correspond au centre de gravité de ce volume, au centre de gravité du trou dans l'eau que fait la coque...

Pour aller vraiment vite, un bateau doit pouvoir s'extraire de l'eau, on diminue ainsi les forces de résistance, notamment les frottements qui sont évidemment beaucoup plus importants dans l'eau que dans l'air du fait d'une **densité 600 fois supérieure...**

³ Georges Lennox Watson architecte écossais.

-Les skimming :

bateaux à dérives courbes qui s'allègent mais ne volent pas : Nacra 15, Nacra 17



Skimming : Small catamarans are increasingly using lift generating foils to enhance performance. Curved daggerboards on classes such as the Nacra 17 are used to make the boats skim over the surface in certain wave and weather conditions. These are penalised under SCHRS in two ways - first the daggerboards are measured around the curve which is a longer measurement resulting in a bigger penalty. And secondly we have introduced a "lift generating foil" penalty of 3%. There is no penalty for winglets on rudders.

Cette approche vise un gain de performance sans sacrifier à la polyvalence. Les foils sont courbes de manière à générer simultanément portance et force anti dérive nécessaire. La portance soulage le bateau mais ne le fait pas décoller : elle peut, mais il ne faut pas en l'absence de plan porteur arrière ! Le but est d'aller le plus vite possible sans décoller totalement, dans un ensemble de conditions en s'affranchissant au maximum des frottements qui représentent la majorité de la résistance hydrodynamique et fixent la limite du potentiel de vitesse de ces catamarans. Les voiles des skimming : GV, Foc, Spinnaker sont des voiles identiques aux archimédiens en forme et en volume. Skimmings et archimédiens utilisent également des Spinnakers : la caractéristique des spinnakers, pour la SCHRS, est que la largeur à mi-hauteur du spi doit être égale ou supérieure à 75% de la longueur de la bordure⁴. (Selon la jauge SCHRS : $SMG \geq 75\% SF$).

⁴ Selon la jauge SCHRS : $SMG \geq 75\% SF$

-Les full foiling ou flying boat :

bateaux qui volent Flying Phantom ,Nacra 20, classe A⁵



Full foiling: Following the 2013 America's cup there is rapid development of full foiling in the small catamaran community, with the hulls being lifted clear of the water for significant periods. The position is being monitored closely, but to date SCHRS has little hard data on the performance improvement. For the 2014 season boats designed for full foiling will have their main boards measured round all curves and in addition the "lift generating foil" penalty will be increased to 7%. The resulting ratings are provisional ratings, and race organisers may choose to rate foilers apart.

Le compromis, né des évolutions de la 34eme coupe de l'america : foil en L et en V a évolué vers une configuration intermédiaire : un compromis entre performance et stabilité de vol. C'est cette configuration qui a été adoptée par les classe C de Little Cup ou les flying phantom. Pour d'autres catamarans, leur jauge plus restrictive : comme celle du classe A qui impose que foils/dérives soient impérativement insérés par le dessus des coques les géométries en V ou en L sont prohibées : pour ces bateaux, les foils utilisés sont plus proches d'une forme de C, ils permettent de sustenter le bateau mais rendent le vol beaucoup plus technique et complexe à maîtriser.

Foil en L et foil en V :⁶

Sur un foil en L, lorsque le bateau accélère, la portance augmente et l'ensemble sort de l'eau progressivement. lorsque la partie horizontale du foil atteint la surface, il se produit une chute soudaine et violente de la portance. C'est pourquoi, l'incidence du foil doit s'adapter à la vitesse, de façon à maintenir une altitude aussi constante que possible. Si cette régulation est possible, la forme en L est avantageuse car elle offre un minimum de trainée à portance et force anti dérive équivalentes. En inclinant latéralement un foil en L, on aboutit à une géométrie qui se rapproche du V. lorsque le bateau accélère, le foil sort progressivement de l'eau, mais cette fois ci, l'extrémité du foil perce la surface. La surface active du foil décroît d'autant, réduisant la portance mais aussi la force anti dérive. La force anti dérive diminuant, la dérive augmente, ce qui modifie l'incidence des filets d'eau. L'extrémité du foil travaille alors avec un angle d'incidence réduit, voire négatif si la dérive augmente beaucoup. Et si cette incidence diminue ou s'inverse, il en va de même pour la portance : voici comment s'établit une régulation automatique et passive de l'altitude en vol. Notons cependant que l'orientation des plans porteurs en V produit des forces dont certaines composantes s'opposent, créant ainsi plus de trainée pour une portance et force anti dérive donnée.

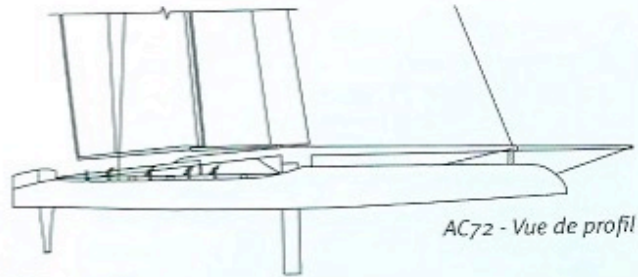
⁵ développement class » ou bateaux dont la jauge est une jauge à restriction (open class rule) et non monotype (closed class rule: les évolutions sont les plus rapidement adoptées, permettant à ces classes de rester modernes et en phase avec les évolutions technologiques.

⁶ Charles Bertrand comment marchent les voiliers

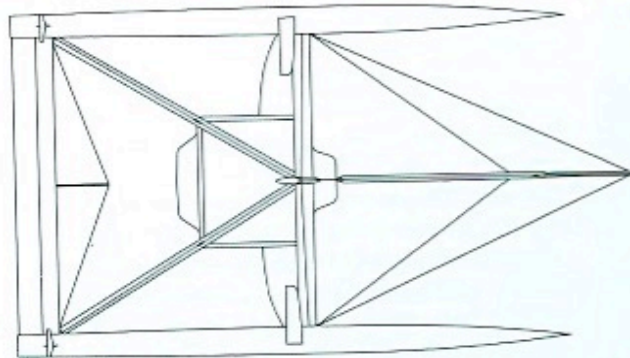
Schéma explicatif des différents profils de foil

► Machine à voler

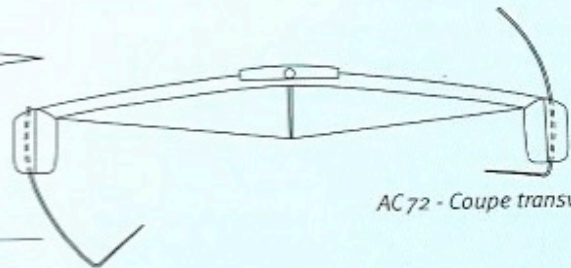
De profil, de dessus et de face, l'architecture type d'un catamaran de la Coupe de l'America lors de la 34^e édition courue à San Francisco.



AC72 - Vue de profil



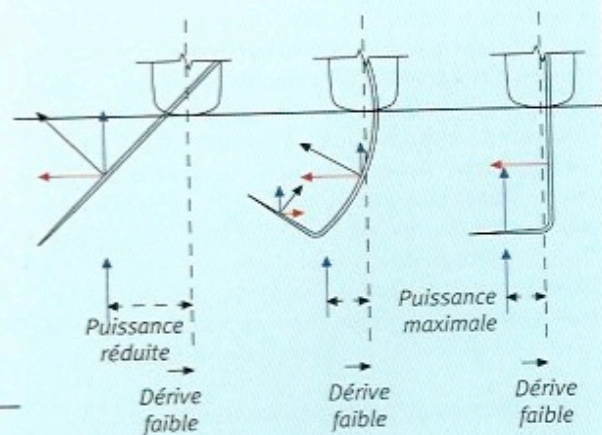
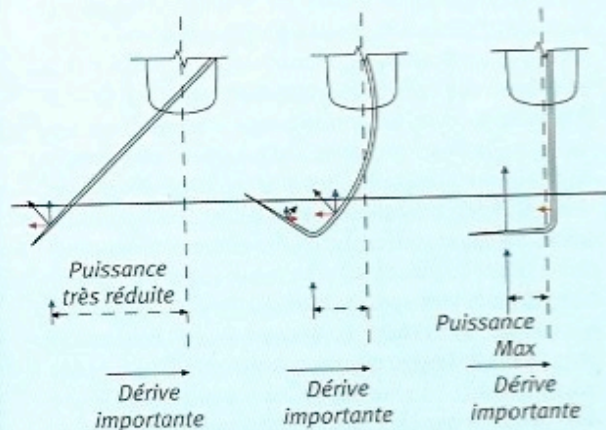
AC72 - Vue de dessus



AC72 - Coupe transversale

▼ Les différents profils de foils

La supériorité absolue du foil en L simple (à droite) apparaît clairement lorsque le bateau vole au-dessus de l'eau : la poussée verticale est bien plus proche de l'axe de la coque, et elle agit par conséquent avec un bras de levier supérieur. Le foil en L courbé ou L incliné (au centre) a pour avantage sa capacité d'auto-régulation. Le rendement du foil droit est nettement moindre. Le foil en V (à gauche) est le plus auto-régulant, le foil en L ne l'est pas, le L incliné est un compromis qui fonctionne.



in : Charles Bertrand « comment marchent les voiliers »p67



Le Screecher :

La particularité des flying boat réside également dans le fait de porter un screecher en lieu et place d'un spinnaker : A screecher is : « a sail that combines the features of a spinnaker and a reacher. Its similarity with a spinnaker is that it is not attached to a stay along its luff, and typically has a slightly larger curvature than a genoa. Luff shape and tension is maintained by the halyard and a bolt rope which is woven into the sail itself. The similarity with a genoa is that the clews usually overlap the mast. » Le screecher des FB (flying boat) est donc une voile d'avant et de portant, très plate, portée sur un bout dehors, et dont la largeur à mi hauteur est bien inférieure au 75% de la longueur de la bordure donc radicalement différent des spinnakers portés par les archimédiens et les skimmings. Un vent apparent plus fort et plus sur l'avant, des contraintes différentes : donc au delà de la forme et du volume, des tissus différents assez éloignés des classiques nylon et polyester utilisés pour les archimédiens , en terme de caractéristiques mécaniques sont désormais requis pour les screechers.



Mais revenons sur 10 années d'évolution des formes de coque, qui ont préfiguré de leur côté cette évolution vers le full foiling.

En effet, la formule 18 par exemple, a connu une « révolution » en matière de forme de coque⁷ : les bateaux ont radicalement changé en 10 ans⁸(1998 à 2010) Charles Bertrand l'a magnifiquement illustré dans « *comment marchent les voiliers* » *Voiles et Voiliers. Comprendre.*

⁷ comme beaucoup d'autres multicoques d'ailleurs : les étraves inversées et autres évolutions ne sont pas réservées au F18 !

Gérer le risque d'enfoncement :

Hormis le risque de chavirage, le point faible des multicoques est leur exposition à l'enfoncement. Les mouvements parasites affectant la stabilité longitudinale d'un monocoque sont largement amplifiés sur un multicoque. En effet, les coques étroites avec des entrées d'eau fines n'offrent que peu de résistance à l'enfoncement. De son côté, le grément souvent généreusement dimensionné pour exploiter la puissance de la plate forme génère une force propulsive avec un couple piqueur important et des mouvements de tangage dûs à son poids non négligeable. Au portant sur les multicoques de sport, lorsque la gîte ne représente plus de danger, la limite vient souvent de l'enfoncement d floteur sous le vent. Il importe donc à la conception des coques de placer suffisamment de volume dans les étraves afin de retarder au maximum cet enfoncement. Mais comme on l'a vu précédemment, augmenter le volume aux extrémités revient également à augmenter les mouvements parasites et notamment la fréquence de tangage, éléments pénalisant pour les performances comme pour le confort.

Les étraves inversées

Le développement récent des étraves inversées a permis de réduire le tangage en gardant le volume là où il est le plus efficace pour éviter l'enfoncement, tout en améliorant les performances hydrodynamiques, avec une longueur à la flottaison maximale. Soumise à un couple piqueur, une étrave volumineuse va s'enfoncer en partie dans la vague avant de se cabrer dans un mouvement sec lié à la poussée d'archimède sur le volume important de l'étrave, amorçant ainsi le mouvement de tangage. De son côté, l'étrave inversée, en plaçant le volume là où il est le plus efficace, permet de contenir l'enfoncement sans exposer un volume trop important à la poussée d'archimède. La réaction est donc moins violente. Avec son pont plus fin voire saillant, l'étrave ressort plus facilement de l'eau. Dans la pratique, le floteur traverse mieux les vagues plutôt que de se cabrer pour les franchir. Il en résulte une réduction importante des mouvements parasites. Initialement introduites comme des extensions, des élancements, sur des unités non contraintes par leur longueur, ces étraves se sont démocratisées pour devenir la norme y compris sur les multicoques conçus pour une jauge avec une longueur restreinte. Tout le dessin de la carène s'en trouve alors affecté avec une approche différente de la distribution des volumes.

Une aptitude récente au planning

Ces étraves inversées ne sont pas les seuls développements observés récemment sur les multicoques de sport. Puisque les frottements représentent la majorité de leur résistance hydrodynamique et fixent la limite de leur potentiel de vitesse, les multis cherchent désormais à planer eux aussi à la surface de l'eau. Cette évolution est frappante si l'on observe deux formule 18 à succès dus aux mêmes créateurs à environ dix ans d'intervalle : le cirrus F18 et le cirrus R.

Cirrus F18 : une assiette cabrée et une surface mouillée réduite

Lancée à l'aube des années 2000, la première version est en quelque sorte l'ultime évolution de l'ancien concept. Elle présente beaucoup de volume dans la moitié avant des coques, avec au contraire peu de volume sur l'arrière, avec des profils de carène très bananés sur le dernier tiers. Cette distribution du volume vise à pouvoir naviguer avec une assiette cabrée dans la brise, pour tirer le maximum du potentiel de vitesse du bateau en retardant l'enfoncement. La largeur des floteurs est

⁸ Evolution que, malheureusement, la classe internationale F18 et la commission catamaran de la FFVoile absorbée par la commission voile légère de la FFVoile ont ignoré. Lourd de conséquences puisque les ratings catamaran FFV resteront inchangés tout au long de cette évolution technologique pourtant radicale et du côté de l'association internationale F18 la radicalisation des évolutions rendra obsolète trop rapidement une partie de la flotte et induira une envolée des prix sans aucune réaction d'une classe sous influence des constructeurs. La gouvernance de ces institutions est bien évidemment en question. Face à cette période de jachère en terme d'évolution des ratings, les tentatives pour faire évoluer les ratings : proposition JC Rouves, P Neiras, F Bellet, en 2009 auprès du département voile légère seront sans effet. Fort heureusement JC Rouves deviendra chairman de la SCHRS auprès de l'ISAF et les ratings catamaran subiront la remise à niveau qui s'imposait.

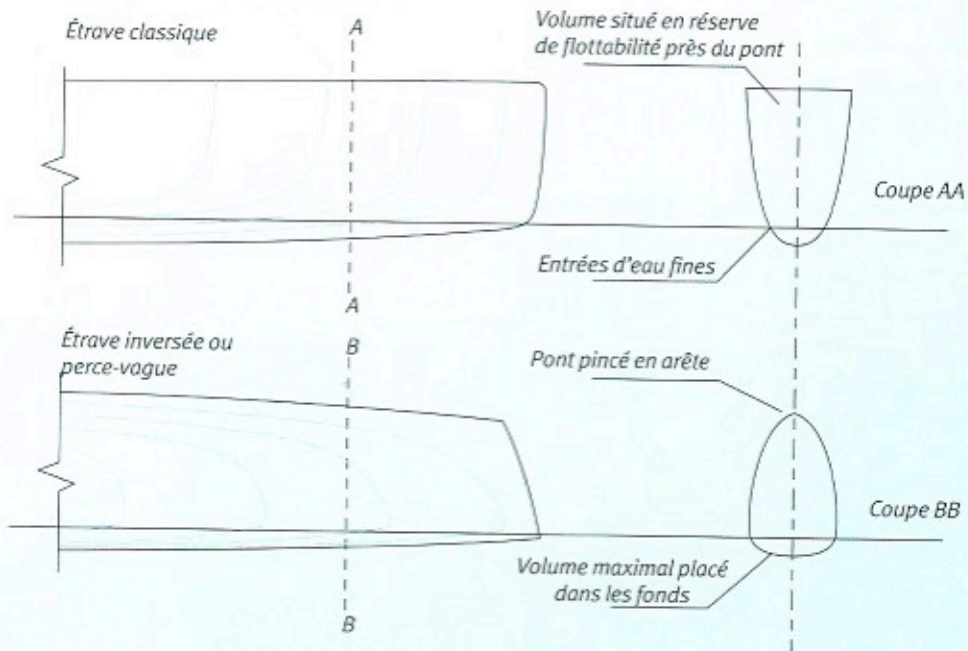
modérée, avec des flancs hauts et verticaux. Le volume immergé adopte des sections arrondies pour réduire la surface mouillée et maintenir l'évolutivité du bateau dans toutes les conditions. Lorsque le catamaran navigue sur une coque, le brion de l'étrave sous le vent est clairement immergé. L'équipage est au milieu du bateau lorsqu'il navigue au près, plus reculé au portant.

Cirrus R : des sections plates et des lignes arrières tendues

Le cirrus R lancé en 2010, présente quant à lui une largeur importante du maître bau jusqu'au tableau arrière, et des sections très plates afin de créer un maximum de portance dynamique. Les lignes arrières sont très tendues avec même une inflexion notable de la ligne de quille au niveau de la poutre arrière pour des performances maximum à haute vitesse au planning. Dans cette version, c'est l'avant des flotteurs qui est très banané, avec une étrave nettement au dessus de la surface pour rendre le bateau tolérant et évolutif. En navigation sur une coque le brion de l'étrave sous le vent est souvent hors de l'eau, et l'équipage est reculé, même au près. L'assiette du bateau a complètement changé, les volumes de carène ont accompagné ce changement dans la philosophie de conception. Le volume est maintenant placé de façon à permettre aux flotteurs de planer à la surface et non plus pour limiter l'enfournement en mode archimédien.

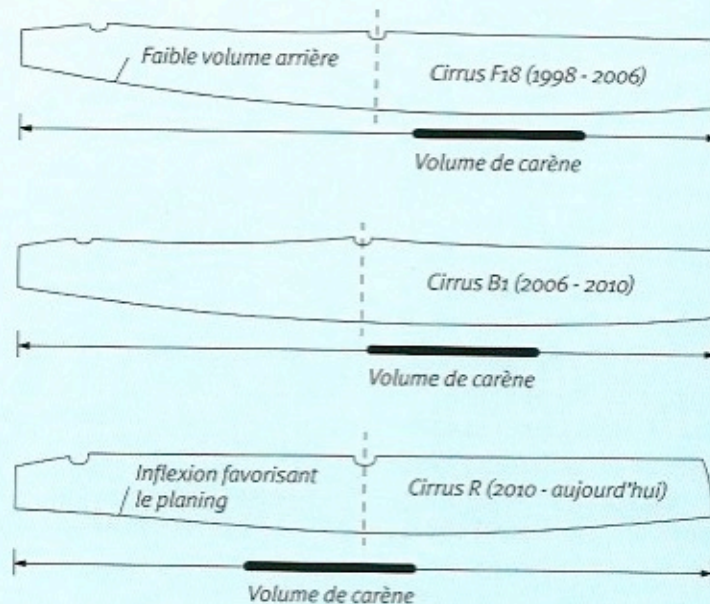
► **Évolution des formes avant**

Classiquement les étraves présentaient un franc-bord important, pour retarder l'enfournement. Les étraves inversées placent leur volume beaucoup plus bas.



► **Une décennie de changements**

Du Cirrus F18 lancé en 1998 au Cirrus R imaginé douze ans plus tard par les mêmes concepteurs, les coques se sont bananées et les volumes de carène ont reculé. Sorti dans l'intervalle, le Cirrus B1 dessinait déjà cette tendance.



in : Charles Bertrand « comment marchent les voiliers »p55