

ÉVOLUTION de l'ARCHITECTURE NAVALE en COURSE au LARGE durant le 20^{ème} siècle et les années de transition au début du 21^{ème}



Remerciements

Patrice Carpentier, pour son œil de marin et de journaliste.

Etienne Billiet et Jean-Claude Merlivat, pour leurs relectures et commentaires.

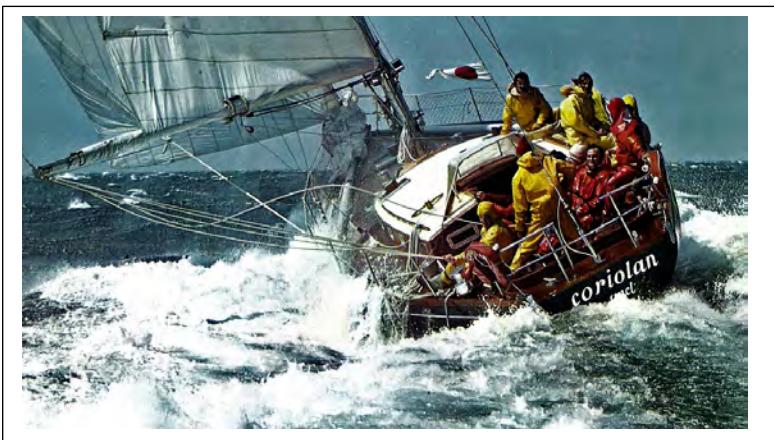
Yannick Abgrall, Gilles Vaton, architectes, avec qui j'ai beaucoup échangé.

Claude Charbonnier, pour son expérience dans le domaine aéronautique.

Robert Lainé, amateur de Quarter-Ton et avec qui j'écris des communications.

Hubert Schaff, plaisancier et aussi métallurgiste émérite.

SOMMAIRE



1. Introduction

**La régate se met à rêver d'océans.
Un début à tout... mais d'abord outre Atlantique...**

2. Le début

**Acte 1 : *Jolie Brise* gagne le Fastnet.
Acte 2 : Un conservatisme des lignes s'installe.
Acte 3 : 15 jours avant la Ww2, le départ du Fastnet est donné.**

3. La Jauge initiée en 1931 par le RORC s'impose

**Acte 4 : 1947, Laurent Giles bouscule les habitudes avec *Myth of Malham*.
Acte 5 : Mais d'abord, partager la gouvernance de la règle de jauge.
Acte 6 : Une très lente évolution radicale des carènes se dessine.
Acte 7 : En 1957, la construction classique reste très implantée.
Acte 8 : L'architecture par l'homothétie.
Acte 9 : Les années 60 voient la notion de stabilité réapparaître.
Acte 10 : Les Classe 3 RORC.
Acte 11 : *Rabbit* pointe ses oreilles.**

4. Le début de l'architecture IOR

**Acte 12 : De la jauge RORC à l'IOR (1971).
Acte 13 : La jauge IOR s'installe.
Acte 14 : Et pourtant l'idée de s'intéresser à la stabilité était excellente.
Acte 15 : En 1973 la course au large s'attaque au tour du monde.
Acte 16 : Le vainqueur de la 1^{ère} Whitbread vs un IMOCA année 2000.
Acte 17 : La transition entre la Jauge RORC et l'IOR (1965/1972).
Acte 18 : Les Ton Cup et notamment la Quarter bousculent la jauge IOR.
Acte 19 : Une génération d'architectes se lance.
Acte 20 : L'hémisphère Sud surprend.
Acte 21 : Comparaison des carènes et analyses.
Acte 22 : L'option quille relevable à la One Ton Cup de 1976 (Marseille).
Acte 23 : Un trio subversif en Nouvelle Zélande.
Acte 24 : Jean-Marie Finot théorise la vitesse des coques de bateaux.
Acte 25 : Le conservatisme impose sa loi.
Acte 26 : Une année 1977 bien remplie et innovante.
Acte 27 : L'expectative.
Acte 28 : Cette culture Anglo-Saxonne, l'Admiral's Cup.
Acte 29 : La France décroche le Graal.
Acte 30 : 1980 / 1991/92, le royaume des Maxi.**

Acte 31 : La France se lance et règne pendant 10 ans en Half-Ton.

Acte 32 : Trop c'est trop, l'IOR décline et disparaît.

Acte 33 : Changement de paradigme

Acte 34 : De nouveaux systèmes de jauge génèrent une évolution de l'architecture.

5. Les nouveaux matériaux, le numérique révolutionnent la fin du siècle.

Acte 35 : Tout au long du siècle, la technologique révolutionne la Course au Large.

6. Les performances des carènes, la stabilité de route.

Acte 36 : Sans système de jauge, les carènes se libèrent.

Acte 37 : Les carènes planantes s'installent.

Acte 38 : Le premier Vendée-Globe (1989).

Après l'évènement « Ph. Poupon », en seulement 3 éditions, la stabilité des bateaux se dégrade.

Acte 39 : L'augmentation de la puissance, et son corolaire la vitesse rendent les bateaux instables et fragiles.

Acte 40 : Quand le vent ne suffit plus pour atteindre l'angle de chavirage, l'énergie cinétique prend le relai.

Acte 41 : Les appendices au cœur du problème.

Acte 42 : La quête permanente de plus de vitesse et la sécurité

7. Clap de fin

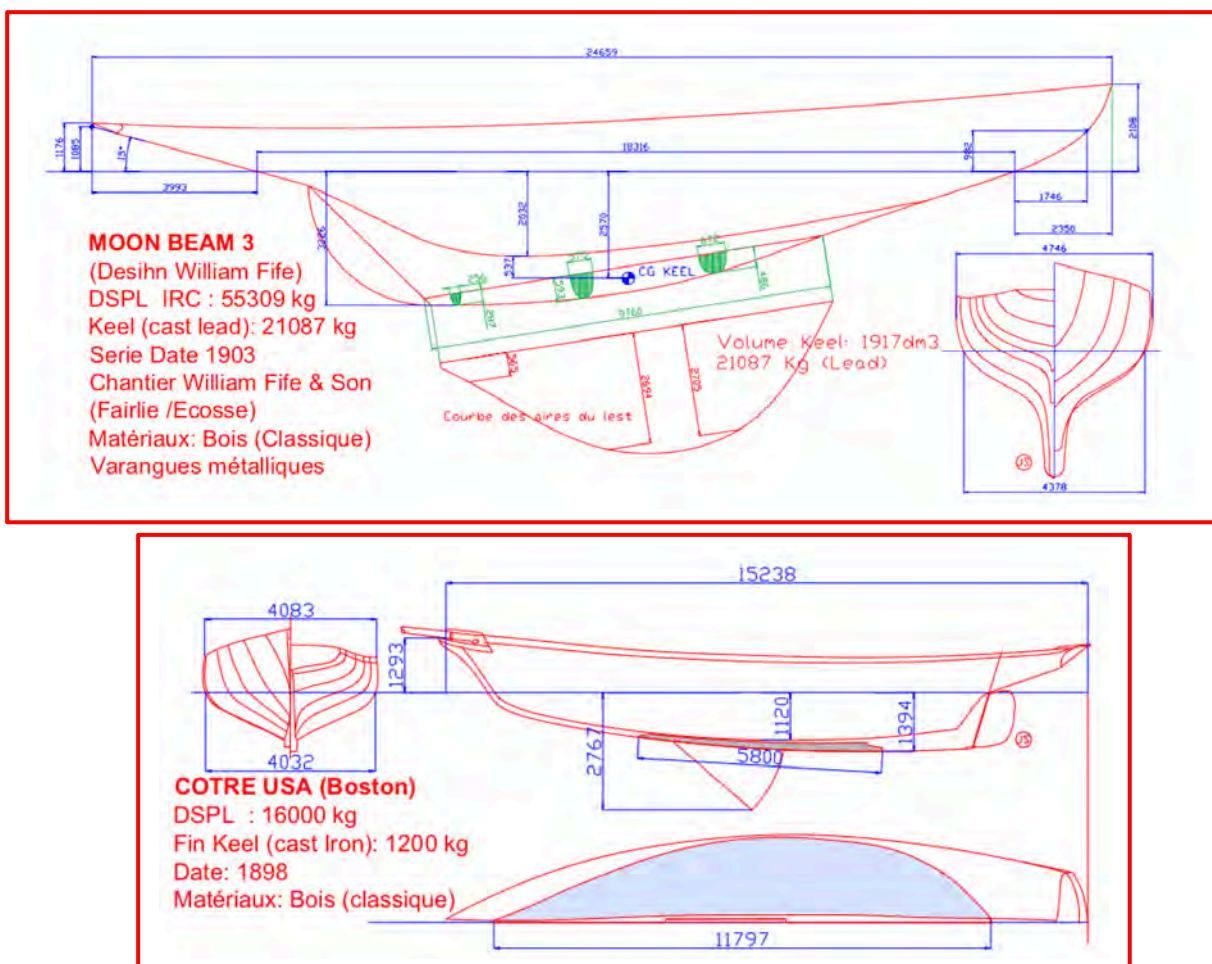
Introduction

La régate se met à rêver d'océans.

Pour évoquer l'architecture des voiliers offshores qui ont marqué ce siècle, il faut d'abord planter le décor.

En effet, au début de 20^{ème} siècle, les régates, bien qu'elles existent depuis un peu plus de 50 ans, se limitent à des navigations diurnes dans l'environnement côtier.

Certes, il existe de grands bateaux 60, 80 pieds dessinés pour la jauge métrique (qui restera très longtemps la base de l'America's Cup) et conceptuellement sous influence de l'école architecturale anglo-saxonne (stabilité de poids) à dominante Britannique.



Pour autant, une autre architecture basée sur la stabilité de forme se développe, dès 1870 aux USA, mais ce concept ne parvient pas à percer en Europe.

Toutefois, globalement, ces modèles d'architectures, comme la tendance sociétale de l'époque ne sont pas imaginés pour aller régater au-delà de l'horizon.

Un début à tout... mais d'abord outre Atlantique...

La toute première idée de course offshore ressemble beaucoup à une provocation contre l'establishment. En 1906, il paraît insensé que des marins amateurs participent à des courses au large avec des bateaux de moins de 80 pieds. Thomas Fleming Day, rédacteur en chef du magazine *The Rudder*, ne partage pas cet avis.

Convaincu qu'une course en haute mer était possible, Day crée la *Bermuda Race* entre New York et les Bermudes (660 milles).

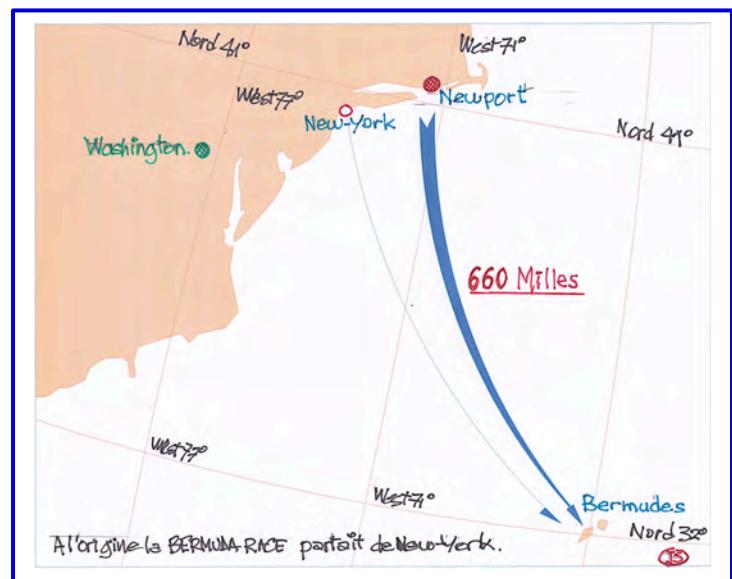
Avec un parallèle risqué, je rappelle qu'à la même époque (1903) un Français lance le *Tour de France à vélo*, ce qui vu l'état des routes et la technicité des vélos était quelque peu hasardeux.

Mais pour revenir à la *Bermuda Race*, les critiques prédisent un désastre.

Trois bateaux, tous de moins de 40 pieds se présentent sur la ligne de départ lors de la première édition de 1906. Seulement deux bateaux termineront aux Bermudes. Le vainqueur, le yawl de 38 pieds *Tammerlane*, est skipper par Thomas Fleming Day.

Le plus petit bateau (avec une équipière à bord) est un 28 pieds, qui reste d'ailleurs le plus petit bateau de l'histoire de la *Bermuda Race*.

The Rudder lance deux autres éditions avant 1914 en 1907 et 1908.



Après la première guerre mondiale (WW1), la course redémarre en 1923 sous la direction du *Cruising Club of America* (CCA) et du *Royal Bermuda Yacht Club*. 22 concurrents sont inscrits. En 1936, le départ se déplace à Newport, plus approprié à l'étiquette Yachting.

Parallèlement, en Europe, ou plutôt au Royaume-Uni, la course *Cowes-Dinard* est lancée (Le Trophée a été offert au Club Nautique de la Rance par le roi Édouard VII). Elle ne devient un événement officiel du club (CN Rance) qu'en 1935.

Le CCA et le RORC se partagent alors l'Atlantique

L'aventure de la Bermuda Race relancée en 1923 traverse alors l'Atlantique et initie la première course du Fastnet en 1925, ce qui attire des propriétaires plus ou moins fortunés, anciens officiers de marine pour beaucoup et hommes totalement désintéressés. L'aventure peut alors commencer.

Au début des années 20, l'Europe et le monde se trouvent encore sous le choc dantesque engendré par la 1ère Guerre (Ww1). Des technologies nouvelles, comme l'automobile et surtout l'aviation, se sont développées. Beaucoup des hommes jeunes qui avaient échappé à la tuerie se lancent après l'armistice dans une course aux découvertes, aux records. Durant quatre années de puissantes armadas s'affrontent dans une guerre maritime techniquement démesurée. Une guerre de courses avec des voiliers armés et motorisés et, chose toute nouvelle, une guerre sous-marine apparaît. N'appelait-on pas une « campagne en mer » pour un sous-marin, une croisière ! La dureté des conditions de navigation et de vie, entre autres sur les sous-marins, les risques d'être coulés qu'ils encourrent, amènent alors ces « rescapés » à penser qu'ils ne risquent plus rien... Certains recherchent alors un nouvel équilibre dans la régate en haute mer.

Après la création du CCA en 1922 à Maskells Harbour (USA) et à l'issue de l'édition inaugurale de la course du Fastnet (625 milles), ouverte à tous les bateaux¹, se tient le dîner d'arrivée au Royal Western Yacht Club de Plymouth. Au cours de ce dîner, à l'initiative du journaliste Joseph Weston Martyr, qui a participé à la Bermuda race (1906), le RORC est créé. Son premier Commodore, le Lieutenant Commander E G Martin OBE, RNVR n'est autre que le propriétaire du bateau vainqueur du premier Fastnet *Jolie Brise*.

Remarquons que le choix du nom du club (RORC) n'est pas dénué de signification : si le mot Royal est présent, ce qui est logique, la juxtaposition de Ocean et de Racing exprime bien le but de ce club qui veut s'identifier comme une charnière et une référence dans l'histoire. Cette volonté existe toujours quelques 100 ans après sa création.

Après la guerre, lors de la reprise de la Bermuda Race, 23 voiliers s'alignent sur la ligne de départ. Tous, goélette, ketch, etc, sont équipés d'un gréement aurique (grand-voile avec un pic et une voile de flèche par beau temps). La

¹ Il y aura 7 participants

Bermuda Race se dispute de nouveau en 1924, 1926, 1928 et 1930, pour ensuite se courir en alternance tous les deux ans avec le Fastnet (année impaire).

Mais l'idée de régater en Offshore apparait simultanément dans les pays Nordiques.

Ainsi, la Suède crée en 1937 la Gotland Round Race² entre Sandhamn (Près de Stockholm) et l'Île de Gotland (soit environ 600 milles de parcours en zigzag). En fait, cette course prend la succession d'une régate moins ambitieuse née au début des années 1920.

Appelée Visby Yacht Race, elle rassemble alors des grands yachts, 8 MJI, 10MJI, 15MJI... Ce système de jauge permet de régater en temps réel dans chacune des classes. Cette jauge possède quand même le défaut d'imposer une forme d'architecture des carènes très orientée vers la stabilité de poids.

D'autres Courses Offshore s'implantent par la suite.

Ce sera, en 1945, Sydney Hobart, première régate offshore dans l'hémisphère sud.

Puis en 1952 la Giraglia entre Toulon, la Corse et Gènes.

En 1975, La Société Nautique de Saint-Malo lance le Triangle Atlantique entre Saint-Malo, Rio et Le Cap.

Ensuite, en 1983, la Middle Sea Race au départ de Malte contourne la Sicile pour revenir à Malte.

Quand la course Offshore s'attaque à tous les océans du globe.

L'idée lancée en 1968, du Golden Globe Challenge nait à l'initiative de Francis Chichester avec l'aide du journal britannique The Sunday Times. Il n'y a pas réellement de régate puisque les concurrents peuvent partir entre le 1er Juin et le 31 octobre. Seules les contraintes de partir d'un port situé au-dessus du 40° Nord et de franchir les 3 caps en laissant l'Antarctique à tribord sont imposées. Cette initiative représente uniquement le défi pour les concurrents de réaliser un tour du monde sans escale.

Robin Knox-Johnston³ en sera le vainqueur et l'unique concurrent, sur les 9 ayant pris le départ, qui bouclera ce tour du monde.

² Pen Duick 3 gagne cette course en 1967 (Classe 1 RORC)

³ Bernard Moitessier réalisera le même parcours, mais à sa façon. Loïk Fougeron abandonnera au 2/3 du parcours suite à des problèmes techniques, mais aucun bateau ne rencontre des problèmes de stabilité.

En 1973, la course Offshore se lance dans le tour du monde en 4 étapes. Ce sera l'évènement majeur du 20^{ème} siècle. L'entreprise est loin d'être évidente, car si la descente puis la remontée de l'Océan Atlantique représentent des territoires relativement connus des marins, c'est moins évident pour l'Indien (6 000 milles) et le Pacifique sud (4 000 milles), surtout avec les moyens de 1973 en matière de repérage et les prévisions météorologiques, propres à ces latitudes sud.

On peut toutefois se dire que la boucle est bouclée. La course au large existe.

Où les mots ont leur importance.

Mais en 1906, la régate change de paradigme. Elle quitte les repères sur la côte pour s'attaquer l'horizon, avec comme seuls outils le sextant, pour peu qu'il n'y ait pas de nuages et que les mouvements du bateau ne soient pas trop violents.

Les types et les architectures des bateaux évoluent alors au fil des années. Il faudra attendre la fin du siècle pour voir apparaître des bateaux monotypes offshore.

Sous-jacent, le concept d'aventure est puissant puisque les équipages naviguent sur des bateaux relativement petits pour affronter un environnement qui est réputé comme pouvant être très hostile.

Il est intéressant de noter que si cette notion de voyage dans l'inconnu est compréhensible dans le premier quart du 20^{ème} siècle, elle se reproduit lors des étapes dans l'océan Indien et l'océan Pacifique lors de la première course autour du monde en 1973.

Au début, le classement apparaît comme secondaire devant l'exploit de terminer la course. Donc, si régater paraît comme une excellente idée, le classement des bateaux entre eux s'avère très vite comme le problème à résoudre.

Tous les participants comprennent que l'on ne peut pas se satisfaire de l'ordre d'arrivée en temps réel.

Le décor de la course au large se trouve en place. Reste à mettre au point la technique de classement qui devient la base des choix architecturaux des bateaux.

L'équation étant :

Parcours + Conditions MTO et Mer + Dessin des carènes et du plan de voilure = Performances

Au lancement de la Bermuda Race et du Fastnet, une pléthore de formules de jauge existe (en Europe ou aux USA) depuis la naissance du yachting à voile dans les années 1835. Toutefois, ces tentatives pour trouver la formule de handicap idéale ne permettent pas de résoudre le problème du classement de bateaux de différentes architectures (longueur, déplacement, surface de voiles, etc...).

Deux écoles s'opposent : une, d'influence Anglaise, qui pense qu'une formule dérivée de celles de William Froude ou Dixon Kemp résout le problème, et l'autre, sous l'influence américaine par Nathanaël Herreshoff, propose que le déplacement du voilier soit associé à L (longueur à la flottaison) et S (surface de voilure) dans les formules de jauge. Cette dernière approche aboutit à la création de l'Universal Rule.

Cette approche de l'introduction du déplacement est nouvelle. Certes il y a déjà eu cinquante ans auparavant une jauge au tonnage (au déplacement pour les Américains), mais lorsque Herreshoff parle d'introduire le déplacement, cela ne signifie pas qu'il envisage de créer une énième jauge centrée sur le tonnage ou au déplacement, mais qu'il souhaite que le facteur D (déplacement) soit pris en compte et lié mathématiquement avec les autres paramètres L et S.

De ces déductions et analyses, nait en 1925 une première formule qui appliquera ces bases. Après une évolution à la marge en 1928, la version de 1931 deviendra pour les 90 années à venir la Jauge Rorc :

$$MR = 0.15 * ((L * \text{Racine de } S) / \text{Racine (B * D)}) + 0.2 * L + 0.2 * \text{Racine}(S).$$

L'objectif d'une formule de jauge est de réaliser un classement entre des bateaux de longueur et d'architecture différentes. La méthode est la suivante :

- a) Pour chaque bateau, on calcule le MR (measured rating) en fonction des particularités de chaque bateau. Le MR exprime le potentiel de vitesse du bateau. Il s'exprime en « pieds » et représente une expression de la longueur à la flottaison dynamique.
- b) Une formule générale transforme ce MR (« Measured Rating ») calculé sur les dimensions du bateau et des voiles et exprimé en « pieds » ou « mètres ») en TCC (time Corrected irC) sous la forme d'un nombre compris entre 0,65 et 2,1 environ. Le TCC croit avec le MR.
- c) Après la régate, le comité de course multiplie chaque temps de course réel par le TCC propre au bateau et réalise le classement à partir du temps compensé ainsi obtenu.

Soit par exemple : Temps réel 18H 20' 30'' = 66030 secondes, TCC=1.065
Temps compensé = $66030 * 1.065 = 70321,9$ secondes.

Cette jauge règne de 1931, sous le nom de jauge Rorc, jusqu'en 1971. Puis elle sert de base technique, avec celle du CCA⁴, à l'écriture de la jauge IOR⁵ (1971-1991), pour être ensuite reprise en 1983 pour la construction du CHS⁶.

Cette formule adaptée aux évolutions des architectures, constitue toujours la base de l'IRC qui a succédé en 2001 au CHS.

Alors que la jauge CCA n'est utilisée qu'aux USA, la jauge Rorc s'étend progressivement au monde entier (Europe, Australie, etc) à l'image de la puissance impériale de la Grande-Bretagne de l'époque d'avant la Ww2. Elle fait figure en 1931 de première jauge moderne offshore et ambitionne de donner un handicap à chaque bateau afin qu'il puisse régater en « open water ». Les bateaux concernés appartiennent à un large éventail de tailles (au sens de volume) et de longueurs.

Le génie de la jauge Rorc, et il en faut pour exister depuis presque un siècle, tient dans son approche. Ses concepteurs ont sûrement étudié tout l'historique des jauge pour finalement se rendre compte que le problème d'une jauge ne se situe pas exclusivement dans l'appréciation du volume, des formes et de la voilure des bateaux, mais aussi et surtout dans les interdépendances entre le bateau et les éléments dans lesquels il évolue.

Ces éléments sont au nombre de deux, à savoir :

- La mer
- Les conditions météorologiques générales des courses.

Où les dessins des carènes suivent l'évolution des techniques.

Durant la première moitié du 20^{ème} siècle, le bois, l'acier, la fonte, l'aluminium avec parcimonie, le bronze et quelques matériaux composites comme la bakélite, le cuir, le coton représentent les matériaux utilisés dans la construction des yachts.

⁴ CCA: Cruising Club of America

⁵ IOR: International Offshore Rule

⁶ CHS : Channel Handicap System créé par le Rorc et l'UNCL en 1983

Il faudra attendre la grande révolution des matériaux issue de la Ww2 pour commencer à voir évoluer les dessins des bateaux.

Mais ce n'est qu'après 1955/1960 que ces nouveaux matériaux deviennent réellement accessibles, que les chantiers, comme les architectes s'adaptent à leurs utilisations. Ils bouleversent alors la construction, comme les formes des carènes, et contribuent à la disparition de la construction classique basée sur les bordés jointifs. D'autres technologies, comme l'utilisation des alliages d'aluminium, s'implantent. Pendant près de deux décennies, l'alliage d'aluminium devient le matériau incontournable pour la course au large. Les composites monolithiques ou sandwich en stratifié verre ou autres fibres à hautes limites élastiques supplantent alors l'aluminium. Nous reviendrons sur ce thème au cours de cette présentation.

Toutefois, malgré le faible niveau des performances technologiques des matériaux disponibles dans cette première moitié du siècle, les ingénieurs, les architectes et les chantiers optimisent au maximum l'utilisation des matériaux disponibles. On passe, par exemple, de la construction intégrale en bois à des constructions composites bois/fer, bois/acier, bois/aluminium, à l'image des pratiques utilisées en aviation.

Mais il n'y eut pas que des bateaux de jauge.

En 1960, Le Royal Western (Plymouth) lance l'idée d'une course transatlantique en solitaire entre Plymouth (GB) et Newport (USA). Cette idée innove par rapport aux régates de yachts en équipage.

Le terme « Open » n'existe pas encore dans le vocabulaire, cette Transat Anglaise (l'acronyme étant OSTAR) relève en fait uniquement du défi un Homme/un Bateau/un Océan, lancé par Blondie Hasler⁷, ex-commando de marine durant la Ww2 (Raid sur Bordeaux en kayak). La course « Open » se caractérise par la particularité de classer les bateaux uniquement en temps réel, donc sans utilisation d'une formule de jauge, donc à priori sans contraintes architecturales.

L'édition de 1960 reste très confidentielle. La victoire d'Éric Tabarly en 1964 change la donne.

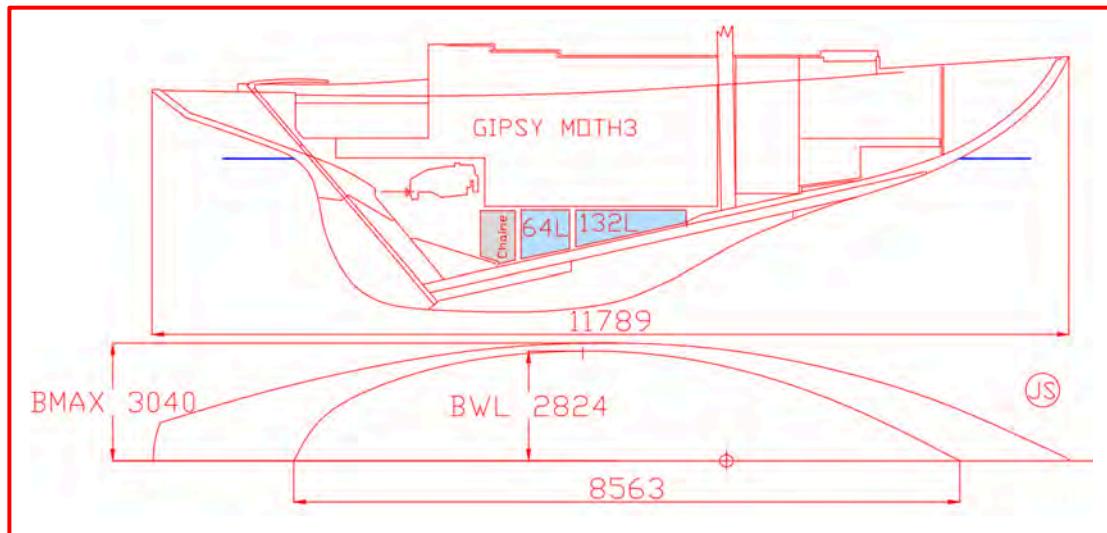
La tendance de l'architecture navale de cette époque privilégie la navigation au près par des dessins de monocoques à fort déplacement et à quille longue. On pense que les plans antidérive longs augmentent la stabilité de route

⁷ Blondie Hasler fut l'un des 2 seuls survivants du Commando de Kayakistes (5 kayaks) qui coule quatre navires allemands à Bordeaux en 1942. Il termine second à la première Transat en solitaire, Il est décédé en 1987.

et permettent de naviguer barre amarrée ou en utilisant une sorte de pilote automatique, qui se révèle être en réalité un conservateur d'allure rudimentaire entièrement mécanique et vérique.

C'est d'ailleurs un voilier de ce type Gipsy Moth 3 skippé par Chichester et dessiné par Robert Clark en 1959 qui gagne en 1960.

LH 11.79m, Bau 3.04m, LWL 7.32m, TE 1.95m, DSPL 8000 kg. (Bois classique)



En 1964, pour la 2^{ème} édition, un inconnu⁸, Éric Tabarly, passionné par ce défi, analyse rationnellement la situation (parcours, règles de course). Il esquisse le dessin d'un voilier relativement long pour l'époque, à faible déplacement, moyennement voilé et à gréement fractionné (Ketch).

Éric Tabarly choisit de construire le bateau en contreplaqué marine qui offre plusieurs avantages : facilité de mise en œuvre, rapport poids de coque/lest intéressant, prix abordable.

Éric Tabarly innove aussi en utilisant un conservateur d'allure (aujourd'hui on ne parle que de pilote automatique), développé par un ingénieur de l'aéronautique qui utilise le principe des volets de bord de fuite sur les voilures d'avion. N'oublions pas qu'Éric Tabarly est officier dans l'Aéronavale.

Dans les années qui suivent la victoire d'Éric Tabarly, les navigateurs français se passionnent alors pour cette course dans l'Atlantique Nord au milieu du mois de juin, peut-être beaucoup par ce qu'un Français laisse, en 1964, les Anglais à la 2^{ème} place...

⁸ Inconnu du public en 1964, mais il régate beaucoup en Bretagne et participe déjà aux Courses du RORC.

La presse grand public s'empare de l'événement, alors qu'en temps normal les régates, hormis la Coupe America naissante (reprise en 1958) ne font jamais la une, ni même quelques lignes en page intérieure.

La consécration publique vient au Salon Nautique de janvier 1965 (au CNIT : image du savoir-faire architectural français... Ne sommes-nous pas dans le cycle Gaullien) lorsque le Général de Gaulle se fait présenter Éric Tabarly (en uniforme), Jean Lacombe (« Marin Cinéaste »), pour ses participations à la Transat Atlantique de 60 et de 64 et Alain Maupas (pour ses victoires durant l'année dans les courses anglaises du RORC) ...

Un vent d'anarchie règne alors. Anarchie car ces courses nommées « Open », n'utilisent aucune règle de jauge. Seul le RIPAM (Ce règlement international pour prévenir les abordages en mer) reste la règle de course sans aucune autre limite.

Le format des courses en solitaire ou en double plait à la presse spécialisée et généraliste.

Ce vent de liberté dure une vingtaine d'années, favorise l'expérimentation de nombreuses techniques, de nouveaux matériaux, de dessins de carènes non contraints par les règles d'une jauge.

Le paradoxe est que cette liberté se délite progressivement (et insidieusement) vers des classes de bateaux qui imposeront des prescriptions de plus en plus contraignantes.

Et si le fond du problème n'était pas uniquement la quête de vitesse en monocoque ?

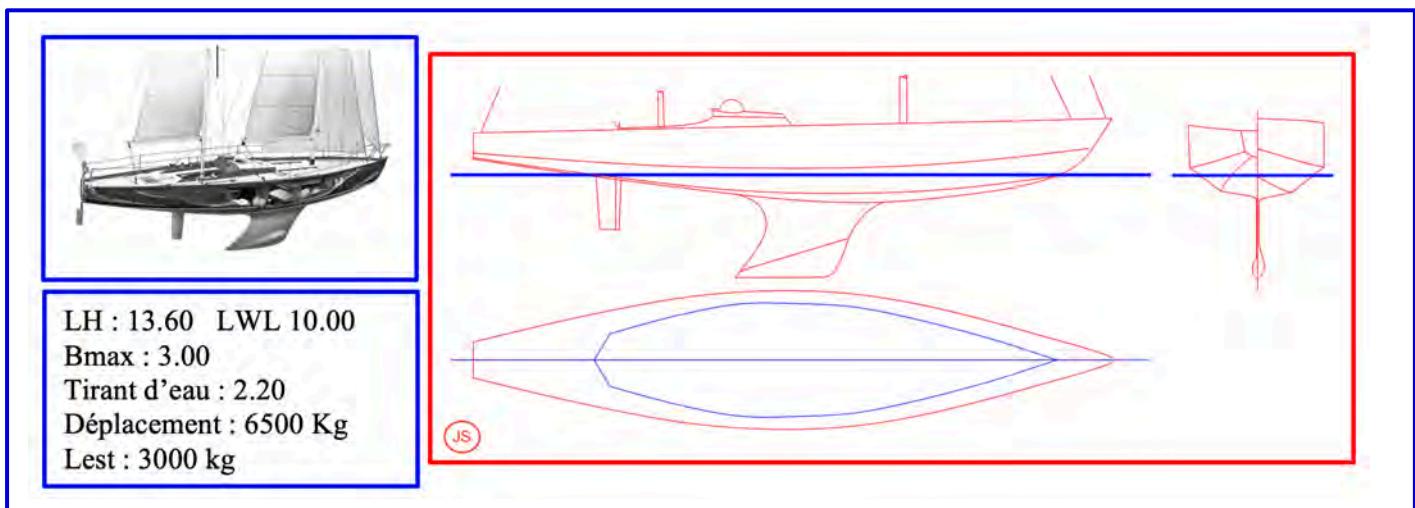
Rapidement après la victoire de Tabarly dans l'OSTAR en 1964, la presse spécialisée dissèque techniquement le projet du binôme Tabarly/*Pen Duick 2*. Ces analyses et les contenus techniques donnent rapidement des idées à de nouveaux skippers bien décidés à passer à la vitesse supérieure.

Pour gagner la Transat, la synthèse paraît simple en apparence : il faut un bateau performant au près dans la brise⁹, équilibré et possédant de bonnes qualités dans les vents faibles pour la fin de la course ... En somme, un *Pen Duick 2* ... En plus grand.

Tous ces raisonnements ne font que calquer, en l'améliorant, *Pen Duick 2*.

⁹ La route la plus courte (orthodromique) passe très haut en latitude, donc sur la trajectoire des dépressions et de fait des vents contraires.

De son côté, le vainqueur de l'OSTAR tire d'autres enseignements de sa course. Si un monocoque du type de *Pen Duick 2* représente à l'époque le bateau optimum (en solitaire sans pilote électrique) pour le passage des fronts des dépressions, il manque de vitesse et de réactivité entre les dépressions. Son potentiel de vitesse apparaît aussi relativement faible dans les petits airs que l'on rencontre à partir de Terre Neuve.



Augmenter la longueur améliore quelque peu ses performances mais ne résout pas, loin de là, tous les problèmes. De plus, une augmentation de la voilure devient complexe à gérer pour un homme seul, tout comme l'équilibre en navigation.

Les 3 multicoques (2 catamarans et 1 trimaran de 40', 35' et 30') amarrés dans le bassin de Plymouth en juin 1964, avant le départ de la Transat, éveillent l'intérêt et la curiosité d'Éric Tabarly.

Bien qu'ils finissent 7^{ème}, 11^{ème} et 13^{ème}, le premier étant quand même à plus de 10 jours de *Pen Duick 2*, Tabarly reste intrigué.

Malgré ces résultats, Éric Tabarly pense que l'avenir n'est pas dans une évolution du monocoque mais dans un multicoque moderne qui, malgré de moins bonnes performances au près, représente la synthèse la plus proche du voilier idéal en termes de performances globales pour une course océanique.

Pour autant le problème reste entier. Tout est à faire et à concevoir, car l'engin n'existe pas.

Quelques mois plus tard, un convoyage sur le trimaran *Toria*¹⁰ à l'invitation de son architecte, Derek Kelsall, finit de le convaincre que la voie royale et l'avenir se situe dans le multicoque type trimaran.

L'Architecture Totale

En se présentant en 1968, soit 4 ans après sa victoire, sur la ligne de départ avec *Pen Duick 4*, construit en alliage d'aluminium et équipé de grand-voiles lattées (le gréement en ketch/goélette a été conservé), Éric Tabarly innove donc et ouvre réellement la voie à plus de 50 années de recherche sur les multicoques océaniques... l'aboutissement étant à ce jour la Route du Rhum en 7 jours¹¹, la traversée en solitaire de New York au cap Lizard en 5 jours¹², le tour du monde en solitaire en 57 jours à la vitesse moyenne de 19 nœuds.

Avant d'en arriver là, la route s'avère parsemée de casses, d'accidents, de drames, mais aussi de victoires et de joies.

Adopter et se lancer dans l'option multicoque est complexe scientifiquement.

Un multicoque c'est d'abord une stabilité (Moment de Redressement) liée à la position du flotteur sous le vent, son volume et le bras de levier entre le centre de carène de ce flotteur et le centre de gravité du multicoque. Ce moment de redressement pilote directement la puissance disponible, donc la surface de voilure.

Il existe deux conceptions¹³ architecturales pour un multicoque, le catamaran et le trimaran, et cela malgré une désignation identique.

Sur un catamaran, au fur et à mesure qu'il gîte (une douzaine de degrés) le déplacement du bateau (son poids) se répartit progressivement d'un appui réparti sur les 2 flotteurs (50/50) vers un glissement vers le flotteur sous le vent (100% du poids). La coque au vent effleure alors la surface de l'eau.

Dans le cas d'un trimaran, on distingue deux options architecturales :

1/Le volume du flotteur sous le vent représente environ 75% du déplacement du multicoque. Dans cette configuration, lorsque le bateau gîte et pivote sensiblement autour de l'axe de la coque centrale, il s'immerge progressivement et presque totalement au fur et à mesure que le couple de chavirage augmente.

¹⁰ « *Toria* » est un trimaran construit en sandwich polyester avec des flotteurs volumineux.

¹¹ Lionel Lemonchois sur le trimaran *Gitana XI*.

¹² Thomas Coville sur le trimaran *Sodebo*

¹³ Je ne cite pas les Praos, qui, bien que mathématiquement les plus optimisés (Ce sont des trimarans où il « manque » un flotteur et les bras de liaison associés), ne sont plus utilisables en course au large (risques importants de chavirage).

Dès que le flotteur se trouve immergé, le moment de redressement diminue. La trainée devient maximale, comme les efforts dans les bras de liaison partiellement immergés. La solution de repli consiste à diminuer la surface de voilure. On nomme cette configuration architecturale « Pacifique » en référence aux praos polynésiens.

2/L'autre architecture d'un trimaran consiste à dessiner des flotteurs dont le volume représente 115 à 125% du déplacement afin que le trimaran puisse naviguer en appui hydrostatique intégral uniquement sur ce flotteur sous le vent. La coque centrale se trouve alors à fleur d'eau. La trainée diminue. La portance de la dérive centrale est optimum et une dérive complémentaire dans le flotteur sous le vent, pour peu qu'elle soit inclinée ou courbe, produit de la portance verticale (effet de lift) qui diminue le déplacement hydrostatique.

La puissance disponible optimum (qui correspond au moment de redressement maximal) s'obtient donc avec :

- Une navigation sur le flotteur sous le vent qui encaisse 100% du déplacement de multicoque.
- Une coque centrale à fleur d'eau, soit 6 à 10° de gîte.
- Une portance verticale produite par la dérive implantée dans le flotteur sous le vent (foils). Cette portance diminue la surface mouillée ainsi que la trainée.

Si le choix de cette configuration apparaît évident dès le milieu des années 1980 avec la généralisation des trimarans, c'est encore loin d'être le cas dans les années 1970.

En effet, la réalisation de flotteurs volumineux, d'une coque centrale et des bras liaison associés à une plateforme conçue pour évoluer entièrement hors de l'eau, impose des échantillonnages conséquents pour que le trimaran résiste sans se disloquer... Cela se traduit par un devis de poids important et supérieur à celui d'un catamaran, si on souhaite rester dans les mêmes ratios poids/puissance.

L'arbitre de l'évolution technologique des multicoques, notamment le choix entre catamarans ou trimarans, se trouve dans la disponibilité et les performances mécaniques des matériaux de construction des coques, des bras, mâts et voiles.

Certes le bois moulé et le contreplaqué marine permettent de concevoir des multicoques performants (trimaran principalement). Cette voie, explorée par l'école américaine de la côte Est aux alentours de Boston (Dick Newick, Walter Green, Phil Weld, Mike Birch) trouve ses limites dès que l'on atteint 15m de long et surtout dès que l'on souhaite dessiner des multicoques puissants.

Avec sa carte de visite aéronautique, l'alliage d'aluminium apparaît pour quelques années comme le matériau incontournable des multicoques puissants de grande longueur. La faible tenue en fatigue, les faibles résistances mécaniques et la sensibilité à la corrosion galvanique des alliages d'aluminium le rende obsolète dès que les sandwichs composites apparaissent. Le Kevlar puis la fibre de carbone associé au Nomex ou à la mousse deviennent la clef de voûte des multicoques modernes.

Sans ces matériaux, jamais le multicoque n'aurait atteint le degré de développement technique qu'il a connu.

Et pourtant on souhaite aller encore plus vite

Même si la navigation (ou le vol) sur des éléments sustentateurs date du début du 20^{ème} siècle, là encore, seuls les matériaux disposant de ratios hautes valeurs mécaniques/densité performants comme notamment la fibre de carbone, permettront d'extraire les coques des monocoques et des multicoques de l'eau. Mais ce sera l'aventure du début du 21^{ème} siècle.

Cependant si le vol océanique des multicoques (là encore des trimarans) à foils paraît possible, la transposition sur un monocoque reste beaucoup plus complexe. En effet le monocoque volant doit faire face aux lois de la stabilité lorsqu'il retrouve son état archimédien d'origine.

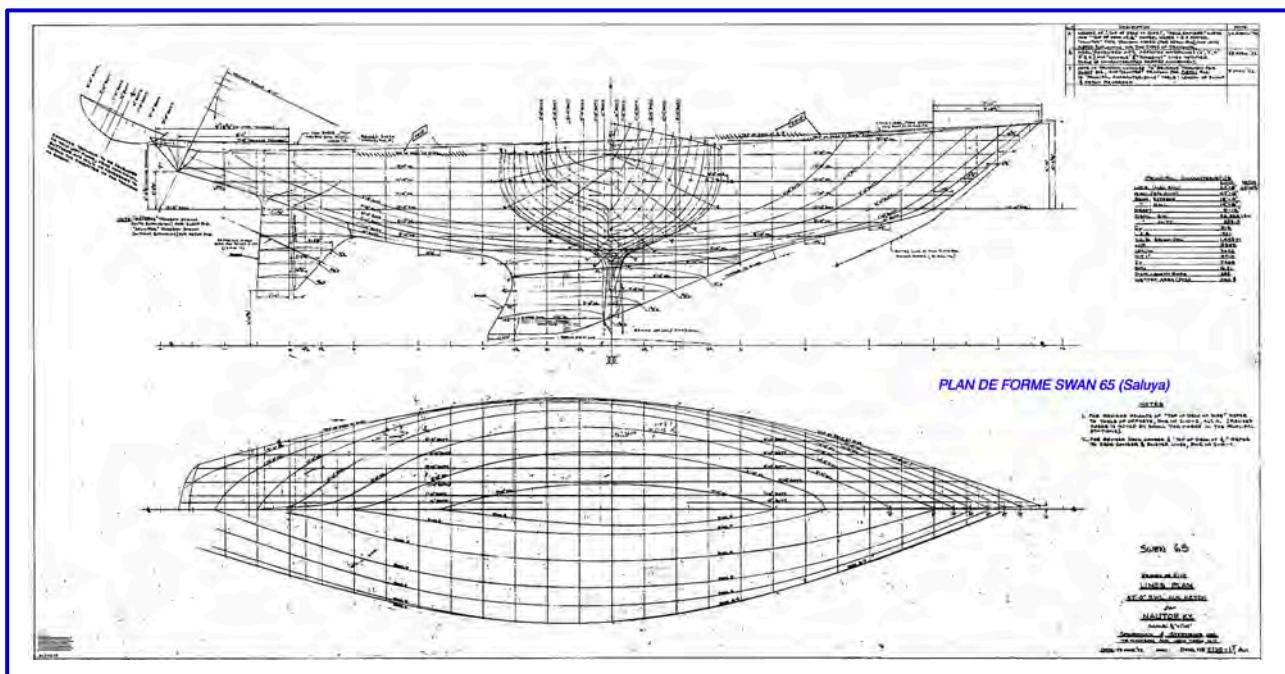
Ces lois hydrostatiques imposent des conceptions des carènes (coque, lest, etc...) antinomiques avec les paramètres nécessaires au vol (poids minimal).

Finalement ...

Le décor paraît maintenant en place, en fait presque en place, car un véritable séisme se déclenche à partir de années 1970, avec l'intrusion des technologies du numérique (informatique entre autres).

En 1980, beaucoup de cabinets d'architectes dessinent les bateaux de course au large avec un crayon, des lattes souples, des plombs pour bloquer la déformation des lattes, un planimètre pour mesurer les surfaces, une règle à calcul et une machine à calculer électromécanique ou même entièrement mécanique.

Toute cette pratique, cet art, car l'architecture navale est un art, au sens de la personnalisation des dessins, doit figurer sur les liasses de plans.



Aujourd’hui les logiciels de CAO uniformisent les rendus des plans à quelques formats numériques DWG /IGES¹⁴ de base et des tableaux Excel relatifs aux équipements, aux devis de poids.

Avant l’arrivée du numérique, dessiner une carène de bateau, outre le côté architectural, représente un document papier proche d’une œuvre d’art. Les architectes s’appliquent dans les moindres détails, associant traits, tracés de courbes, personnalisation des annotations et des chiffres.

Les archives de certains architectes, relatives aux 70 premières années de ce 20^{ème} siècle, rappelant cet art se vendent aujourd’hui dans les salles de vente comme Christie’s ou Drouot.

Mais, progressivement, les architectes se convertissent du langage en deux dimensions (2D) utilisé pour définir la forme volumique de la carène, du safran, de la quille à la visualisation directe en perspective, compréhensible immédiatement par l’œil, qu’il appartienne à l’homme de l’art ou à un client potentiel. La conception en trois dimensions (3D) devient alors immédiate.

Durant les 30 dernières années du siècle, les moyens de calculs, d’optimisation, de simulation se décuplent et permettent d’explorer des espaces jusqu’alors inconnus.

Le numérique, associé aux nouveaux matériaux abordables vers les années 80, imprime un nouveau départ à l’architecture navale et notamment dans le domaine de la course océanique.

¹⁴ Il existe aussi des formats « volumiques » exploitables sur Catia, SolidWorks, Etc...

On comprend alors que les crayons (fussent-ils la souris de l'ordinateur) s'expriment en toute liberté, pour peu qu'ils soient dans les mains d'architectes géniaux.

Les chapitres à suivre, analyseront ces évolutions.

Mais il faut se souvenir de la remarque de notre professeur de construction et de calculs mécaniques lors des cours de dessins industriels au lycée technique (avec son accent du Sud-Ouest et son béret basque) : « Messieurs, n'oubliez jamais que depuis que le train sur rails existe, on installe toujours la locomotive devant, et si les vitesses augmentent au fil des années, le génie en revient d'abord au nouveaux matériaux inventés et disponibles ».

LE DÉBUT

Acte 1 : *Jolie Brise* gagne le Fastnet

La régate n'est pas à un paradoxe près. Le premier bateau qui se fait remarquer et qui entre dans la légende est un navire de travail à voile du Havre racheté par un britannique à la compagnie des Pilotes du Havre. On est alors en 1925 lors du 1^{er} Fastnet (605 milles).

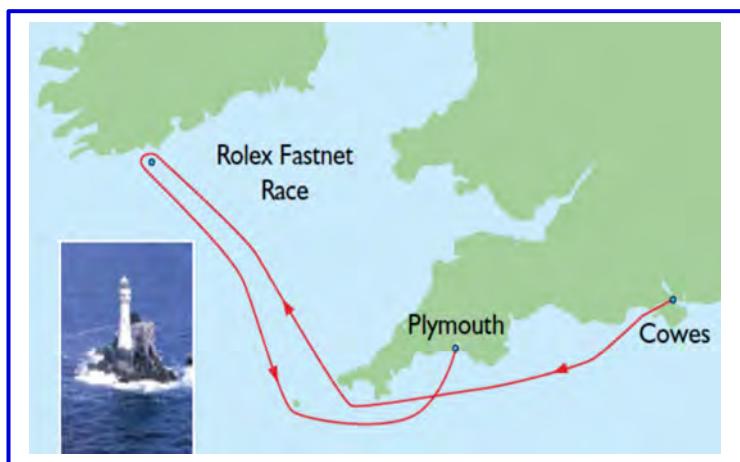
Ce cotre-pilote à voiles à corne, *Jolie Brise*, sort d'un chantier naval du Havre en 1913 pour officier comme Pilote du Port du Havre.

Le départ du premier Fastnet est donné le 15 août 1925 de Ryde (Île de Wight).

Seuls les yachts de plus de 50 pieds de longueur hors-tout, évalués selon le système de mesure de la Boat Racing Association sont autorisés à concourir.

Malgré des intentions de régater assez nombreuses, seuls 7 bateaux prennent le départ. Tous les bateaux inscrits sont des bateaux de travail, sauf un cotre vintage de 1896, nommé *Gull*.

Jolie Brise remporte ce premier Fastnet (parcours : Ryde à Plymouth, en laissant le phare de Fastnet Rock situé près la pointe ouest de l'Irlande à bâbord) en 6 jours, 14 heures et 45 minutes... (3.81 nœuds de moyenne).

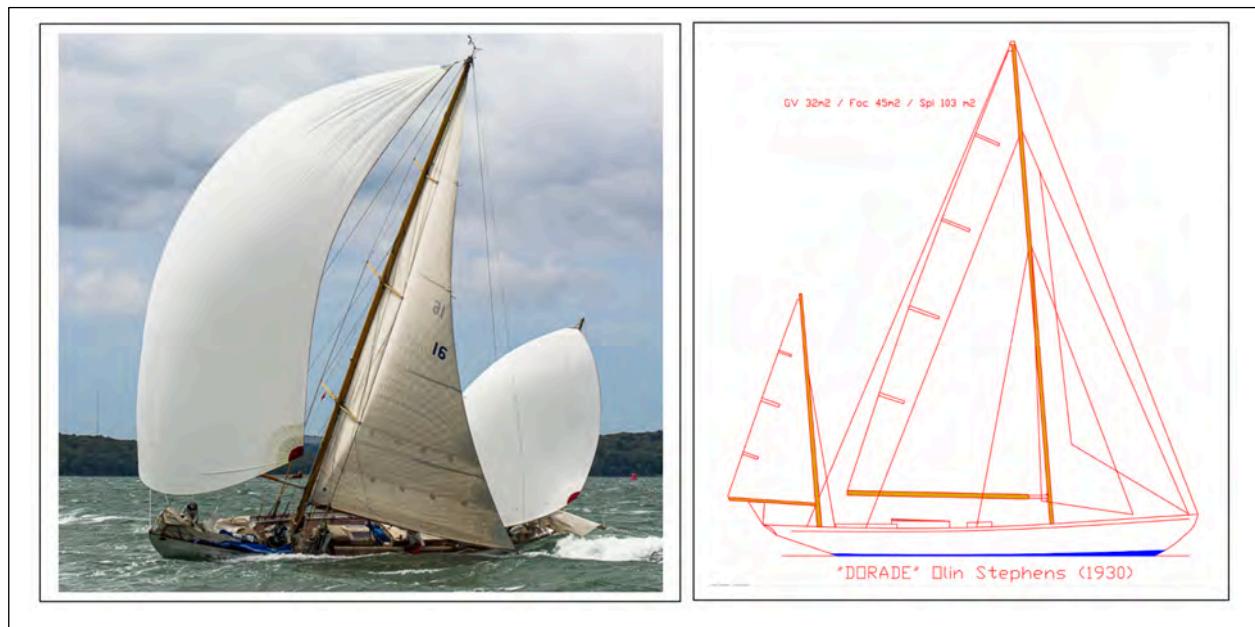


Jolie Brise avait été racheté par un citoyen Britannique. Il réitère l'exploit en 1929 et 1930 et entre ainsi dans l'histoire de la Course au large.



En l'espace de 4 à 5 années, se développe l'idée que l'on peut faire dessiner et construire des bateaux spécialement adaptés à un parcours offshore et à une règle de course (prémices d'une règle de Jauge).

L'année 1931 marque le début de la carrière architecturale d'Olin Stephens, qui âgé de 23 ans, signe sa première victoire en Offshore avec le dessin de *Dorade*.



Architecture similaire dessinée et construite par William Fife en 1926.

Hallowe'en

Bermudan Cutter

LHT (Coque) 21.7 m (24.75 m hors tout)

LWL 15.24 (50 pieds)

Bmax 4.5 m

Tirant d'eau 3.5 m

DSPL 40 T

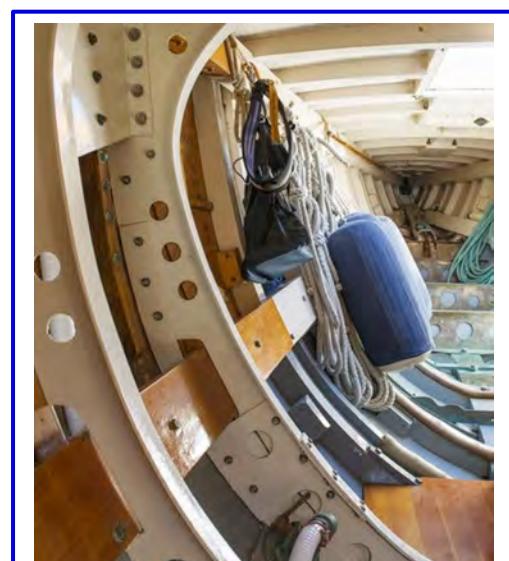
Surface voile au près 300 m²

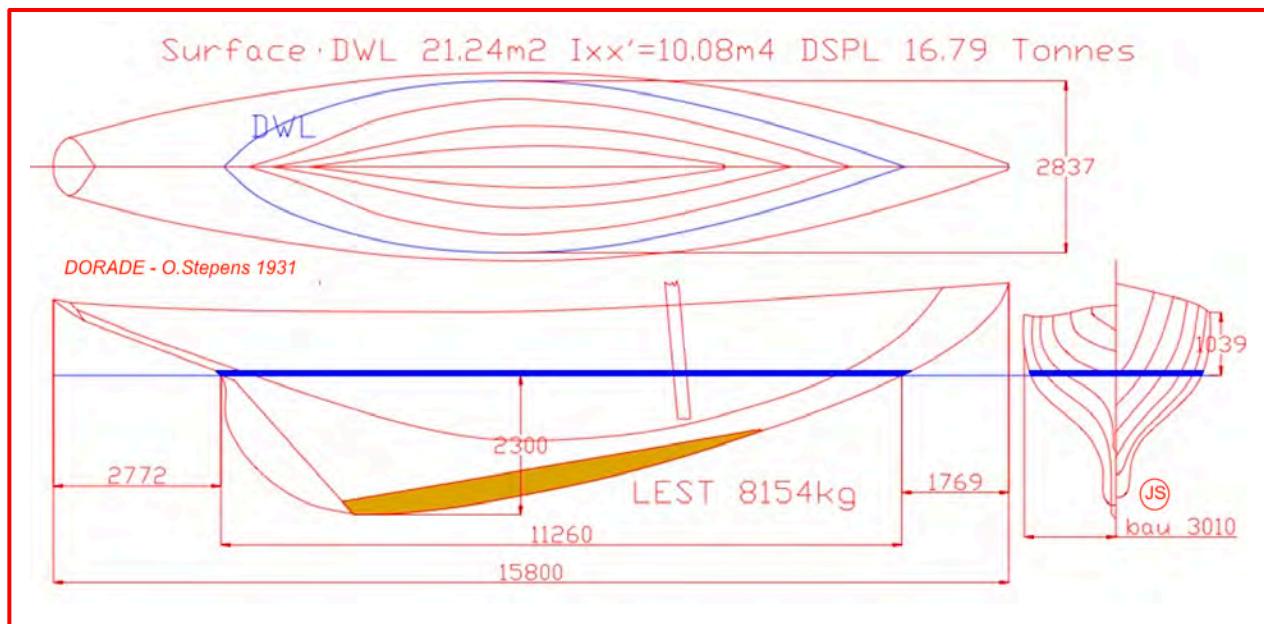


Acte 2 : Un conservatisme des lignes s'installe

Bien que l'impulsion de régater au large soit donnée, une sorte de conservatisme s'installe dans l'architecture. Il est certain que la Jauge RORC (formule de 1931) n'incite pas à de grands chamboulements architecturaux. D'autant plus que la construction des voiliers est basée sur l'assemblage de bordés en bois ployés sur des membrures et sur une pièce de quille qui englobe l'étrave et l'étambot.

Certes, les architectes introduisent assez rapidement des structures en acier ou en fer (varangues, équerre de liaison, etc...), mais, malgré ces innovations, les déplacements restent très importants (40 à 50 tonnes).





Pour donner une image, il faut attendre presque 70 années dans ce 20^{ème} siècle pour voir la mèche de safran (et donc le safran) se détacher de la pièce de quille. Et encore, pendant une période assez longue, un aileron assure la tenue de la mèche.

Timidement cet aileron devient un demi-aileron, ce qui d'ailleurs permet de compenser le safran, puis il disparait pour laisser la place à des safrans suspendus qui évoluent rapidement vers des formes hydrodynamiques de plus en plus performantes.

Jusqu'au début des années 60, l'architecture navale reste très largement influencée par les Classes métriques (6, 8, 10, 15 M JI, puis les Classes J). La reprise de la Coupe America en 1958 avec les 12 M JI confirme cette tendance. Ces 12MJI représentent dans les médias spécialisés et grand-public la quintessence du progrès des carènes.

Il est alors très difficile et hasardeux pour un architecte qui travaille sur commande d'un propriétaire de se lancer dans des dessins qui sortent de la ligne générale du moment, surtout que les bateaux sont construits à l'unité, ce qui ne favorise pas l'innovation.

Acte 3 : 15 jours avant la Ww2, le départ du Fastnet est donné.

Malgré l'ambiance mondiale, le Royal Yacht Squadron donne le départ du Fastnet (Cowes). On se trouve à 20 jours de la Ww2 et 5 bateaux allemands participent à ce Fastnet, dont deux de la Kriegsmarine



Deux bateaux français participent : *Aile Noire* et *Saint-Maël* (YCF).

Il n'existe pas beaucoup de détail sur cette édition du Fastnet gagnée en temps compensé par *Bloodhound*, un Yawl Nicholson 63 (voir ci-dessus), au dessin très classique, appartenant à un membre du Royal Yacht Squadron (RYS).

A l'époque, à partir 14/15 mètres de LHT, les architectes utilisent les gréements Yawl, qui se caractérisent par le mât d'artimon implanté en arrière de la ligne de flottaison lorsque le bateau est en assiette 0°. La raison de ce choix se trouve à la fois dans le matériau des mâts disponibles à cette époque (le Spruce) et dans la nécessité de disposer d'un plan de voilure très en arrière afin d'équilibrer l'action du centre de voilure par rapport au centre de carène à la gîte.

La construction classique impose, en effet, des plans antidérive allongés associés à des surfaces mouillées importantes. Les safrans sont alors implantés

directement sur le bord de fuite du plan anti dérive, donc peu efficaces car très proche du centre de carène et non compensés. L'équilibre à la barre s'en trouve ainsi très aléatoire, phénomène amplifié avec une surface de voiles très importante, ce qui rend ces bateaux rapidement très ardents.

Au sujet des matériaux de construction des mâts, l'aviation se réserve l'aluminium, l'acier n'est utilisable que sur les grands Class J (à cause de la masse volumique). Reste alors le bois, dont le spruce, ce qui limite mécaniquement la hauteur des mâts. Ajoutons à cela que même en coton d'Egypte, la tenue dans le temps des formes initiales des voiles est très courte. Les tissus synthétiques dont le Nylon et le Dacron n'apparaissent qu'après la Ww2.

Ce Fastnet 1939 clôt un premier tiers du siècle où la Course au Large s'est affirmée. Le 3 septembre 1939, la course au large s'esquive pour cinq années tragiques.

En 1945, deux mois après la victoire en Europe, le RORC relance Cowes-Dinard en prenant la précaution de faire précéder la flotte (cinq bateaux) par un destroyer chasseur de mines. Je rappelle que le port de Saint-Malo et la Cité Corsaire sont totalement détruits par les bombardements.

Dès 1945, les progrès en termes de repérage et d'aide à la navigation développés durant la Ww2 amènent déjà le RORC à se pencher sur l'introduction de l'électronique dans les bateaux. Cette électronique fonctionne à partir de tubes électroniques du type diode et triode, etc... Il faut attendre quelques années encore pour que le transistor entre dans la danse....

En 1950, les aides à la navigation, électronique ou radios disponibles, se limitent au Loran, au Decca, au Consol, et au Radar, mais sont loin d'être miniaturisés. Rapidement, les membres de cette commission constatent qu'il n'est pas nécessaire de légiférer. En effet, le volume de ces équipements et l'énergie nécessaire à leur fonctionnement limitent drastiquement, pour ne pas dire interdisent de fait, leur utilisation.

Le transistor permet rapidement (dès 1954) l'implantation de poste de radio récepteur dans les bateaux et aussi de capter les chaînes de 4 ou 5 radiophares ou celles du Consol mis en place par les services des états côtiers.

Cette question sur les appareils de repérage réapparaît à l'ordre du jour du RORC en 1981 lorsqu'une version du Decca miniaturisé grâce à l'emploi de micro-processeurs, produite par la Société Phillips, devient disponible sur le marché à un prix abordable.

Après une interdiction temporaire, la logique technologique s'impose irrémédiablement. Les radiophares passent à la trappe, les Sat Nav, GPS, remplacent le sextant, puis vient le tour des décodeurs météo Nagra, remplacés par les fichiers Grib...

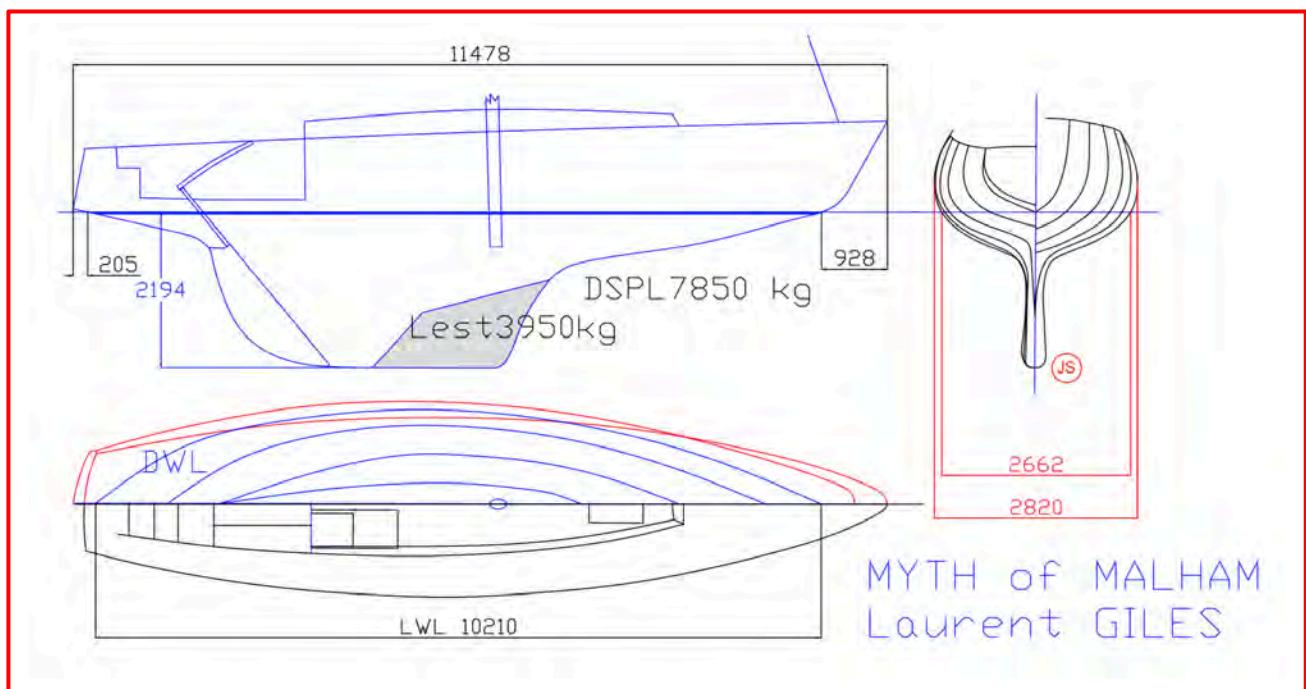
Dès 1985, des sociétés comme MacSea développent sur des ordinateurs gros comme une boîte à chaussure (Macintosh par exemple), des logiciels de navigation utilisant une cartographie numérique ... Adieu les cartes papiers, la règle Cras, le compas, le crayon et la gomme.

La jauge initiée en 1931 par le RORC s'impose

Acte 4 : 1947, Laurent Giles bouscule les habitudes avec *Myth of Malham*

John Illingworth, capitaine de la Royal Navy et régatier passionné de course au large, contacte Laurent Giles vers la fin de l'année 1947, afin qu'il lui dessine une carène *flat-out* pour le Fastnet. Elle se résume par une taille minimale dans la jauge RORC, un déplacement moyen, qualifié de léger à l'époque, un ratio déplacement/lest important, pas de roof proéminent ou de dog-house, une tonture inversée et surtout peu d'élancements avant et arrière.

Les premières esquisses de *Myth of Malham* proposées par Laurent Giles possèdent des élancements conformes à la tendance de l'époque. Sous l'impulsion (ou la pression amicale) de John Illingworth, Laurent Giles les gomme. Cela se traduit par une LWL proche de la longueur hors-tout (LHT).



Le plan de voilure met en évidence, pour l'époque, une idée très avant-gardiste d'Illingworth. En effet la jauge RORC de 1947, qui découle de celle de 1931, prend en compte uniquement 85% de la surface réelle du triangle avant et autorise un recouvrement du triangle avant (gréement en côte) de 150%.

Illingworth et Giles exploitent à leur avantage la règle de jauge du RORC, que ce soit au niveau de la voilure, ou pour la mesure du creux avant, afin d'augmenter artificiellement le déplacement de bateau.

Apparaît ainsi le début de l'exploitation d'une règle de jauge au bénéfice du propriétaire.

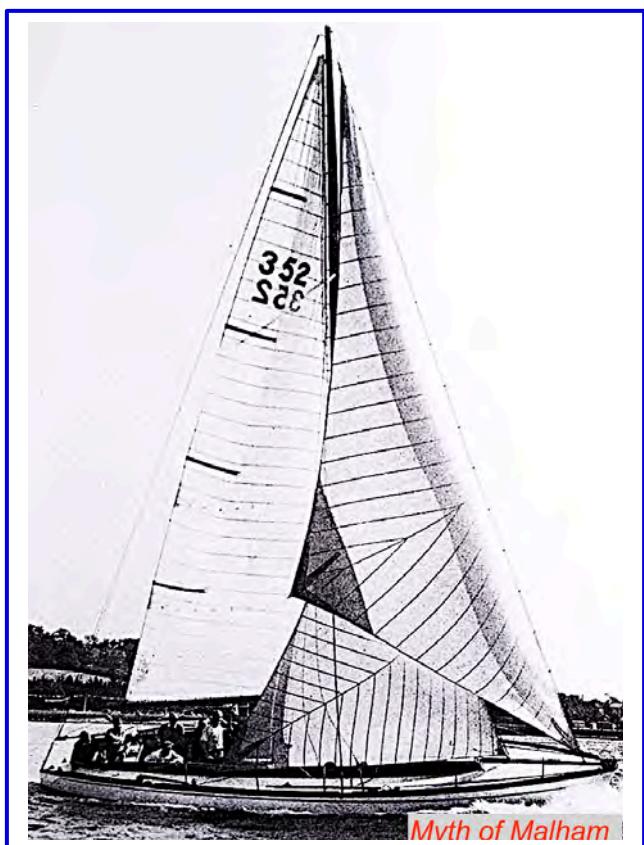
Il faut comprendre qu'en 1947, on ne pèse pas les bateaux. On obtient une approximation de leur déplacement à partir des mesures du creux avant et du creux milieu et de la longueur à la flottaison (LWL). Il faut attendre près de 40 années et la jauge CHS, reprise ensuite par l'IRC, pour que l'on pèse les bateaux grâce aux pesons électroniques.

Mais *Myth of Malham* ne se limite pas uniquement à un dessin exploitant la jauge RORC, il représente surtout un coup de génie architectural.

Il s'impose d'ailleurs sans partage sur les plans d'eau pendant plusieurs années. Il remporte entre autres le Fastnet en 1947 et en 1949 et la première Admiral's Cup en 1957.

Lors de l'OSTAR en 1968, barré par Noël Bevan il termine 8^{ème}. On aperçoit encore son étrave originale une année plus tard lors du Fastnet 1969 où il termine 35^{ème} en Classe 1. Cela représente une longévité de 22 années.

Myth of Malham, avec un déplacement de 7 850 kg pour une longueur de 11.5 m et 75 m² de voilure au près, présente un ratio (racine carrée de S)/ (racine cubique du déplacement) de 0.43 et un élancement de la grand-voile de 5,2.



Myth of Malham

Aujourd’hui, les ratios voilure/déplacement de bateaux performants en course au large sont de 0.5. À l’époque de *Myth of Malham*, le ratio moyen des voiliers de régates évoluait autour de 0.35, 0.38... Il faut bien voir que l’on parle en unités homogènes dans ces ratios, donc que 0.05 de différence dans un ratio correspond à un potentiel de vitesse possible important.

Si on ajoute la diminution du creux de coque (déplacement plus léger) qui se traduit par la concentration de la surface de coque autour du lest (bord d’attaque de la quille presque vertical) et une diminution drastique de la surface mouillée, le dessin esquisse les coques modernes à lest rapporté.



Un souffle de modernisme (pour le moment, c’est plutôt une risée) semble souffler sur les tables à dessins des architectes.

Acte 5 : Mais d’abord partager la gouvernance de la règle de jauge

Lors des 30 Glorieuses, la course au large possède qu’une seule constitution : la jauge RORC, écrite par le RORC et gérée par le RORC depuis 1925.

La jauge CCA (USA) reste très confidentielle car peu de bateaux européens traversent l’Atlantique afin d’aller régater dans les eaux US et vice-versa.

Par sa présence, le RORC, directement ou indirectement impliqué dans un très grand nombre de yachts clubs aux quatre coins du monde, Commonwealth oblige, impose sa vision de la régate offshore et aussi son « Dress Code ». Ainsi les propriétaires adoptent cette culture du « Yachting ».

Cependant la société évolue, de nouveaux propriétaires entrent dans le jeu de la course au large et bousculent le conservatisme ambiant. On constate progressivement qu’une demande de partage des décisions s’infiltre dans les esprits et que cette sorte d’hégémonie du RORC pèse de plus en plus.

Déjà dans les années 1930, après la décision de coupler l’agenda de la Bermuda Race et du Fastnet (les deux épreuves sont désormais alternées), le CCA

(Crusing Club America) et le RORC, se lancent dans une consultation afin d'étudier les possibilités d'une harmonisation des systèmes de jauge CCA et RORC.

Dans ce but, un meeting se tient à Londres en 1931 (Olin Stephens qui a dessiné *Dorade*, vainqueur du Fastnet, est présent). Aucun accord ne se dégage de cette réunion. Les structures et l'histoire des deux pays (GB et USA) restent, malgré leur langue commune, trop éloignées pour qu'un consensus s'établisse et qu'un accord voit le jour.

La Grande-Bretagne possède en 1931 une tradition très centralisatrice, au sens où, lorsqu'une règle est agréée, elle s'applique à tous, à condition que ses promoteurs soient politiquement reconnus et surtout sujets de Sa Majesté.

Les USA représentent l'opposé de cette structure. La structure fédérale des USA interdit, de fait, toute reconnaissance d'une autorité centralisatrice d'où émanerait une règle de fonctionnement. Le pouvoir autoritaire du CCA paraît ainsi très réduit. Même après l'écriture de la formule de jauge CCA Rule, les yachts clubs des différents États de la Côte Est ou Ouest et des Grands Lacs l'adaptent comme leur semble à leurs situations locales.

Ajoutons aussi qu'en 1931, les USA se dépêtront de la crise de 1929. Ils apparaîtront réellement comme la première puissance économique qu'après la Ww2.

L'évolution de la tendance architecturale, depuis le début de la régate (1865), consiste à charger les bateaux d'une surface de voilure maximale et cela pour deux raisons. Première raison, jusqu'à la fin du 19^{ème}, la surface des voiles n'entre pas dans les nombreuses formules de jauge utilisées¹⁵. Deuxième raison, on pense, à l'époque, que la vitesse au portant croît avec la surface de voile. Ce qui est une erreur, car les carènes étant très creuses (stabilité de poids), elles ne peuvent pas planer. Ce qui limite la vitesse à celle correspondante à la longueur de flottaison dynamique.

En fait, cette idée de règle de jauge commune est trop novatrice pour ces années 30. Elle possède quelques quatre décennies d'avance. Il faut attendre 1971 que l'environnement mondial et social évolue pour assister simultanément à la création de la jauge IOR pour International Offshore Rule, et de l'entité internationale ORC (Offshore Racing Council).

¹⁵ Il faut attendre les premières formules des classes métriques pour voir « S » au numérateur des formules.

L'ORC, dirigée par un conseil élu, regroupe alors tous les pays avec comme objectifs : l'évolution de la règle de jauge et sa gestion. L'ORC prend aussi en charge les règlements de sécurité tant à bord des bateaux que pour la partie relative aux critères de construction et de conception. L'ORC gère en plus l'organisation des Ton Cup.

La Fédération Internationale de Yachting à Voile (aujourd'hui World Sailing), ne s'occupe alors que des règles de course et de l'olympisme.

L'aventure *Myth of Malham* et les polémiques déclenchées en 1947 par cette architecture tout à l'inverse de la tendance classique en vigueur, avait déjà amorcé une petite rébellion quoique très feutrée vis-à-vis de la jauge RORC. Même Olin Stephens, l'auteur de *Dorade* en 1930, critique les options de dessin prises par Laurent Giles et John Illingworth. Mais cela reste une petite vaguelette dans le monde bien établi du Yachting.

Toutefois dans les années 50/65 tous les bateaux ne sont pas des bateaux dessinés pour la Jauge RORC. Par exemple, Éric Tabarly participe aux courses du RORC en Manche puis à deux courses, Newport/Bermudes et Bermudes/Copenhague avec *Pen Duick 2* (il abandonner à la seconde sur rupture du safran). Il est d'ailleurs un des rares propriétaires/skippers à modifier de manière drastique son bateau pour le rendre conforme à la jauge CCA. Les photos ci-dessus montrent très bien que les deux formules de jauge ne possèdent pas beaucoup de points communs. Les trop nombreuses modifications apportées inévitablement à la structure générale de *Pen Duick 2* contribueront à sa ruine progressive.



Trois photos des évolutions de *Pen Duick 2*.

Sur la photo couleur, on distingue très bien l'effet du déplacement (creusement de la vague matérialisé en rouge). Ce creusement diminue et même supprime l'aptitude à planer.



Acte 6 : Une très lente évolution radicale des carènes se dessine

A partir de la fin des années 50, la société évolue et de plus en plus de propriétaires d'Outre Atlantique, du continent européen, dont les français, les espagnols, les italiens, les allemands, et les pays nordiques, se prennent au jeu de la course au large. Mais ce sport reste quand même très confidentiel. Les propriétaires appartenant de fait à une classe sociale très aisée.

La création en 1957 de l'Admiral's Cup, initialement prévue comme un défi GBR vs USA, se transforme dès la deuxième édition en une rencontre internationale d'équipes de 3 bateaux (jauge RORC). Cette décision produit un engouement des propriétaires et conduit à mettre en concurrence les architectes en place et à générer des nouvelles vocations.

Le nombre de bateaux augmente alors. Les recherches des architectes en matière d'optimisations des ratings, met rapidement la jauge RORC en difficulté ou tout du moins en porte-à-faux, puisqu'il n'existe aucun contrôle extérieur, que ce soit pour l'écriture de la règle ou pour les opérations de jauge des bateaux. Cette situation contribue à son délitement.

Ajoutons que l'université de Southampton ouvre à cette époque une formation d'Architecte Naval plutôt orientée vers la plaisance. De cette institution, sort chaque année des promotions de jeunes architectes dont certains animeront la course au large dans les années à venir.

La décennie 1957/1967 marque une réelle charnière technique et sociologique.

Technique, car on abandonne progressivement la construction sur membrures et bordés classiques en bois pour l'utilisation de nouveaux matériaux. Cela permet de dessiner de nouvelles formes de carènes plus équilibrées, d'un déplacement plus léger. L'alliage d'aluminium s'impose radicalement dans la fabrication des mâts. Les matériaux synthétiques se diffusent aussi dans les voiles, etc...

Sociologique, car la plaisance commence à se développer. On construit des marinas, on imagine la fabrication en petite série de bateaux.

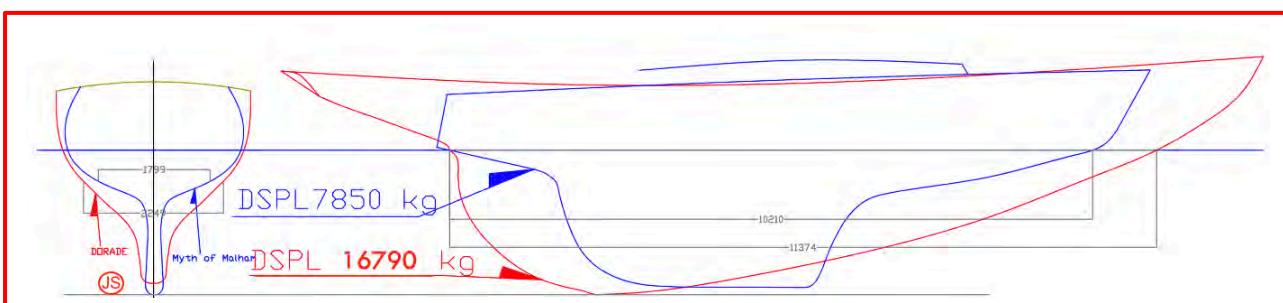
Une génération de l'immédiate après-guerre découvre le domaine de la course au large, ce qui révolutionne le métier d'architecte naval et les méthodes de travail des chantiers dans le domaine de la plaisance.

Pour en revenir aux dessins des carènes, l'effet *Myth of Malham*, malgré ses résultats probants en régates dont deux victoires au Fastnet, n'amorce pas immédiatement un nouveau style d'architecture.



Glénan, construit à Concarneau pour le Centre Nautique des Glénans sur un plan d'Illingworth. Il termine 2^{ème} de la Channel race en 1962.

LHT 13m, LWL 10.4m, Bau 3.23m, TE 2.22m
DSPL 8.8 T, SA 72.80 m²



Ci-dessus la superposition de Dorade (Olin Stephens) et de *Myth of Malham* (Laurent Giles)

DORADE Jauge IRC **TCC (2022): 1.037**

LHT: 15,80	LWP: 11,260	LFLOT(IRC): 12,43 m
DSPL: 16790 kg	LEST: 8154 kg	Ratio LEST / DSPL: 0,49
GV: 56.17 m ²	FOC: 83.67 m ²	SPI: 183 m ²
J: 5,32 m	SA: 139 m ²	

MYTH of MALHAM Jauge IRC **TCC (2022): 0.948**

LHT: 11,37 m	LWP: 10,21	LFLOT(IRC): 10,30 m
DSPL: 7850 kg	LEST: 3956 kg	Ratio LEST / DSPL: 0,50
GV: 32 m ²	FOC: 45.21 m ²	SPI: 103 m ²
J : 4,66	SA : 77,21 m ²	

Aucun architecte n'exploite le dessin de Laurent Giles ni les idées de John Illingworth. Quand on superpose les carènes classiques dessinées entre 1957/1965, et même quelques années au-delà, avec celles de *Myth of Malham*, on est surpris que les évolutions aient stagné d'autant plus que les résultats paraissaient probants.

Le dessin de *Myth of Malham* reste donc pendant presque deux décennies un coup de canif dans l'évolution de l'architecture navale moderne en course, régie par la jauge RORC. Nous devrons attendre que ces idées soient reprises et amplifiées.

Acte 7 : En 1957, la construction classique reste très implantée.

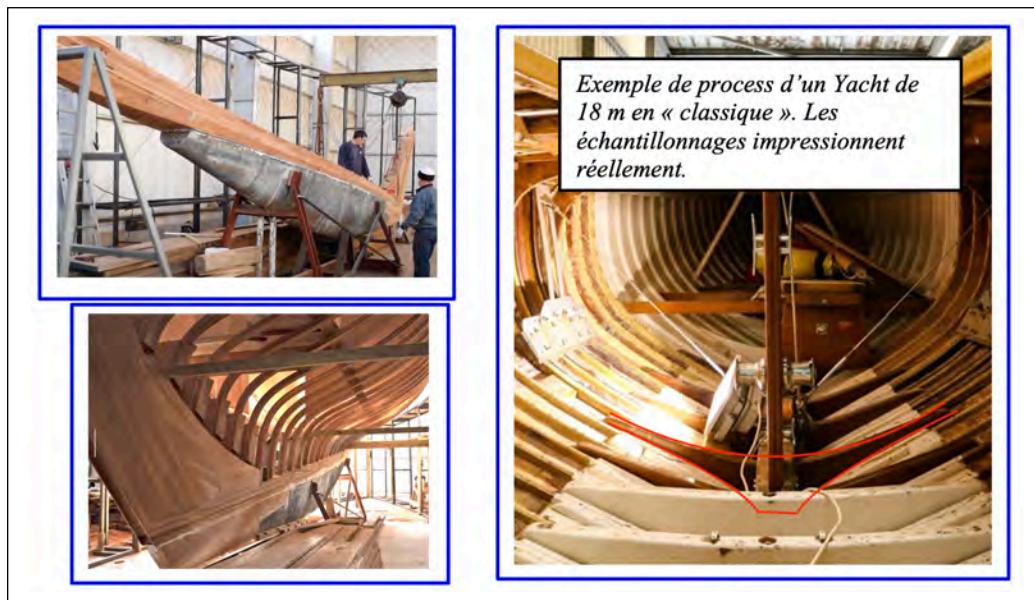
Les architectes de cette époque, John Illingworth, Olin Stephens, Philip Rodes, André Cornu, André Mauric, Raymond Wall, Angus Primrose, François Sergent, et d'autres, conservent et développent, malgré tout, les formes et les techniques de construction très classiques.

Cela se traduit par des magnifiques voiliers avec des intérieurs très chaleureux, cossus, confortables au port, mais, comme sur tous les bateaux, beaucoup moins par force 6 ou 7 au près dans une mer formée.

Sur un « Keel Boat », bateau lesté, le mode de construction des années 30 et jusqu'en 1960 s'appuie essentiellement sur la construction classique à bordés joints posés sur des membrures et à une pièce de quille qui court de l'étrave à l'allonge de voute. Il est évident que ce mode de construction interdit ou même limite toutes formes de carène peu profonde.

Certes, cette technologie s'améliore au fil des années en intégrant des éléments structurels en bronze, en fer puis en acier, mais l'ensemble ainsi construit manque d'homogénéité mécanique entre les matériaux.

Cela impose aussi des échantillonnages très importants et un V de coque très profond afin d'obtenir l'inertie transversale et longitudinale nécessaire à la résistance de ce que l'on nomme « la poutre navire¹⁶ ».



Avec le progrès sur les colles, la construction en bois moulé se développe. Elle permet de réaliser des formes de carènes nouvelles, d'obtenir des coques plus rigides qui autorisent l'utilisation de mâts en alliages d'aluminium qui résistent aux charges mécaniques dans le gréement.

La construction en aluminium (par soudure) existe, mais reste dans les années 50 cantonnée à la Hollande. Ce procédé de construction se diffuse rapidement et devient pour un temps, le matériau océanique de référence. *Pen Duick 3* ouvrira quelque peu cette route à ce matériau.

Le composite verre/polyester met aussi quelques années à pointer son étrave, l'image technique de ce matériau étant inconciliable pour certains puristes avec l'âme d'un voilier.

Pourtant, beaucoup comprennent avec *Myth of Malham*, que l'idée de diminuer le déplacement, c'est-à-dire s'orienter vers plus de stabilité de forme, moins de surface mouillée et d'optimiser la longueur à la flottaison vis-à-vis de jauge RORC, représente la bonne voie qui ne peut exister qu'avec l'aide de nouveaux matériaux.

¹⁶ Voir la rupture en deux parties de la coque d'IMOCA lors du VENDEE GLOBE 2016 et 2020.

Surement encouragé par l'expérience réussie de *Myth of Malham*, où il a quand même dirigé le crayon de Giles, Illingworth ouvre quelque temps après un cabinet d'architecture navale. Cette idée s'avère être un vrai succès commercial, puisque des dizaines de bateaux renommés comme *Oryx*, *Glénan*, *Maïca*, *Outlaw*, *Gerfaut*, etc, sortent de sa table à dessin entre 1955 et 1972. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, Illingworth n'exploite pas ses idées développées sur *Myth of Malham*. Il s'intègre dans la doxa existante en architecture navale.

Le chantier Camper & Nicholson qui intègre son propre cabinet d'architecture où officie, entre autres, Raymond Wall, suit une route identique avec le lancement en 1968 de bateaux comme *Pacha* pour Francis Bouygues (Équipe de France Admiral's Cup 1969).



Stephens dessine avec succès des dizaines de plans, dont *Palynodie 2* pour Gaston Defferre en 1962, *Finisterre* en 1954, etc...

Notons que ces bateaux sont des Classe 1 ou des grands Classe 2, donc de grands bateaux puissants et lourds, alors que *Myth of Malham* est considéré comme un petit bateau puisque qu'il régate en Classe 3 RORC.

Entre 1951 et 1963, Camper & Nicholson, Olin Stephens, Philip Rhodes et Robert Clark se partagent les victoires avec des dessins classiques.

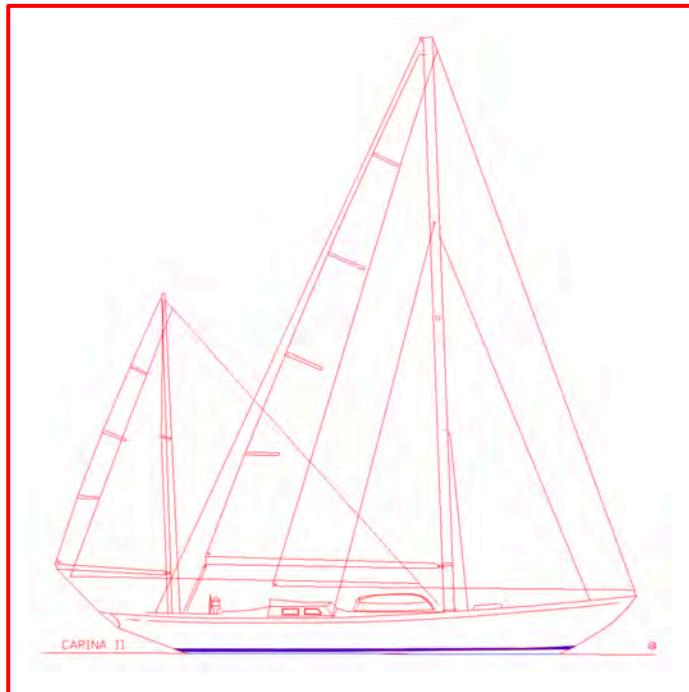
Extraits des résultats au FASTNET

1951	GBR Royaume-Uni	Yeoman	Owen Aisher	Camper and Nicholsons
1953	GBR Royaume-Uni	Fayona	Sir Michael Newton	Robert Clark
1955	USA États-Unis	Carina	Dick Nye	Philip Rhodes
1957	USA États-Unis	Carina	Dick Nye	Philip Rhodes
1959	SVN Suède	Anitra	Sven Hansen	Sparkman & Stephens
1961	NED Pays-Bas	Zwerver II	Otto van der Vorm	Sparkman & Stephens
1963	GBR Royaume-Uni	Clarion of Wight	Derek Boyer DFC	Sparkman & Stephens
1965	USA États-Unis	Rabbit	Dick Carter	Dick Carter
1967	FRANCE France	Pen Duick III	Éric Tabarly	Éric Tabarly

Robert Clark est britannique. Il dessinera entre autres *Gipsy Moth III* pour Francis Chichester, *Sir Thomas Lipton* pour Geoffrey William (Ostar 1968), *British Steel* pour Chay Blyth...

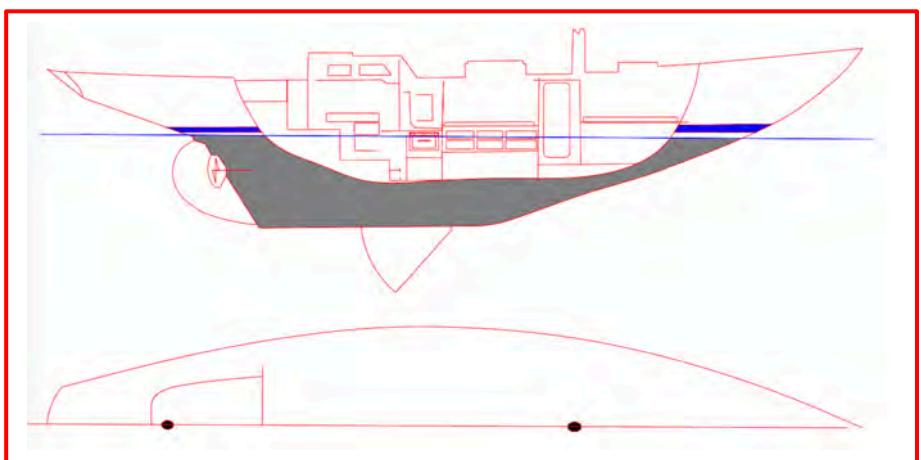
Philip Rhodes (1895-1974) fut un architecte prolifique, imaginant et créant tous types de navires, du petit dériveur de plaisance aux grands yachts, en passant par les cargos commerciaux et les navires militaires. Il utilise les constructions, en bois, en acier, en aluminium ou en stratifié verre/polyester.

Un de ses bateaux *Carina II*, grand Yawl de 16 m, dessiné pour Dick Nye remporte deux fois de suite le Fastnet en 55 et 57.



Carina II
Vainqueur FASTNET 55 et 57

LOA: 16.17 m
LWL: 11.06 m
BAU: 3.96 m
Draft: 1.82 m / 2.80 m
SA : 110 m²
Yawl avec dérive



Philip Rhodes
n'est pas un inconnu
dans le monde international de la régate et de la course au large.

Il dessine notamment en 1958, pour la reprise de l'America's Cup, le 12mJ1 *Weatherly* (US-17). Pour cette première nouvelle America's Cup, les USA partent avec quatre Defenders, dont *Easterner* (US-18) et deux plans Stephens, *Columbia* (US-16) et *Vim* (US-15). Le NY Yacht Club se charge d'organiser des éliminatoires entre les Defenders.

Visiblement *Weatherly* manquait de performances et finalement *Columbia* remporte la mise et d'ailleurs gagne la « Cup » lors de l'affrontement avec *Spectre* (GBR) en quatre manches (4-0).

Philip Rodes reprend alors le dessin de *Weatherly*, remporte les régates sélectives pour la « Cup » de 1962 et affronte *Gretel* (AUS). *Weatherly* bat 4 à 1 les Australiens qui participaient à la « Cup » pour la première fois.

Cette période produit une architecture de transition, principalement avec des grands monocoques à déplacements lourds, étroits, aux lignes d'eau très tendues et des élancements importants. La perception des élancements par les propriétaires (et souvent les architectes) correspond à l'idée courante à cette époque où un bateau doit être impérial au près serré et aux allures océaniques.

Des élancements généreux lui permettent alors d'augmenter sa longueur à la flottaison dynamique. Les allures portantes ne sont pas privilégiées pour gagner car les gains de vitesses possibles restent très faibles et les bateaux roulent beaucoup. Du fait des déplacements très élevés, les équipages doivent envoyer en plus du spinnaker et la grand-voile, un big boy, une trinquette, quand ce n'est pas une voile d'étaï ou un spinnaker d'artimon.

L'ensemble de cette voilure devient très complexe à gérer, pour un rendement aérodynamique faible et une vitesse archimédienne bloquée par la flottaison dynamique.

S'ajoute que la gestion technique de la jauge du RORC pose aussi de plus en plus de difficultés et laisse très peu de place aux avis des architectes et des propriétaires.

Déjà, ce point d'achoppement existait en 1931 lors de la tentative d'uniformisation ou de rapprochement des deux formules de jauge du RORC et du CCA (Crusing Club of America).

C'est encore plus vrai près de 40 ans après, d'autant plus que la jauge CCA mesure la stabilité initiale¹⁷ (RM 1°). Une initiative qui apparaît absolument inconcevable pour les Britanniques, arc-boutés sur les canons de l'architecture du type « couloirs lestés » en cours depuis plus de 100 ans.

¹⁷ RM 1°= Moment de redressement à 1° (raideur à la toile).

Jauge CCA : Se reporter page 92 de « Histoire de jauge depuis 1835 », J. SANS. Edition UNCL.

Acte 8 : L'architecture par l'homothétie

L'homothétie correspond au zoom de l'appareil photo mais c'est aussi la tentation du propriétaire.

Le raisonnement paraît simple. Les performances d'un dériveur de 5 mètres de long, comme le 505, impressionnent. Pourquoi ne pas multiplier par deux un 505 afin de le transformer en bateau de régate de 10 mètres.

Par contre le risque de chavirage d'un 505 ramène à la réalité et conduit à oublier ce rêve.

Pourtant Albert Debarge, coureur marseillais titré au niveau européen sur Star dans les années 50/60, se lance dans cette opération. Il décide tout simplement de faire construire un Star multiplié par 3... qu'il baptise *Attila* ...

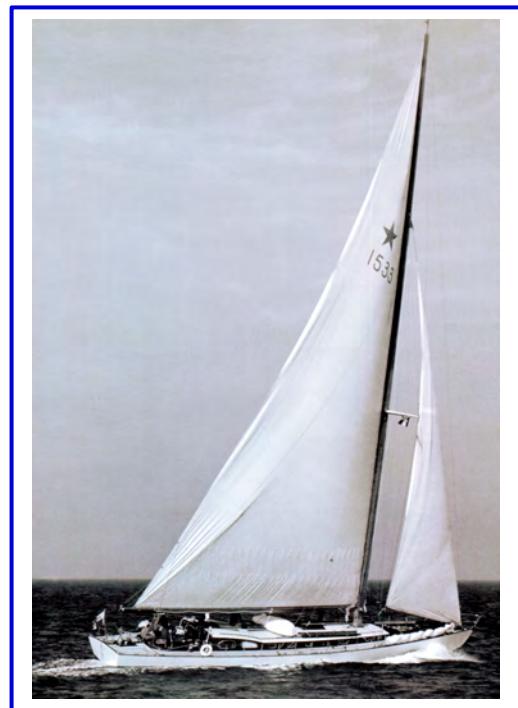
Il charge Jean Jacques Bonnin, constructeur de Dragon, de la conception et de la réalisation de la structure interne nécessaire.

Le dessin hors bordé ne pose pas de difficulté majeure, surtout que le *Star* est un bateau ayant un seul bouchain avec un fond en forme développable. Par contre, les calculs, entre autres du varangage, demandent une attention toute particulière car le bulbe de 10 tonnes se trouve accroché à l'extrémité des 3,20 mètres du tirant d'eau.

Mais l'homothétie ne permet pas de reproduire les performances d'un bateau. Un bateau rassemble la juxtaposition de mesures linéaires (Degré 1) avec des mesures surfaciques (Degré 2) et des mesures volumiques (Degré 3).

Le principe de l'homothétie consiste à multiplier toutes les dimensions linéaires par un facteur d'échelle, dans le cas présent : la valeur 3 est choisie.

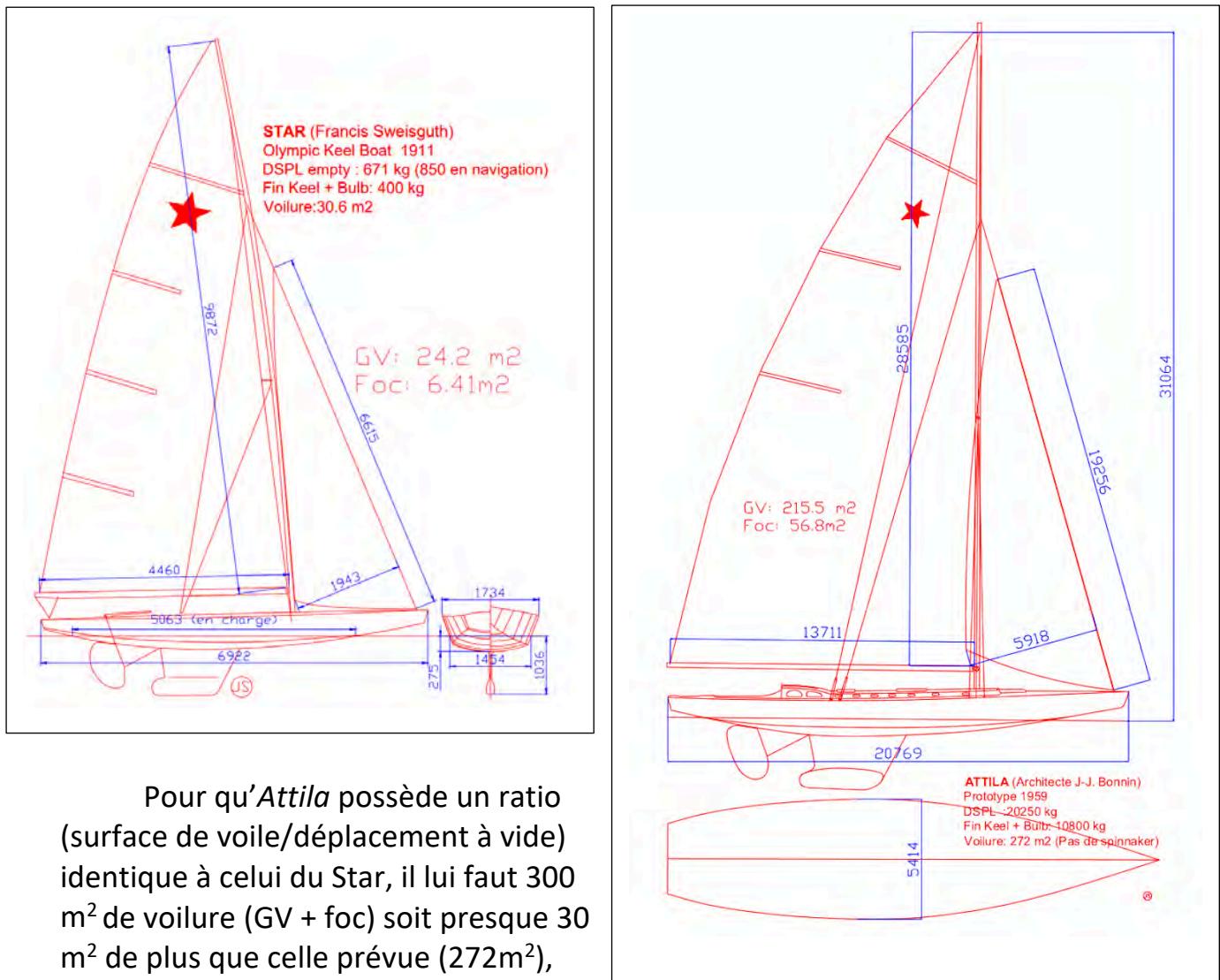
Pour imager ce phénomène mathématique, prenons un cube de 1 mètre de côté. Si on multiplie chaque arête par 3, on obtient un cube de 3 m de côté. Ainsi le volume passe de $1m^3$ à $(3 \times 3 \times 3) m^3$ soit $27 m^3$. Le facteur d'échelle du volume devient 27. Rempli d'eau, le cube de 1m, pèse 1 000 kg. Celui de 3m pèse 27 000 kg (27 Tonnes) !



Mais surtout, l'homothétie affecte les ratios de performances. Prenons tout simplement le ratio (Surface de voile/déplacement à vide).

- Star = Racine carré (30.6 m²) / Racine cubique de (0.671 T) = 5.53/0.88 = 6.32
- *Attila* = Racine carré (272 m²) / Racine cubique de (20.50 T) = 16.49/2.74 = 6.03

La différence entre les ratios paraît à première vue insignifiante. Toutefois, elle atteint presque 5% : ce qui est très important car l'évaluation du ratio est réalisée en unité homogène (racines carrée et cubique). Finalement le ratio plus faible relatif à *Attila* identifie le bateau comme moins performant.



Pour qu'*Attila* possède un ratio (surface de voile/déplacement à vide) identique à celui du Star, il lui faut 300 m² de voilure (GV + foc) soit presque 30 m² de plus que celle prévue (272m²), soit 11% de plus.

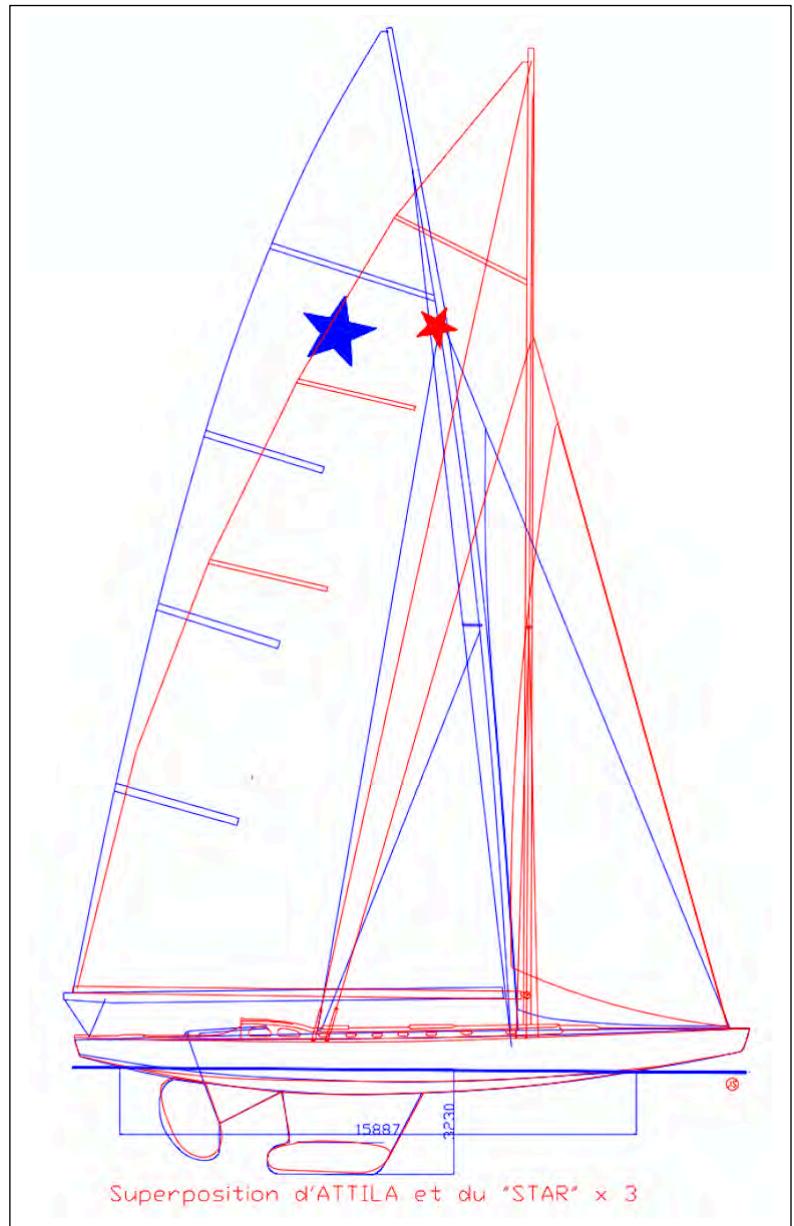
Le guindant de grand-voile passe ainsi de 28.58 à 30,10 m !!! Augmentation non négligeable, surtout lorsque le mât est en spruce comme c'est le cas sur ce bateau.

Les effets d'échelle existent aussi dans le ratio (déplacement/poids de l'équipage).

Sur un Star, l'équipage représente environ 180 kg (barreur 80 kg et équipier au rappel 100 kg) soit 25 % du déplacement à vide (671 kg). On se représente très bien l'importance de ce ratio dans le couple de redressement du Star notamment aux allures de près.

Pour arriver à un ratio identique sur *Attila*, il faudrait 5225 kg d'équipiers soit 60 (!!!) équipiers. On voit très bien que la conception architecturale ne s'accorde pas avec l'homothétie.

Attila connaîtra un deuxième propriétaire en la personne de Jean Guichet (vainqueur des 24 heures du Mans sur une Ferrari 275 en 1964). Le bateau terminera sa vie maritime en explosant ses fonds lors d'un convoyage au moteur dans un mistral soutenu.



Acte 8 : Les années 60 voient la notion de stabilité réapparaître

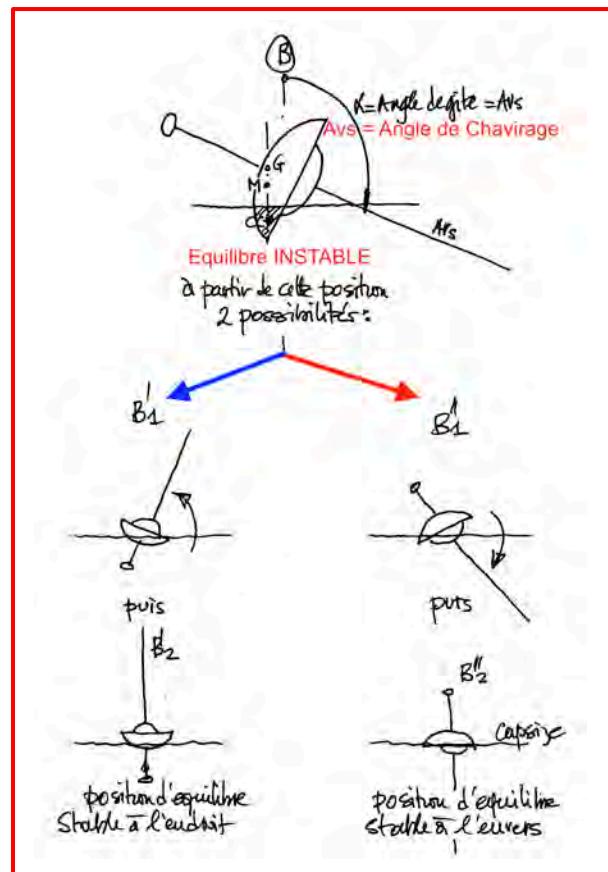
La ligne suivie par l'école britannique conduit, comme on l'a vu ci-dessus, à des bateaux très lourds, avec d'importants élancements, des ratios bau/LHT de l'ordre de 0.20/0,24, et une très forte stabilité de poids qui impose une surface de voilure importante. A l'opposée, l'école américaine s'appuie sur des formes de carène plus larges, moins creuses, souvent équipées d'une dérive centrale.

Cette orientation résulte beaucoup de la géographie de la côte Est de USA (Chesapeake Bay, Boston, Newport...) remarquable par ses baies peu profondes formant des zones de navigations appréciées.

Le terme stabilité possède plusieurs significations dans le domaine de l'architecture navale et notamment pour un voilier et dans la perception qu'en ont les skippers.

D'abord, il y a la forme générique qui relève de l'équilibre hydrostatique. Cette forme souvent identifiée sous le nom de stabilité archimédienne se traduit par l'aptitude d'un voilier à revenir automatiquement¹⁸ à la position gîte 0° dès qu'on l'écarte de cette position.

Afin que cette particularité à revenir à cette position 0° fonctionne, il faut que la gîte évolutive du bateau se situe entre 0° et l'angle de chavirage (Avs). Dans l'hypothèse où la gîte dépasse l'angle Avs, le bateau chavire irrémédiablement et se retrouve à l'envers.



Cette propriété résulte de deux phénomènes physiques :

- **La stabilité de poids**
- **La stabilité de forme.**

Dans la réalité, ces deux types de stabilité s'imbriquent pour un voilier lesté (les Anglo-Saxons parlent de « Keel Boat »). C'est la répartition entre ces deux paramètres, au choix de l'architecte, qui produit la différence que l'on traduit souvent par déplacement lourd ou déplacement léger. A déplacement identique et même longueur, le déplacement léger compense la diminution du poids de lest par l'augmentation de la largeur à la flottaison.

¹⁸ C'est l'application du principe d'Archimède sur la forme de la coque qui produit cette automatité.

Le propriétaire/skipper considère comme normal cette automatité de l'équilibre hydrostatique. C'est d'ailleurs, sauf exception, cette loi archimédienne qui le sortira de situations scabreuses lors qu'il commet une erreur de pilotage.

Ensuite, on associe, souvent et particulièrement en régate, la stabilité à l'aptitude à porter de la surface de voilure aux angles de gîte d'un bateau en régate : c'est-à-dire entre 15 et 20° de gîte. Cette aptitude est aussi notée « Raideur à la toile ».

Il est évident qu'à longueur et déplacement identique (DSPL), le bateau qui porte le plus de voilure à 15°/20° de gîte détient le plus grand potentiel de vitesse, et cela est d'autant plus vrai lorsque les carènes possèdent des aptitudes à planer aux allures proches du vent. Cette raideur se caractérise par un moment le redressement (RM) à cet angle de gîte en navigation.

Soit **RM à X° = DSPL * (distance horizontale entre les verticales passant par le CG et le CC)**

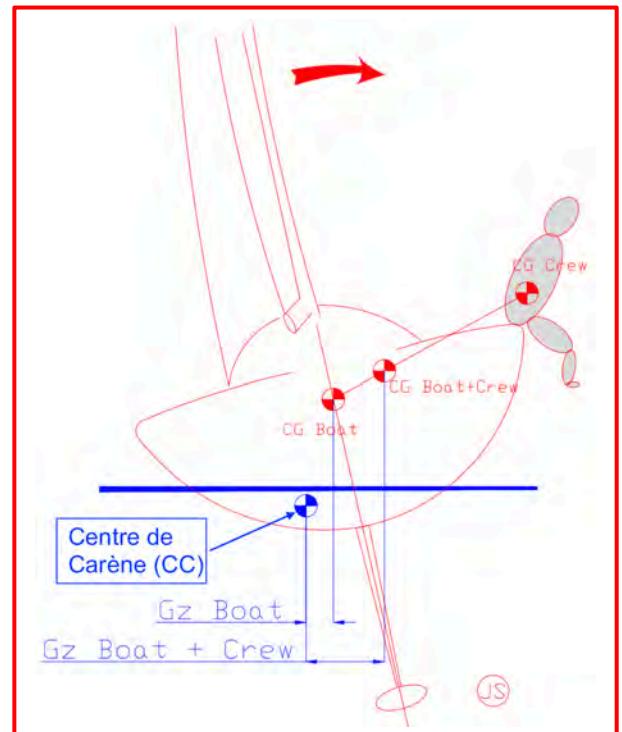
DSPL = poids du bateau

CG= centre de gravité

CC= centre de carène correspondant à X° de gîte.

L'architecte peut jouer sur deux paramètres :

- Avoir un CG très bas (Gîte 0°), donc un bateau relativement étroit.
- Avoir un CC (Le Centre de Carène, identifie le centre de gravité du volume de la coque qui est immergé) très décalé sous le vent. Pour obtenir cela l'architecte dessine une ligne de flottaison (nommée DWL) dont la largeur reste importante lorsque le bateau gîte de 15° (intérêt d'un bouchain sur le œuvres mortes).



Cette image de la stabilité (raideur aux angles de navigation au près ou bon plein) apparait alors dans les formules de jauge, puisqu'elle permet d'identifier la propension d'un bateau à supporter de la voilure.

Enfin, une dernière perception de la stabilité concerne la résistance du voilier au chavirage. Cette dernière déclinaison apparaît subitement à partir des années 90, lors des courses dans les mers australes, alors que vingt ans auparavant, lors du Golden Globe Challenge et de la Whitbread, des voiliers de longueur identiques¹⁹ naviguaient dans les mêmes mers sans avoir été confrontés à ce type de situation.

Certes, il est souvent arrivé qu'un bateau soit couché sur l'eau et reste un temps plus ou moins long dans cette position²⁰ avant de se redresser, mais en aucun cas il franchit la barrière fatidique de l'angle de chavirage Avs.

Les coureurs oublient ce domaine, tant ils sont obsédés par les gains de performances. Beaucoup considèrent que ces risques sont inhérents à la notion de course au large.

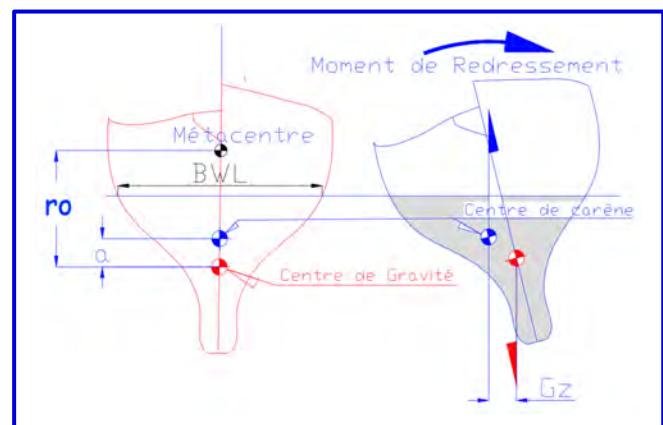
On expliquera dans un chapitre à venir cette césure dans la perception de la stabilité des voiliers.

Évoquer les performances et l'on revient à la Stabilité de poids / Stabilité de formes.

- **La stabilité de poids**, dépend de la position verticale du Centre de gravité (CG). Le CG est propre à chaque bateau, il dépend des formes et de la conception technique du bateau. La masse du lest permet d'abaisser le centre de gravité du bateau.

Plus la coque sera légère, plus la masse du lest augmente. Au début des années 2000, un Class America, qui n'est pas un voilier pour naviguer au large, pèse 25 T dont 20 T de lest !! C'est l'archétype même de la stabilité de poids.

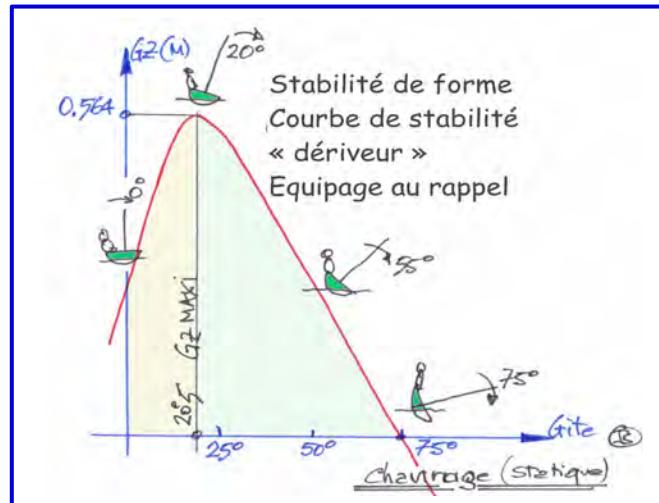
Le produit du déplacement du bateau par la distance horizontale entre le CG et le centre de carène (CC) représente le couple de redressement en fonction de l'évolution de la gîte. Ce couple ramène toujours le bateau à sa position gîte 0°. Enfin, tant que la gîte du bateau reste entre 0° et l'angle de chavirage (Avs)...



¹⁹ Cela ne signifie pas que leurs caractéristiques et performance étaient semblables.

²⁰ Seul « FLEURY MICHON IX » restera plusieurs heures à 90° dans l'Océan Indien. Ce cas sera évoqué plus loin.

- **La stabilité de forme** résulte de la largeur de la surface de flottaison. L'explication la plus simple consiste à regarder un dériveur qui ne porte pas de quille lestée. Le centre de gravité (à vide ou en navigation) se situe largement au-dessus de la flottaison. Pour autant, un dériveur revient à la position gîte 0° pour toute inclinaison comprise sensiblement entre 0° et $70/75^\circ$ (sans équipage). La stabilité de forme dépend du déplacement latéral du centre de carène (CC) lorsque le bateau gîte.



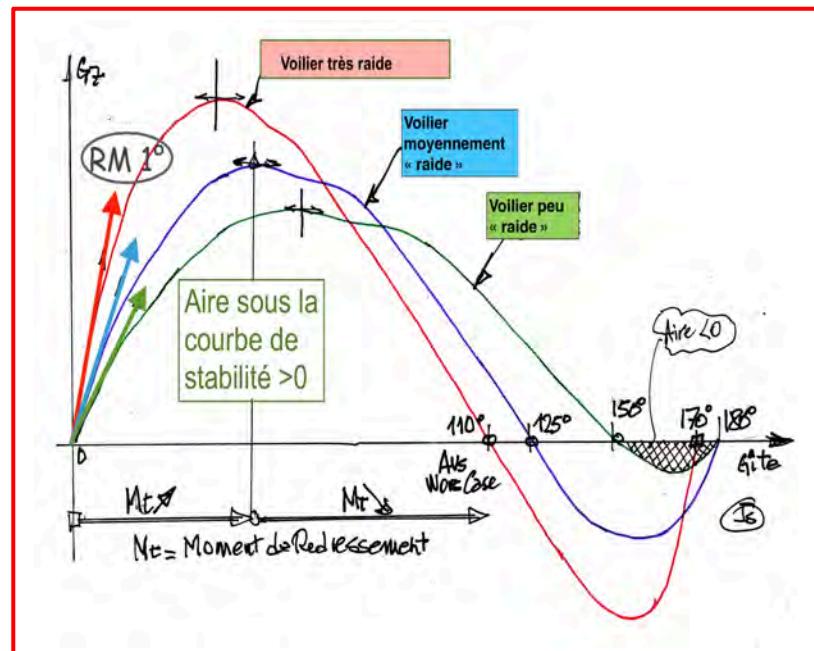
Analyse de l'expression physique du Moment de Redressement (RM) (voir dessin ci-dessus).

La formule suivante $RM = P * Gz$ donne l'expression du RM (Righting Moment ou Moment de Redressement) :

Dans cette formule, Gz représente la distance horizontale entre le CG et le CC pour chaque angle de gîte du bateau.

La courbe de stabilité part de la gîte égale à 0° et se développe degré par degré de gîte jusqu'à 180° (le bateau est alors à l'envers).

A l'origine de la courbe (point O), la pente de la tangente est nommée $RM1^\circ$. Elle matérialise la raideur initiale du bateau. Plus cette pente s'approche de la verticale (sans jamais l'atteindre), plus il est difficile d'écartier le bateau de sa position d'équilibre stable ($\text{gîte}=0^\circ$).



Sa valeur est égale à :

$$RM1^\circ = P * (r_o - a) * \sin(\theta)$$

Avec $\theta = 1^\circ$ (gîte du bateau) et P = déplacement du bateau

Dans l'expression $(r_o - a)$,

⇒ r_o représente la distance verticale (gîte 0°) entre le centre de carène et le métacentre,

⇒ a représente la distance verticale entre le même centre de carène et le centre de gravité du bateau (Gîte $=0^\circ$)

On nomme « r_o » comme étant le « rayon Métacentrique ».

Il se calcule avec la formule $r_o = I_t / V$ où :

⇒ I_t représente le moment quadratique transversal de la surface de flottaison en gîte $=0^\circ$

⇒ V (Volume de la carène) = le poids $P / 1,025$, si on considère que la densité de la mer est de 1,025 pour les calculs.

Ce qui revient à écrire $P = V * 1.025$

En développant et en remplaçant P par $V * 1.025$ et r_o par I_t / V , dans la formule $RM1^\circ = P * r_o * \sin(\theta) - P * a * \sin(\theta)$

On obtient ainsi $RM1^\circ = (V * 1.025) * (I_t / V) * \sin(\theta) - P * a * \sin(\theta)$

Après simplification, V est éliminé.

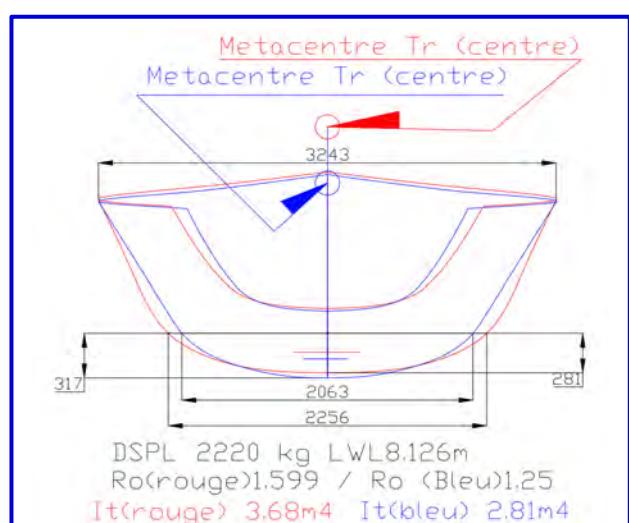
La formule du $RM1^\circ$ devient alors :

$$RM1^\circ = \boxed{1.025 * I_t * \sin(\theta)} - \boxed{P * a * \sin(\theta)}$$

➤ La partie en **rouge** représente **la stabilité de forme du bateau**.

Cette stabilité dépend uniquement de I_t (moment quadratique) calculé à partir de la surface encadrée par LWL et BWL, soit la forme plane de la surface de flottaison.

On constate donc que la stabilité de forme est totalement indépendante de la forme volumique du bateau.



Question : A quoi correspond cet I_t (moment quadratique) ?

D'abord sa définition : Le moment quadratique est une grandeur qui caractérise la géométrie d'une section et se définit par rapport à un axe ou un point et s'exprime en m^4 .

Comment l'exprimer autrement ?

Calculer le moment quadratique de la surface de flottaison revient à réaliser un calcul intégral le long de LWL (axe xx') en s'appuyant sur la variation de la largeur à la flottaison (yy').

Certes, cette représentation mathématique peut paraître quelque peu ésotérique, mais l'architecture navale possède des méthodes de calculs approchées qui permettent de calculer rapidement ce moment quadratique.

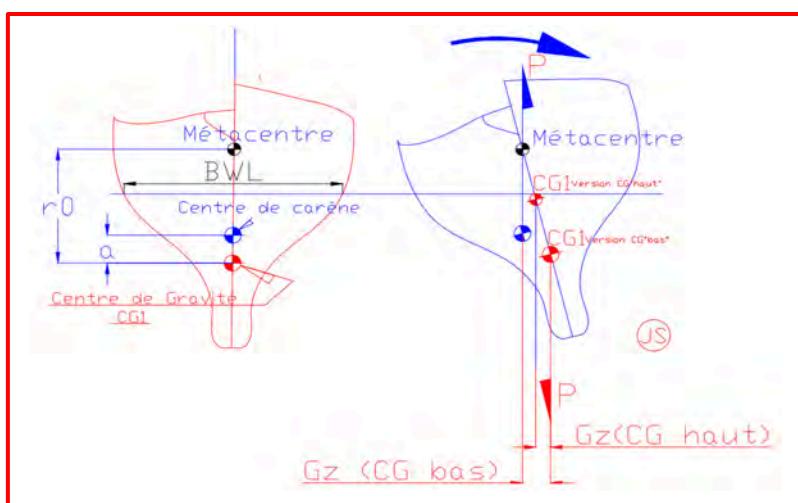
$$I_x = \iint_S y^2 ds = \iint_S y^2 dx dy$$

On obtient ainsi un excellent résultat pour les formes de surface de flottaison des voiliers, en utilisant la formule empirique suivante :

$$I_t = 0.0395 * LWL * BWL^3$$

Comme le montre cette formule du calcul de I_t , le résultat croît avec le cube de BWL.

Cela démontre qu'à travers I_t , la stabilité de forme est liée très étroitement avec BWL. D'où l'intérêt de dessiner des formes de carène, qui lorsque le bateau gîte aux angles de navigation, conservent une valeur de BWL qui ne décroît pas trop vite.



Carène étroite		Carène large (+0.190) en BWL	
	Immersed Hull:		Immersed Hull:
Total Displacement	2.224	Total Displacement	2.220
Moulded Volume:	2.169	Moulded Volume:	2.165
C.B. x:	0.000	C.B. x:	0.000
C.B. y:	-0.120	C.B. y:	-0.113
C.B. z:	4.547	C.B. z:	4.569
Wetted Surface:	12.312	Wetted Surface:	12.842
Prismatic Coefficient:	0.5186	Prismatic Coefficient:	0.5215
Block Coefficient:	0.3790	Block Coefficient:	0.3795
L/V ^{1/3} :	6.4617	L/V ^{1/3} :	6.2807

Waterplane:		Waterplane:	
Area:	11.226	Area:	11.984
C.W. (longitudinal):	4.341	C.W. (longitudinal):	4.365
Fore Angle (degrees):	19.6	Fore Angle (degrees):	27.7
Fore Lwl @:	9.226	Fore Lwl @:	9.226
Aft Lwl @:	1.101	Aft Lwl @:	1.101
Lwl:	8.126	Lwl:	8.126
Bwl:	2.063	Bwl:	2.253
T. Metacentric radius:	1.250	T. Metacentric radius:	1.599
L. Metacentric radius:	18.298	L. Metacentric radius:	18.711
Waterplane Area Ratio:	0.6504	Waterplane Area Ratio:	0.6545

Le dessin ci-dessus met en évidence qu'à déplacement et LWL identiques, ce qui implique un creux de coque différent, le moment quadratique du bateau large (BWL = 2.256 m) est 9.2% plus élevé que celui du bateau étroit (190 mm de plus de BWL). On voit très bien le gain apporté par l'inertie de la surface de flottaison dans la valeur du I_t qui passe de 2.81 à 3.68 m⁴.

➤ La partie en bleue représente **la stabilité de poids du bateau**.

Elle dépend uniquement de **P** (le poids du bateau) et de la distance verticale relative **(a)** entre le CG (centre de gravité) et le CC (Note de l'Auteur : en français : Centre de Carène, en Anglais Center of Buoyancy noté CB) en gîte 0°.

Stabilité de forme vs Stabilité de poids.

En fait un bateau est la caractérisation d'une forme de carène qui s'identifie par la position verticale de son Centre de Carène (en gîte 0°) et la position verticale de son Centre de Gravité CG.

Cela se traduit en quelques mots par une carène en forme de « plat à barbe » (École américaine) ou une carène du type « couloir lesté » (École anglo-saxonne).

Mais les lois de l'hydrodynamique sont identiques lors de l'évolution de la gîte du bateau.

⇒ Le centre de gravité CG d'un bateau dépend des choix architecturaux, donc du poids des éléments utilisés pour sa construction (échantillonnages, type de lests) et de la répartition de ces poids notamment verticalement. Le CG se trouve dans une position immuable sur l'axe de symétrie du bateau, et cela quel que soit l'angle de gîte en navigation. Certes, le déplacement de l'équipage, la baisse du niveau des caisses à eau, modifient la position du CG (en fait il « monte » ou plus rarement « descend »), mais les évolutions de ces variations dimensionnelles restent relativement faibles sauf problème grave.

Exemple de devis de poids

NAVIRE LEGE CMA	masse	/ DWL (y)	/ axe (x)	/ PPAV (z)	m*y	m*x	m*z
équipage 2 cockpit + pont	170.00	1.40	0.00	8.00	238.00	0.00	1360.00
équipement de sécurité	35.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	245.00
approvisionnement	50.00	-0.15	0.00	5.50	-7.50	0.00	275.00
radeau de survie (1)	35.00	0.45	0.00	10.00	15.75	0.00	350.00
Total CMA 2+3+4+5	290.00				246.25	0.00	2230.00
position de G CMA		0.849	0.000	7.690			
NAVIRE EN CHARGE MAX							
équipage 85 * 2	170.00	1.40	0.00	8.00	238.00	0.00	1360.00
Appro et effets perso	130.00	-0.20	0.00	6.80	-26.00	0.00	884.00
carburant	70.00	-0.10	0.00	8.00	-7.00	0.00	560.00
eau	120.00	-0.30	0.00	5.25	-36.00	0.00	630.00
charge additionnelle	120.00	-0.20	0.00	4.00	-24.00	0.00	480.00
GV ferlée	25.00	2.40	0.00	7.00	60.00	0.00	175.00
Foc	20.00	5.60	0.00	1.40	112.00	0.00	28.00
Spi (3) Sac	30.00	0.80	0.00	2.45	24.00	0.00	73.50
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total en charge: 3 ... 10	805.00				349.25	0.00	5060.50
Position de G charge totale		0.434	0.000	6.286			
Déplacement à vide PVIDE	3850	-0.040	0.000	5.537	-153.859	0.000	21319.088
Déplacement lège (PVIDE+CMA)	4140	0.022	0.000	5.688			
Déplacement condition de charge Max	4655	0.042	0.000	5.667			

Calcul du STIX (ISO 12217-2)

STIX 2011 - ISO/CDIS 12217-2-2002			
Nom du Bateau	FREEMAN 2	Facteur	Nom Calculé Retenu
Référence	JS 2021-STAB	FDS	1.294 1.294
Expérience de Stabilité	Simulation STIX	Facteur de récupération après inversion	FIR 1.075 1.075
Cas de chargement	CHARGE CMA (ISO)	Facteur de récupération du bateau couché	FKR 1.081 1.081
Personnes à bord	1	F_g	2.469
Masses minimales de navigation	m_{MSC}	FDL	0.920 0.920
Longueur de coque	L_H	L_{BS}	9.894
Bau de coque	B_H	F_L	0.978
Longueur de flottaison	L_{WL}	FBD	0.888 0.888
Bau à la flottaison	B_{WL}	F_R	2.315
Aire positive sous la courbe	A_{gZ}	Facteur moment dû au vent	FWM 1.000 1.000
Angle de disparition de stabilité	φ_V deg	Facteur enfoncement	FDF 1.456 1.250
Angle d'enfoncement	φ_D deg	T_{AW}	0.000
Theta D = Theta V avec A _{gZ} > Aire positive sous la courbe jusqu'à Theta D			
Bras de levier de redressement à 90°	GZ₉₀ m	Angle de disparition de stabilité requis en A	φ_{V90A} 121.7 121.7
Surface projetée des voiles	A_s m ²	Angle de disparition de stabilité requis en B	φ_{V90B} 109.3 109.3
Hauteur du centre de surface de A _{gZ}	h_{CS} m	Angle de disparition de stabilité requis en C	φ_{V90C} 90.0
Insubmersibilité (oui=1 / non=0)	0	Angle de disparition de stabilité requis en D	φ_{V90D} 75.0
Hauteur du centre de surface immergé	h_{IP} m	Catégorie A : STIX > 32 et m _{MSC} > 3000kg	
Bras de levier de redressement à φ _D	GZ_D m	Catégorie B : STIX > 23 et m _{MSC} > 1500kg	
OK			
Angle de disparition de stabilité supérieur au minima de la catégorie A			
STIX		36.262	Catégorie de conception A

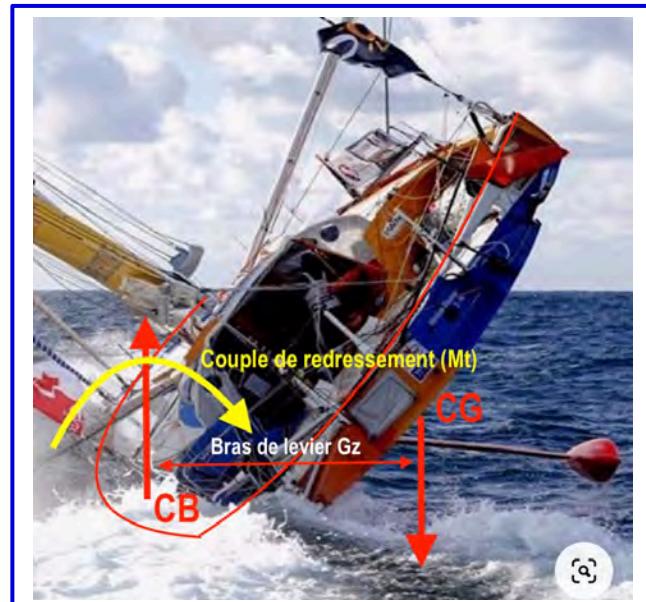
⇒ Le Centre de Carène identifie (CC) le centre de gravité du volume immergé de la carène. Lorsque le bateau gîte, le CG reste au vent alors que la position du CC évolue en glissant lentement sous le vent. Cela est vrai jusqu'au moment où dans la rotation (Gîte) le CG se retrouve à la verticale du CC ... alors le bateau chavire.

C'est cette subtilité hydrodynamique qui ramène toujours le bateau à la position 0°, lorsque l'on choque les voiles.

Sur « un plat à barbe » la largeur à la flottaison est prépondérante aux petits angles de navigation (15°, 20°), sur un « couloir lesté » l'effet se trouve à partir de 30° et au-delà.

On mettra un certain temps pour comprendre que les gains de vitesses ne sont possibles que si les bateaux planent, ce qui nécessite une réelle stabilité de forme des carènes, donc très larges à la flottaison et peu creuses. Uffa Fox théorise ce concept dans les années 20.

On revient un instant sur le concept particulier nommé Métacentre. On considère que lorsque le bateau gîte de quelques degrés autour d'un angle de gîte, par exemple autour de 1°, il pivote circulairement autour d'un centre instantané de rotation



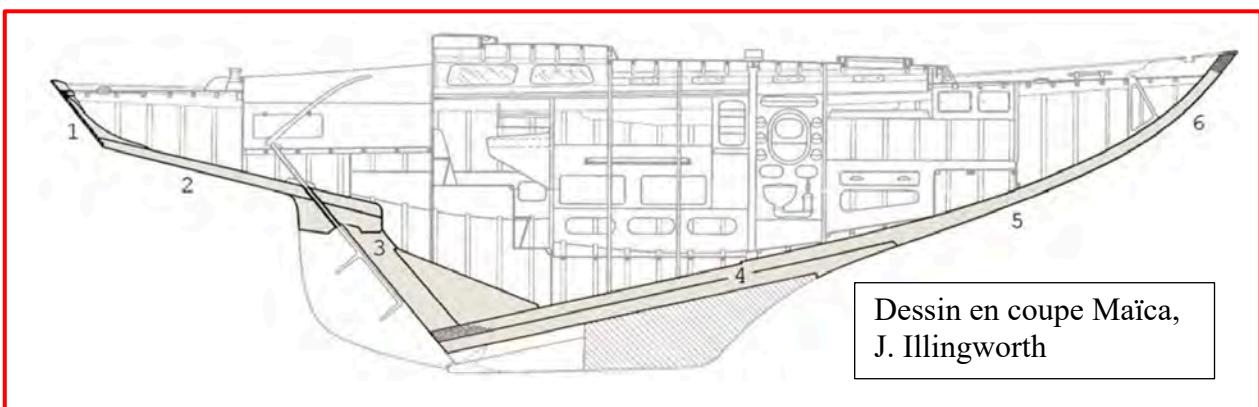
nommé Métacentre. Le rayon correspondant entre ce point et le CG du bateau est nommé r_o . La distance verticale (gîte 0°) entre le CC (centre de carène) et le CG est noté a .

La distance horizontale entre le CC correspondant à une gîte donnée et le CG est repérée Gz . Le Gz représente le bras de levier, qui, multiplié par le déplacement, produit pour chaque angle de gîte le Moment de Redressement (RM).

Il faut noter que le CG n'est pas obligatoirement en-dessous du centre de carène (CC) lorsque le bateau est en assiette de gîte nulle (0°).

Dans les années 50/60, le mode de construction des voiliers le plus répandu consiste à assembler des bordés jointifs sur des membrures ployées ou découpées avec un lest rapporté sur la pièce de quille en bois massif qui rassemble plusieurs pièces depuis le tableau arrière jusqu'à l'étrave. Le tout est bloqué transversalement par un barrotage très échantillonné et un pont à lattes.

Ce type de construction impose une répartition des masses orientées vers la partie basse de la carène.



La meilleure stabilité de poids correspond à un centre de gravité (CG) du bateau sous le centre de carène (CC). La construction classique permet d'obtenir cette configuration à condition d'optimiser les échantillonnages et les modes de fabrication des barrotages, des membrures, du varangage et de dessiner faible franc-bord, etc... Pour cela les architectes utilisent des liaisons métalliques (cornière, varangues...), des membrures en acacia ployées, bien que ce type de construction augmente sérieusement le coût.

Finalement il existe une très grande disparité entre ces types de construction et cela à déplacement identique pour un même type de bateau. Cela se matérialise physiquement par des disparités de rapport de lest, et donc des CG

(coque et pont plus lourd/lest plus léger ou coque et pont plus léger/lest plus lourd) qui peuvent se trouver au-dessus ou en dessous du centre de carène.

La jauge IOR perturbera ce raisonnement, à cause de la stabilité minimale implicitement imposée et identifiée dans le fameux paramètre CGF.

Ce choix de l'IOR aboutit à une uniformité de la stabilité des bateaux pour obtenir le TCC optimum, c'est-à-dire minimal.

La lecture de la règle IOR montre immédiatement qu'elle se calque sur celui de la jauge RORC à la stabilité près. La tendance de l'architecture basée sur la stabilité de poids continue à dominer (École anglo-saxonne).

La méthodologie de mesure utilisée et les formules mathématiques associées pour évaluer le déplacement du bateau (sans le peser) conduisent toujours à dessiner des bateaux à déplacement lourd. On constate rapidement que les architectes, afin d'insuffler un peu plus de stabilité de forme, clef de meilleures performances, dans la stabilité de poids imposée par l'IOR, dessinent des surfaces de flottaison en forme de losange, contraires aux lois de l'écoulement des fluides et de l'équilibre des carènes en navigation.

Cette pratique marquera durant une vingtaine d'années l'architecture IOR. Certes les architectes abandonnent les stabilités de poids extrêmes pour des conceptions hybrides (les bateaux possèderont ainsi une tendance au roulis assez impressionnante) qui ne permettront pas d'obtenir des carènes fluides et surtout planantes.



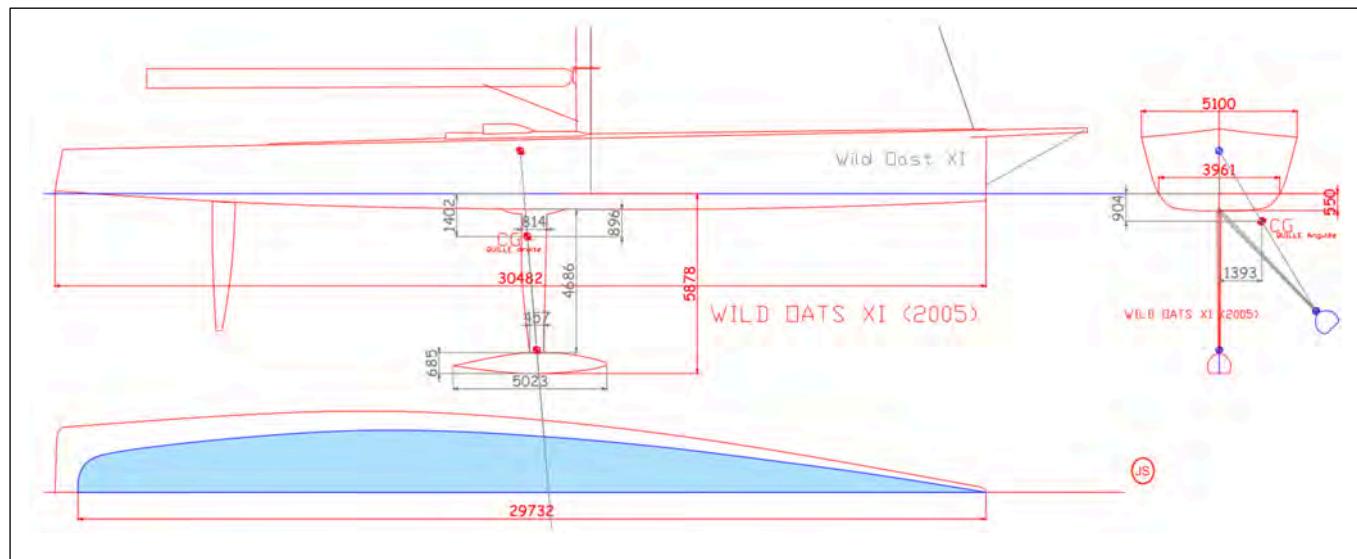
Dans les dernières années de la jonction entre le 20^{ème} et le 21^{ème} siècle, l'utilisation du concept de la stabilité de poids réapparaît sous une autre forme. L'évolution de la technologie permet de dessiner et surtout de fabriquer des coques, pontées et structurées très légères, des voiles de quille très profonds et

un lest sous forme de bulbe conséquent. Cette configuration permet d'obtenir un CG final très largement sous le fond de coque.

L'utilisation des quilles pendulaires, initiée dans les années 90 sur les Mini650 puis sur les bateaux du Vendée Globe (ils prennent le nom d'IMOCA en 2004) participe au développement avec succès de ce type d'architecture.

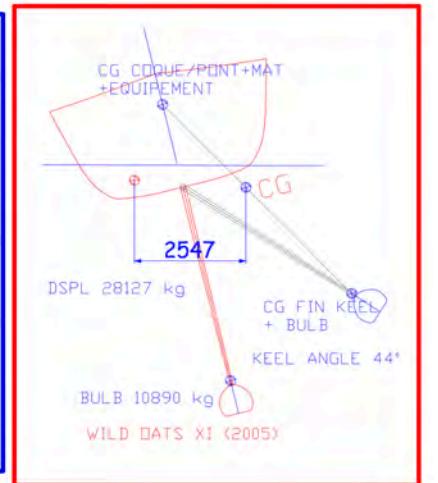
Ainsi un bateau comme *Wild Oats XI (2005)* possède un CG à 0.904 sous la ligne de flottaison :

LH 30.48m	LWP 28.30m
Tirant d'eau 5.89m	BMAX 5.10m
BWL 4.10m	DSPL(Empty) 28.659 T
Bulbe 10.890 T	
S au près 1214 m ²	Spinnaker 845m ²
Ratio DSPL/BULBE 36%	



Dessiné en 2005 par Reichel & Pugh (USA) *Wild Oats XI* représente une des meilleures applications de la stabilité de poids, améliorée par l'utilisation d'une quille pendulaire. *Wild Oats XI* régate avec succès vingt ans après son lancement. Il subira plusieurs évolutions, dont une nouvelle étrave, un nouveau bulbe, des foils type DSS, puis reviendra à une configuration proche de celle de l'origine.

Je me souviens avoir mesuré à Antibes (sur le terrain de foot) le spinnaker asymétrique de quelques 830 m² et dont le guindant mesurait 45 mètres (!!!).



Acte 10 : Les Classe 3 RORC

Le composite en stratifié (verre/polyester) encore balbutiant dans les années 60 s'implante progressivement dans la fabrication des bateaux de 6 à 8 mètres. Dans un premier temps les chantiers utilisent ce type de fabrication en stratifié, en se calquant sur la construction classique autant par les formes que par la conception (structure). Ce qui revient à conserver pratiquement la structure générale de la construction classique.

L'homogénéité mécanique du bateau s'améliore incontestablement puisque les résistances mécaniques des essences de bois et surtout des assemblages entre les différents éléments de cette structure sont très largement supplantés par l'utilisation du composite verre/polyester, même lorsque la mise en œuvre par voie humide paraît quelque fois un peu hasardeuse.

L'effet principal résultant de l'utilisation de ces nouveaux matériaux devient progressivement visible sur les formes des carènes qui abandonnent les V profonds avec retour de galbord au profit de fonds de coque de plus en plus plat. La conséquence se matérialise par la diminution du déplacement et du prix de revient (moins d'heures et de matière).

Rapidement, certains chantiers comprennent que l'intérêt de la construction en stratifié verre/polyester, en dehors du prix plus abordable²¹ et des bonnes caractéristiques mécaniques, se situe dans l'outil de fabrication basé sur l'utilisation de moules femelles, qui permettent d'assurer la répétitivité dimensionnelle des coques et de fait la construction en petite série. Ce nouveau

²¹ L'énergie n'est pas chère dans les années 1960.

process représente la véritable innovation, concrétisée par une diffusion vers un plus large public.

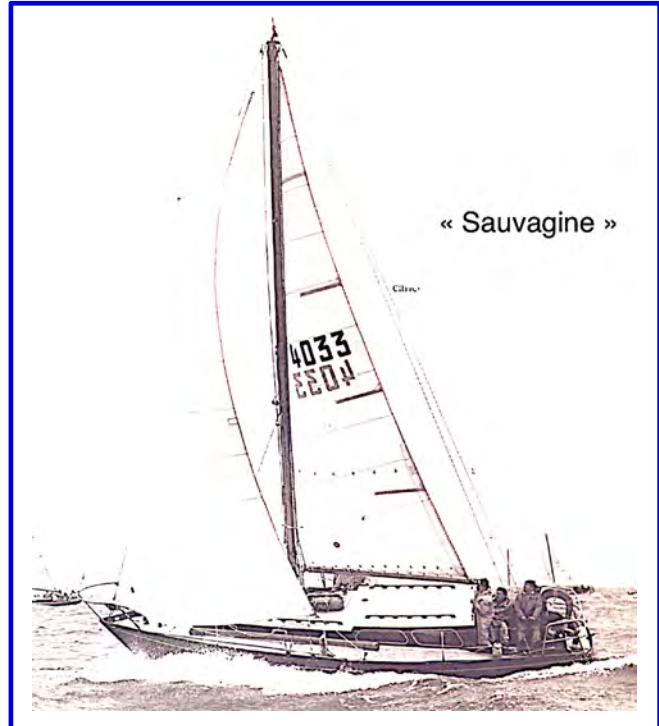
Mais les dimensions des bateaux de la Classe 3, de l'ordre de 10m hors-tout (LWP limité à 7.32m par le Jauge RORC) permettent aussi d'utiliser d'autres matériaux comme le contreplaqué marine et même l'aluminium ou l'acier. D'autres méthodes de fabrication comme le Strip-planking²² apparaissent aussi, elles autorisent des constructions à l'unité plus abordables financièrement (effet d'échelle) et permettent d'obtenir un rapport poids/rigidité très favorable.

Ainsi, Philippe Harlé dessinera en 1964/65 le *Coquelicot*, un petit Classe 3, baptisé *Sauvagine* par son propriétaire.

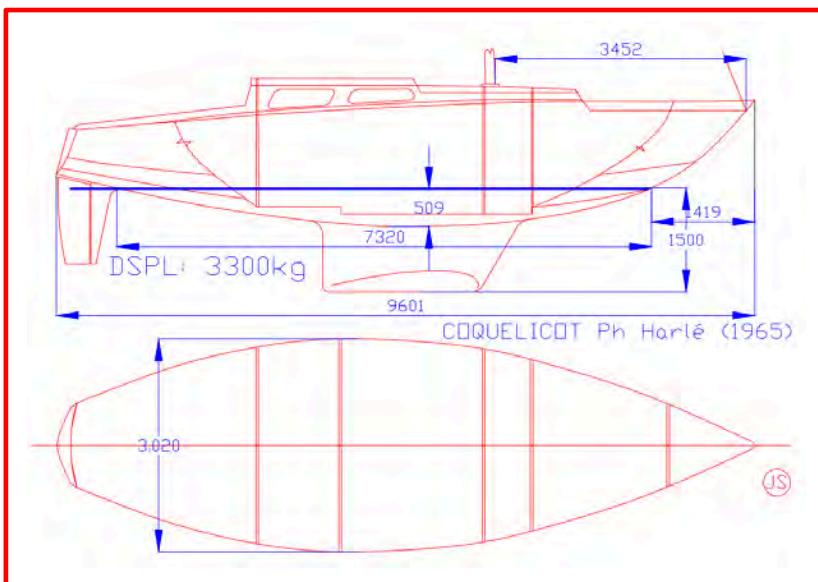
C'est une coque en aluminium de 5mm d'épaisseur à 2 bouchains (9.6m/3.00m/1.5m), pont et roof en CP, lest rapporté en fonte et safran posé sur un aileron arrière.

Sauvagine participe à de nombreuses courses du RORC et gagne le titre de Champion du RORC 1964.

Une version en contreplaqué marine de ce bateau verra le jour, 2 bateaux seront construits. Mauric dessine en 1966 le Super Challenger, aussi fabriqué en contreplaqué marine.



²² La construction d'une coque en strip-planking est une méthode qui consiste à coller de petites lattes de bois sur un mannequin inversé. Ces petites lattes sont souvent en variantes d'acajou, collées jointivement. Quand l'ensemble de la coque est terminé, on applique intérieurement et extérieurement un composite stratifié. Celui-ci offrira la résistance structurelle et mécanique à l'ensemble de la coque.

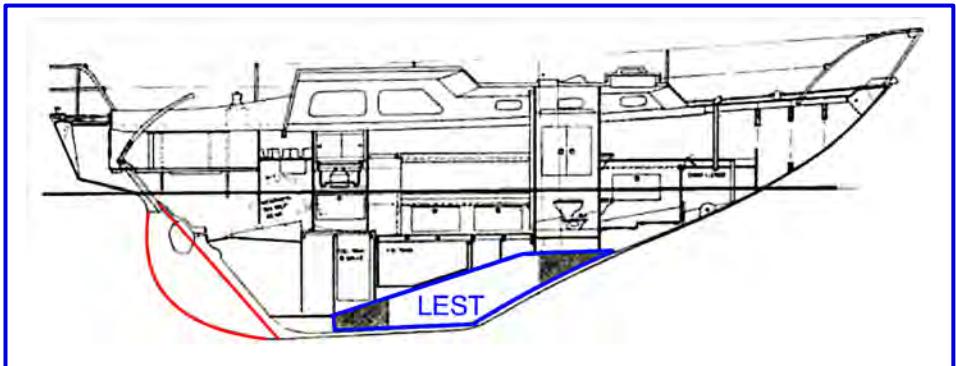


Un an avant *Sauvagine*, en 1963, le Nicholson 32 dessiné par Peter Nicholson et Charles A. Nicholson (Chantier Camper & Nicholson) était lancé. Il possède la particularité d'être un des premiers bateaux offshores construits en composite stratifié verre/polyester.

Par contre, au niveau architectural, le dessin du Nicholson 32 ne s'écarte ni des ratios et des formes conventionnelles, ni de l'esprit de la construction

classique avec un lest intégré dans la quille en polyester et un safran accolé à l'arrière de la quille.

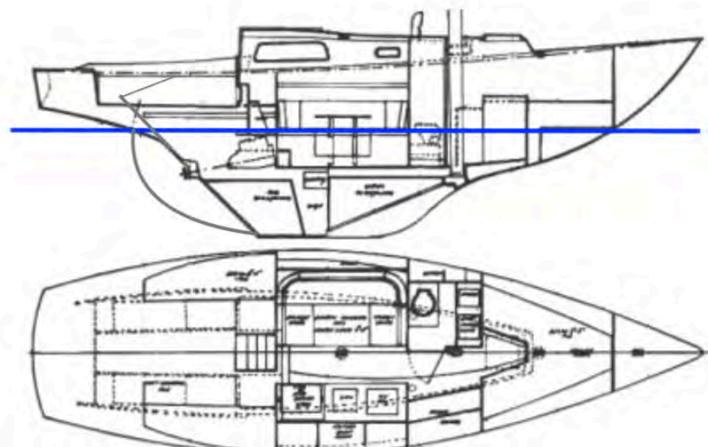
De l'autre côté de l'Atlantique, toujours en 1962, Bill Tripp dessine *Medalist*, un autre Classe 3. Bill Trip s'adresse au chantier Le Comte (Hollande) pour une construction en composite stratifié verre/polyester. Toutefois *Medalist* reste fidèle à l'architecture traditionnelle que l'on voit sur le Nicholson 32.



Par contre *Sauvagine* et *Medalist* innovent par leur ratio Bau/Longueur supérieur à 0.3. Cette architecture propre depuis longtemps à l'école américaine préfigure une nouvelle génération architecturale qui se développe alors en Europe.

	LHT	LWL	Bau	TE	DSPL	LEST	Ratio LEST/DSPL	GV	TRI AVANT	SA (Genois 150%)	SA ^{0.5}	J	FL
MEDALIST Mk1 (1962)-B. Tripp	9.960	6.860	3.050	1.520	5.307	1.678	0.32	22.85	19.55	53.76	7.33	3.61	11.42
NICHOLSON 32s (1962)-Ch. Nicholson	9.750	7.320	2.820	1.680	5.534	3.084	0.56	21.22	22.42	56.62	7.52	3.84	12.29
SAUVAGINE (1964 Classe 3 Ph. Harlé)	9.600	7.550	3.020	1.440	3.300	1.300	0.39	18.00	17.50	45.41	6.74	3.24	11.28
RABBIT (1965)-D. Carter	10.050	7.320	3.070	1.420	4.892	1.630	0.33	23.50	21.00	56.56	7.52	3.66	12.04
ARPEGE (1967)-M. Dufour	9.14	6.71	3.020	1.62	3.493	1.383	0.40	17.10	18.42	45.82	6.77	3.23	11.85

Si *Medalist* (ci-contre) reste très traditionnel au niveau de la distribution longitudinale de la carène (le lest est logé dans la quille et le safran se trouve toujours accolé à la quille), *Sauvagine* innove avec un safran sur un aileron détaché de la quille et surtout une quille en fonte (FinKeel et bulbe) rapportée directement à la coque.



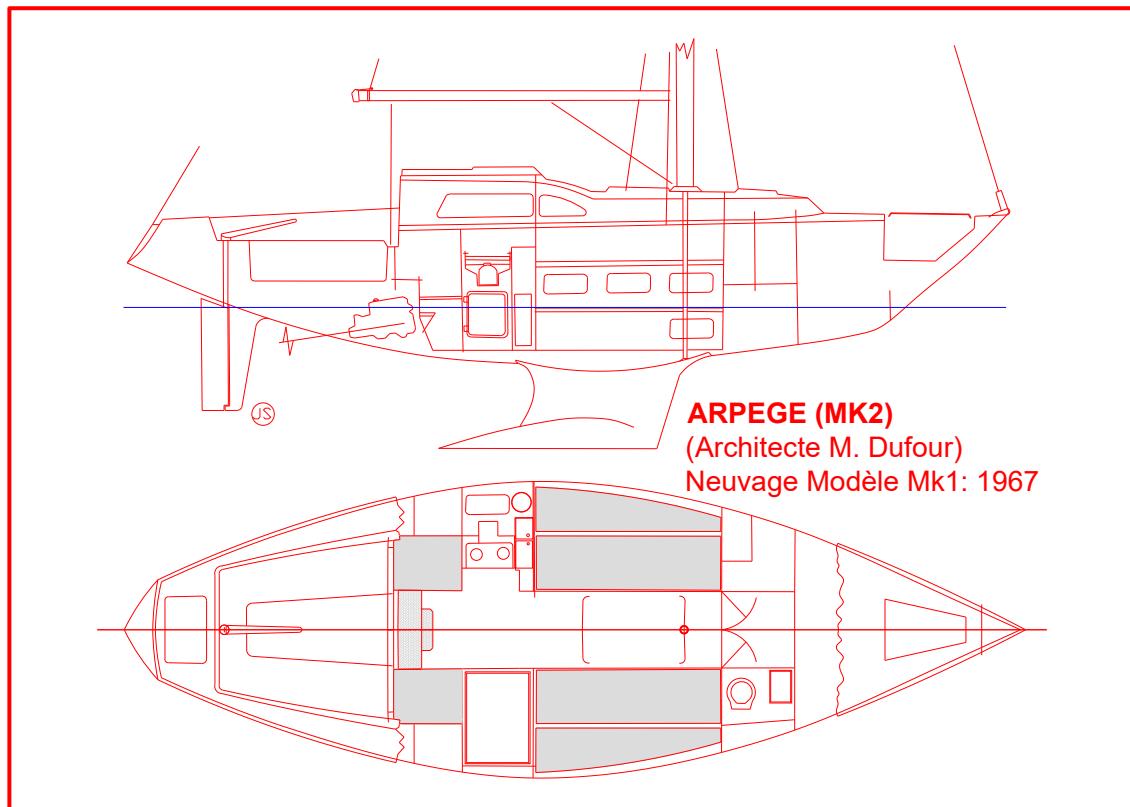
Les lestes (fonte ou plomb) restent longtemps encastrés dans la pièce de quille en stratifié comme cela se fait en construction classique. Il faut attendre le milieu des années 60 pour que les lestes soient définitivement rapportés directement sur le fond de coque, ce qui implique d'adapter les structures des coques en polyester à l'assemblage de ces types de lest.

Dans le milieu des années 60, un jeune architecte américain Dick Carter dessine *Rabbit*, un magnifique Classe 3, qui entre alors dans l'histoire, pour devenir une référence dans le renouveau de l'architecture navale en course au large.

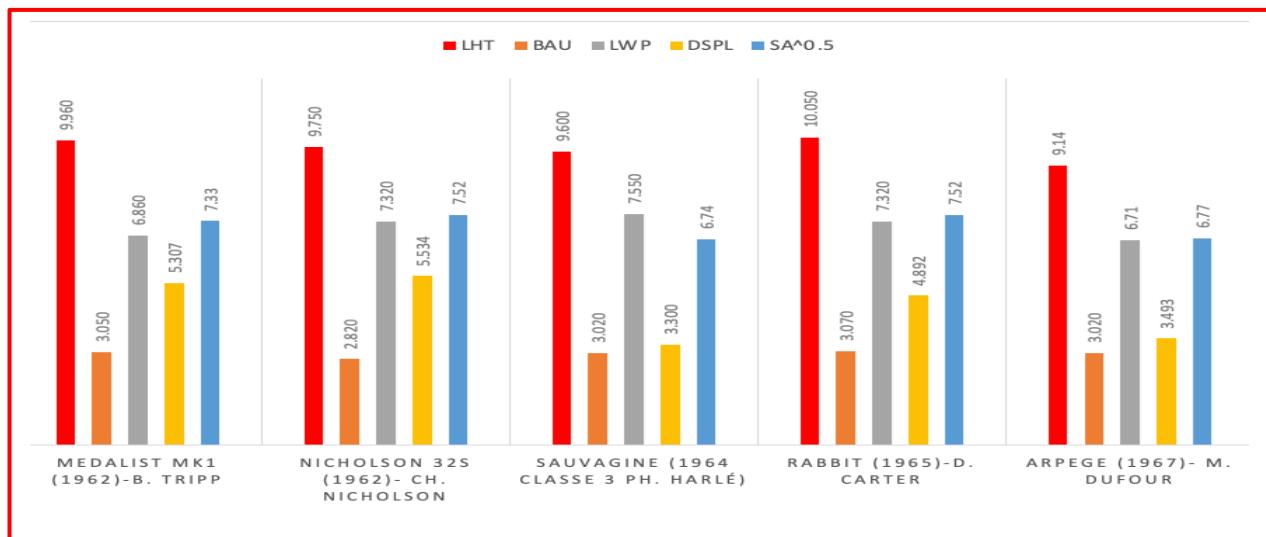
MEDALIST 33 MKII/III (LE COMTE)



En France, Michel Dufour lance en 1967, l'Arpège qui préfigure à la fois cette architecture moderne et surtout la naissance de l'industrialisation de la construction navale en plaisance.



On constate qu'entre 1962 et 1967, la génération des Classe 3 RORC s'harmonise étrangement. Les architectes de *Medalist*, *Rabbit*, *Sauvagine*, *Arpège*, *Super Challenger* ont compris où se trouvait la solution. Chacun, avec sa personnalité, exploite ces analyses.



Acte 11 : Rabbit pointe ses oreilles

Après beaucoup de participations à des courses offshore sur la côte Est des USA, dont le SORC, en 1963, Dick Carter participe au Fastnet de 1963 avec *Astrolabe*, qui est un modèle *Medalist 1* dessiné par Bill Tripp.

Une météo éclectique pour cette édition 1963 du Fastnet : vents d'ouest légers à modérés qui s'orientent au nord-ouest entre les îles Scilly et le Fastnet, pour devenir légers, variables ou calmes en mer celtique.

Au retour du Fastnet, le vent se ré-établit au NW en fraîchissant progressivement jusqu'à force 6/7. *Astrolabe* navigue sous spinnaker (moyenne 8.2 nœuds) sur cette fin de parcours. Dick Carter finit 4^{ème} en Classe 3 et 6^{ème} Overall sur 125 bateaux. Pour la petite histoire, l'architecte Dominique Presles²³ alors embarqué sur *Astrolabe* assiste Dick Carter pour le contrôle de la barre lors du retour un peu scabreux sous spinnaker.

Cette expérience sur ce *Medalist*, permet à Carter d'analyser le comportement de cette carène. Il en conclut qu'elle est excellente, performante avec des ratios très bien calibrés, mais elle manque de moyen de contrôle sous spinnaker par vent fort et mer formée.

De même, il recherche une méthode permettant d'améliorer les performances au près serré, car il pense que c'est dans ce domaine que les gains peuvent permettre de surclasser les adversaires.

²³ Dominique Presles (1939-2019) a dessiné beaucoup de bateaux (commerciaux, services) mais aussi d'excellents bateaux de courses croisières (RORC puis IOR), dont *Grand-Louis* pour André Viant engagé dans la première Course autour du monde. Il écrira aussi un ouvrage sur l'architecture navale (LA VILETTE 1998 et réédité DUNOD 2018) qui reste une référence sur ce sujet.

Le résultat de ses réflexions se traduit l'année suivante par le dessin de *Rabbit*.

Le safran se détache de la quille pour reculer au droit de la LWL statique. Apparaît alors un trimmer, implanté sur le bord de fuite du voile de quille (le trimmer restera très longtemps une signature des plans Carter).

RABBIT 1

LHT : 10.05m

LWL : 7.32

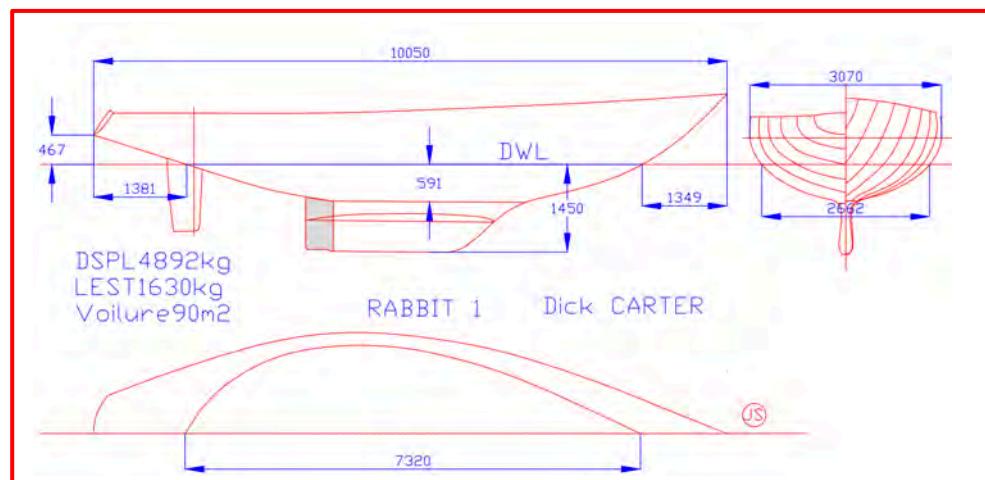
Bau : 3.07

Draft : 1.45 m

DSPL : 4892

Lest : 1630

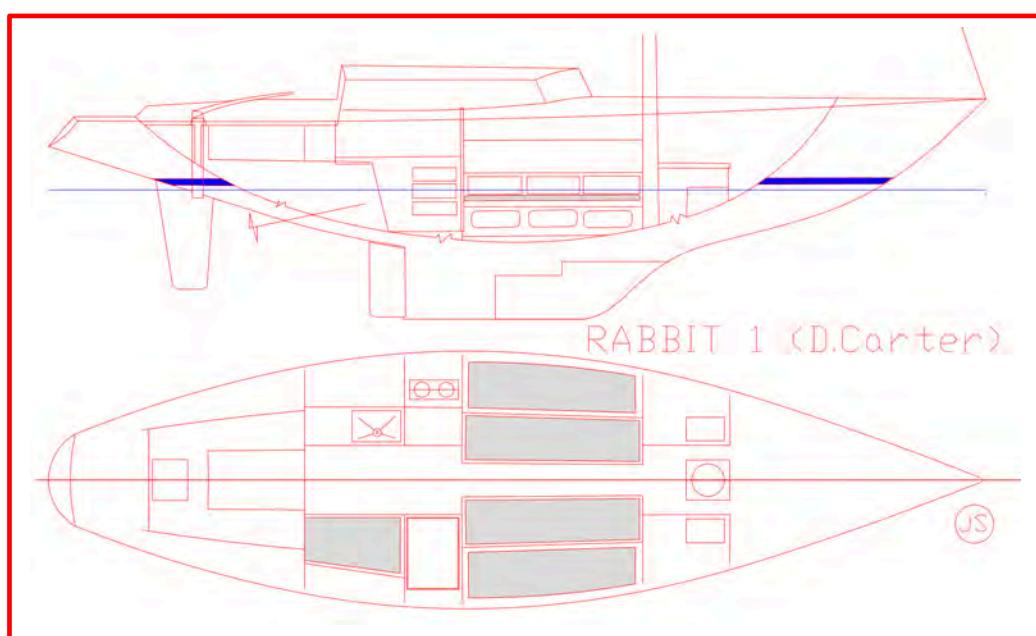
S (Près) : 90 m²



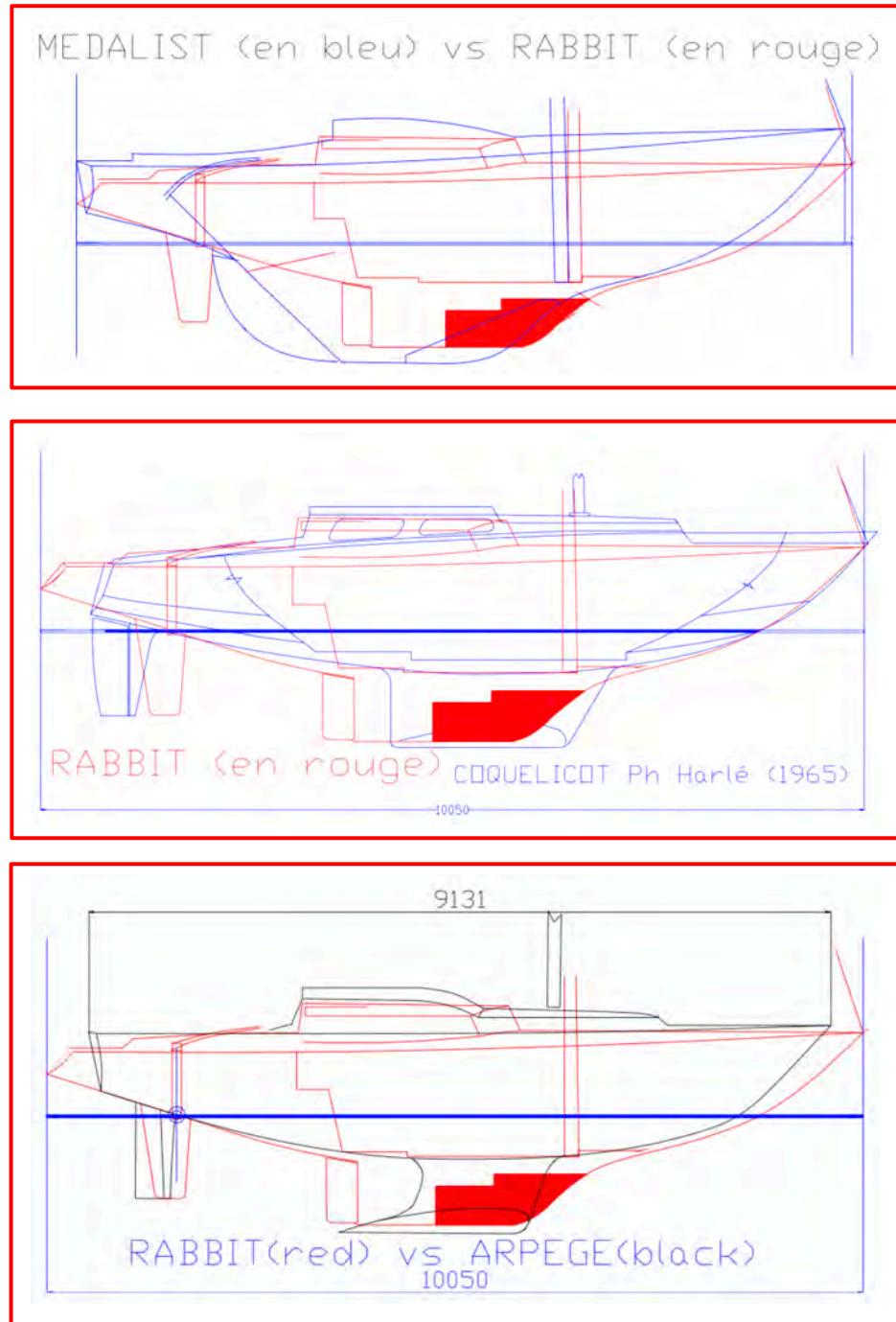
Le concept de l'époque des

voiliers de régate, impose qu'ils doivent être habitables en navigation mais aussi aux escales.

L'inspiration issue du dessin de Bill Tripp paraît assez flagrante. Pour autant, le choix de reculer la mèche de safran innove et combiné avec un trimmer transforme ce dessin en un bon bateau de près par rapport aux concurrents.



Mais pourquoi installer un volet orientable sur le bord de fuite de la quille, dont on remarque qu'elle n'est pas, sur *Rabbit*, intégralement rapportée à la coque comme ce sera le cas sur le Coquelicot ou sur l'Arpège ?



Les volets de bords de fuite sur les ailes d'avion permettent d'augmenter la cambrure de l'aile (profil asymétrique sur un avion) afin d'améliorer la portance au décollage ou à l'atterrissage lorsque la vitesse est plus faible. Toutefois, si le volet génère de la portance, il produit aussi de la trainée (frein). Tout se trouve alors dans le ratio portance/trainée qui doit être supérieur à 1.

Sur une quille, le profil étant obligatoirement symétrique, l'effet créé par un volet de bord de fuite est moins important et le ratio ci-dessus plus aléatoire. Cette action se nomme « trimmer », d'où l'expression usuelle sur un bateau de « trimmer » pour désigner ce type de volet.

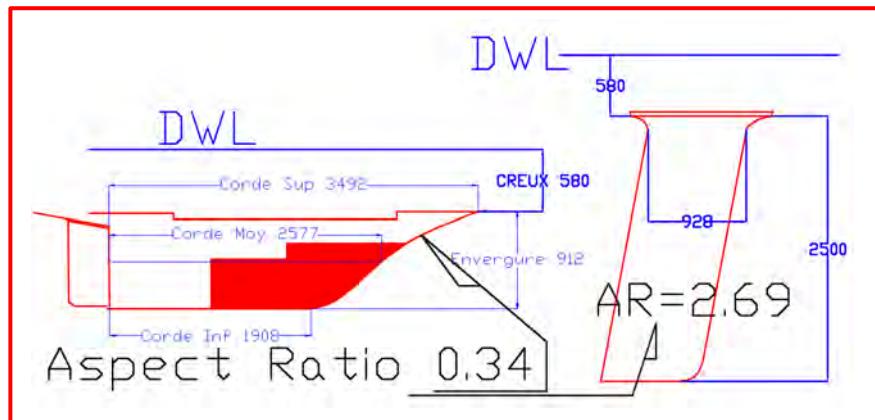
En fait, un autre paramètre aéro intervient, c'est l'allongement (Aspect Ratio en anglais) du voile de quille. L'expression de l'allongement s'écrit comme suit :

$$AR = \text{Envergure}^2 / \text{Surface projetée.}$$

Pour simplifier, les géométries latérales des quilles sont généralement soit rectangulaires, trapézoïdaux ou elliptiques.

En aéro, les essais en soufflerie montrent que la portance d'un profil croît avec l'allongement de l'aile.

Ainsi, pour une forme de quille, l'envergure correspond au tirant d'eau moins le creux de coque et la surface projetée est celle de la forme de profil de la quille.



Dans le cas de *Rabbit*, l'envergure (0.912m) de la quille est largement inférieure à la corde moyenne (2.577m). L'aspect ratio calculé (AR) est de 0.34.

En inversant les données, l'allongement devient 2.69... Certes, c'est exagéré puisque compte tenu du creux de coque on frôle alors les 3 mètres de tirant d'eau. Mais même en se limitant à 1.80 m ou 2.0 m, on obtient un gain d'aspect ratio (AR = 1.85) très important sur les performances.

Aujourd'hui le tirant d'eau d'un bateau de 10m avoisine 2m à 2.30m contre 1,42m pour *Rabbit* et les autres Classe 3.

Cette évolution (allongement) des dessins des formes de quille rend immédiatement le trimmer obsolète. En effet, avec une quille ramassée et un allongement de 0.354, le trimmer permet d'améliorer la portance, certes de peu, mais c'est toujours un gain appréciable.

Par contre avec un allongement de 2.69 ou de 1.85, le volet ne modifie que la 4^{ème} ou la 5^{ème} décimale des performances liées à l'allongement. Ce qui est largement annihilé par l'augmentation de la trainée et du TCC résultant puisque

ce type d'appendices est taxé par les jauge. J'ajoute, que sur *Rabbit* ou même sur les *Tina* (évolution de *Rabbit* en 11m), il ne fallait pas s'endormir sur le trimmer, car il devenait très facilement un frein à main redoutable.

Les dessins des architectes, dépendent énormément des règles de jauge du moment. La jauge RORC bride le tirant d'eau, mais c'est la tendance de l'époque car il existe peu de marina et de pontons. La construction classique rend aussi l'augmentation des tirants d'eau très complexe à cause des sollicitations mécaniques générées qui imposent des structures internes en acier.

La jauge IOR qui succède en 1971 à la jauge RORC, autorise une certaine augmentation du tirant d'eau ($DB = 0.146 * L + 0.610$ où L représente sensiblement l'expression de la longueur à la flottaison dynamique). Sur *Rabbit*, cela correspond à un tirant d'eau de base de 1.77m, soit 30 cm de plus qu'avec la jauge RORC.

Mais ce sont surtout les techniques de construction qui permettent une diminution des creux de coque et leurs traductions par une augmentation de l'envergure des lestes. Ainsi l'Allongement (AR) s'améliore et bien sûr annihile l'installation des trimmers.

Le début de l'architecture IOR

Acte 12 : De la Jauge RORC à l'IOR (1971)

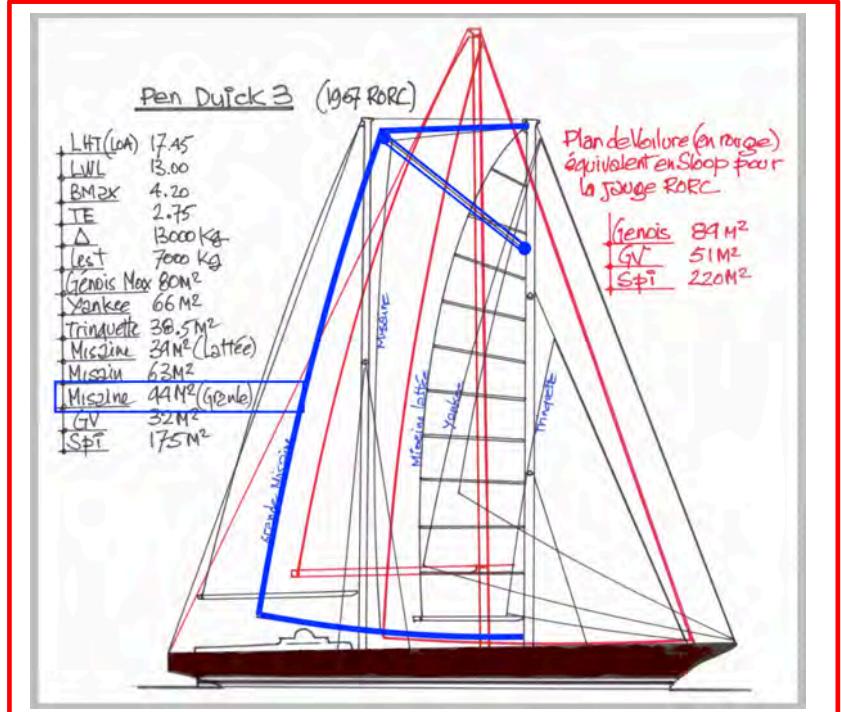
Avant que cette transition se réalise, certains coureurs exploitent à l'envi une Jauge RORC en fin d'existence. L'Admiral's Cup de 1967 en est l'image avec Éric Tabarly qui gagne le Fastnet sur *Pen Duick 3*

Lors de la conception de *Pen Duick 3* pour donner suite aux évolutions appliquées sur *Pen Duick 2* modifié pour la jauge CCA, Éric Tabarly repère une faille dans la règle de jauge RORC. Il constate que la règle taxe fortement une voile de misaine lattée enverguée sur le mât et la bôme. Les législateurs du RORC ayant considéré lors de l'écriture de la règle que la surface d'une misaine calculée comme un grand-voile triangulaire représente au maximum la 55% de la surface existante entre les deux mâts d'une goélette.

Toutefois, la règle n'impose pas la forme (ni une surface maximale) de cette voile car pourquoi limiter une quelconque voilure entre les deux mâts, sachant l'impossibilité à faire tenir et porter une voile ayant une tendance trapézoïdale.

Il suffisait qu'Éric Tabarly transforme la corne des voiliers auriques (*Pen Duick 1*) en wishbone pour contourner l'impossible. L'interprétation du texte de jauge permet ainsi de gagner quelques 60 m² de voilure, absolument gratuits en TCC.

Le RORC annihilera toute cette imagination lors des réunions de Londres de 1967/1968 en ajoutant tout un lot de règles contraintes interdisant ces pratiques.



En réalité, la carène se trouve au maximum de ses capacités liées au déplacement élevé du bateau, soit 13 à 14 Tonnes pour 13 mètres de longueur à la flottaison statique. Ce qui correspond à environ à 14 mètres en dynamique (avec les effets des élancements avant et arrière).

L'augmentation de la surface de voile ne permet pas des gains de vitesses extraordinaires puisque la carène ne plane pas.

Par contre, je reconnais que la photo est belle et met en évidence la puissance domestiquée.



1965	USA	Rabbit	Dick Carter	Dick Carter
1967	France	Pen Duick III	Éric Tabarly	Éric Tabarly
1969	USA	Red Rooster	Dick Carter	Dick Carter

Éric Tabarly repère aussi que l'on peut reculer la position de la chaîne avant (chaîne = mesure d'une évaluation du périmètre de la coque) si on dessine un avant à guibre, c'est-à-dire en donnant à l'étrave une courbure inversée. Jean Marie Finot procèdera de manière identique sur *Révolution* en 1973.

La mise en application de ces deux idées et principalement celle de la misaine à bordure libre et wishbone s'avère très concluante et permet à *Pen Duick 3* de rafler presque toutes les coupes de la saison 1967.

Il faut noter que le dessin de *Pen Duick 3*, en plus d'être performant et rapide, se révèle innovant avec sa coque en aluminium à trois bouchains.

La renaissance de la One Ton Cup

À l'initiative de Jean Peytel²⁴, membre du CVP, le Cercle de la Voile de Paris décide d'attribuer de nouveau la One Ton Cup²⁵ aux voiliers de 22 pieds de Jauge RORC.

Cette décision d'un club représentant l'image du Yachting dans les classes aisées, génère très rapidement un intérêt dans les cabinets d'architecture et dans les Yacht Clubs de culture anglo-saxonne.

Les dessins proposés rendront rapidement les architectures classiques des années 60 complètement obsolètes en termes de performances.

Pour la première One Ton au Havre (1965), c'est un Classe 2 RORC, dessiné par Olin Stephens *Diana III* (38 pieds, 11.58m/10 T) qui gagne, mais il y a peu de bateaux nouveaux. *Rabbit* ne terminera que 7^{ème}, mais c'est un Classe 3 (10.05 m, 5T).

Dans le cadre d'une Ton Cup, les bateaux régatent et sont classés en temps réel. Ce qui favorise la longueur à la flottaison dynamique.

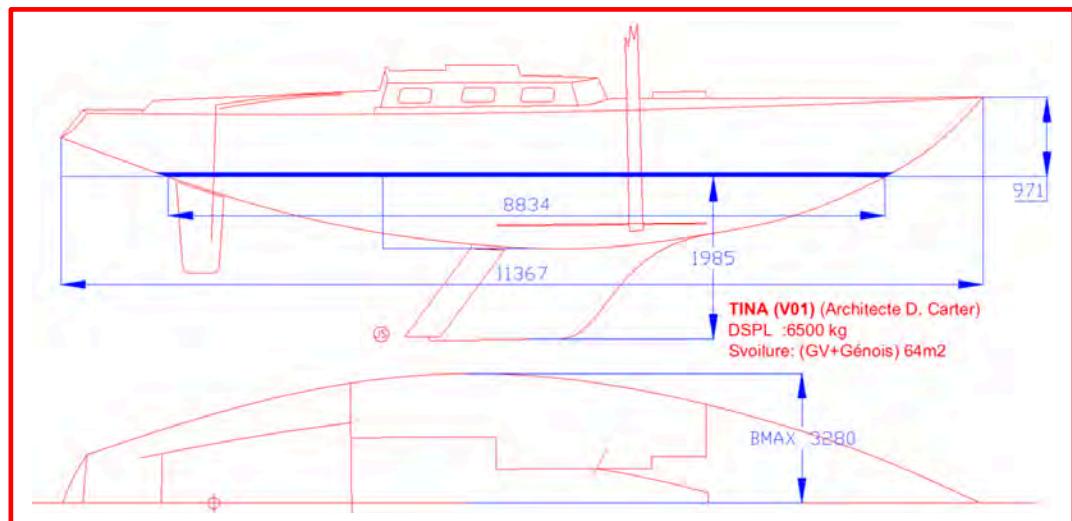
²⁴ Jean Peytel est un skipper français. Il a participé en quillard mixte pour deux personnes aux Jeux olympiques d'été de 1932 et 1948. Entre les deux, il a participé en 6MJI aux Jeux olympiques d'été de 1936

²⁵ En réalité cette Coupe date de 1899 (elle a été créée par le Cercle de la Voile de Paris).

Dick Carter s'impose avec un nouveau bateau un nouveau dessin TINA (11.37 m 6.5T) issu de la génération *Rabbit*.

1965 Le Havre	Diana III (DEN)	22 ft. RORC Rating	Hans Albrecht	Sparkman & Stephens
1966 Copenhagen	Tina (USA)	22 ft. RORC Rating	Dick Carter	Dick Carter
1967 Le Havre	Optimist (FRG)	22 ft. RORC Rating	Hans Beilken	Dick Carter
1968 Heligoland	Optimist (FRG)	22 ft. RORC Rating	Hans Beilken	Dick Carter
1969 Heligoland	Rainbow II (NZL)	22 ft. RORC Rating	Chris Bouzaïd	Sparkman & Stephens
1971 Auckland	Stormy Petrel (AUS)	27,5 ft. IOR Rating	Syd Fischer	Sparkman & Stephens
1972 Sydney	Wai Aniwa (NZL)	27,5 ft. IOR Rating	Chris Bouzaïd	Dick Carter
1973 Porto Cervo	Ydra (ITA)	27,5 ft. IOR Rating	Agostino Straulino	Dick Carter
1974 Torquay	Gumboots (GBR)	27,5 ft. IOR Rating	Jeremy Rogers	Doug Peterson
1975 Newport	Pied Piper (USA)	27,5 ft. IOR Rating	Jennings	Doug Peterson
1976 Marseille	Resolute Salmon (USA)	27,5 ft. IOR Rating	Carlo Scognamiglio Pasini	Britton Chance, Jr.
1977 Auckland	Red Lion (NZL)	27,5 ft. IOR Rating	Stuart Brentnall	Bruce Farr
1978 Flensburg	Tilsalg (FRG)	27,5 ft. IOR Rating	Klaus Lange	Ron Holland
1979 Newport	Pendragon (USA)	27,5 ft. IOR Rating	John MacLaurin	Laurie Davidson

TINA (V01)
LHT: 11.37 m
LWL: 8.83 m
Bau: 3.28 m
Draft : 1.985 m



Lors de cette édition N°2 de la One Ton Cup, Ted Hood terminera second avec *Robin 2*.

A noter que *Jettebeth 4* (sister-ship de *Diana III* qui gagna l'année précédente) termine à la quatrième place et *Diana III* finit 9^{ème}.

Carter renouvelle l'exploit en 1967 et 68 puis en 1972 et 73.

A la fin des années 60, les faiblesses techniques de la jauge RORC, trop calée sur le classicisme architectural initié par l'école Anglaise, conduit à préparer la fusion des règles de jauge du RORC et du CCA dans une nouvelle règle.

Cette orientation représente une véritable charnière dans l'évolution de l'architecture navale des bateaux de course au large en équipage.

Les deux jauge, RORC et CCA, s'appuyant chacune depuis près de 40 années sur un style d'architecture, stabilité de poids (RORC) et stabilité de forme (CCA), se doivent de converger vers un nouveau modèle plus scientifique et espèrent s'orienter vers une sorte d'universalisme des dessins.

Cette nouvelle règle (IOR) quitte aussi le giron d'un club (RORC ou CCA) pour être administrée par un organisme international créé pour la circonstance (l'ORC en 1970). Au sein de l'ORC, différents groupes de travail, dont le Research Committee et l'ITC (International Technical Committee) travaillent sur les évolutions et le contrôle de la jauge.

L'ITC, sous la direction d'Olin Stephens et de Bruce McPherson établit les bases de la règle IOR. Nouveauté de l'époque, l'ITC utilise les services d'un centre de calcul²⁶ pour programmer et détecter les possibles interférences et dérives pouvant se glisser dans les formulations mathématiques utilisées dans la nouvelle règle.

Il est étonnant que l'ISAF, World Sailing aujourd'hui (l'IYRU dans ces années 70), fédération internationale représentant la voile, n'ait pas à cette époque franchi le pas et ne se soit pas engagée dans cette politique de regroupement et d'administration de la course au large. A la fin des années 70, l'ISAF est politiquement d'abord un interlocuteur pour la voile aux JO, sous le contrôle des USA et de l'URSS.

En ces temps de confrontations des deux blocs, la course au large ne passionne guère l'ISAF (World Sailing) qui trouve bien pratique de déléguer à l'ORC les pouvoirs d'organisation, surtout lorsqu'ils sont tenus par des gens de culture anglo-saxonne.

Vingt ans après, l'ISAF absorbera l'ORC. L'ORC se recentre sur un nouveau modèle de jauge l'ORCi et l'ORC club (basés sur l'IMS et les VPP) et sur le domaine des Special Regulations qui gèrent la sécurité des voiliers en mer.

Il faut aussi noter que huit ans auparavant (1964), *Pen Duick 2* crée une autre rupture en présentant une carène et un process de construction rompant avec le classicisme en cours au début des années 60.

²⁶ En 1970, les « ordinateurs » étaient des « grosses machines » installées dans des locaux fermés (Centre de calculs) ou officiaient des informaticiens. Il faudra attendre le milieu des années 70 pour que de mini, puis de micro-ordinateurs deviennent disponibles et accessibles au « grand public ».

Avec le 2, Éric Tabarly ouvre la voie vers de nouvelles architectures de monocoques orientées vers ce que l'on nommera les Courses Open (en Solitaire). Éric Tabarly initiera ensuite très rapidement le passage aux multicoques.

Mais que ce soit en monocoque ou en multicoque, la régate hauturière en solitaire représente un chemin totalement différent de celui de la course en équipage, que ce soit au niveau humain ou technique (architecture, ergonomie, performances...).

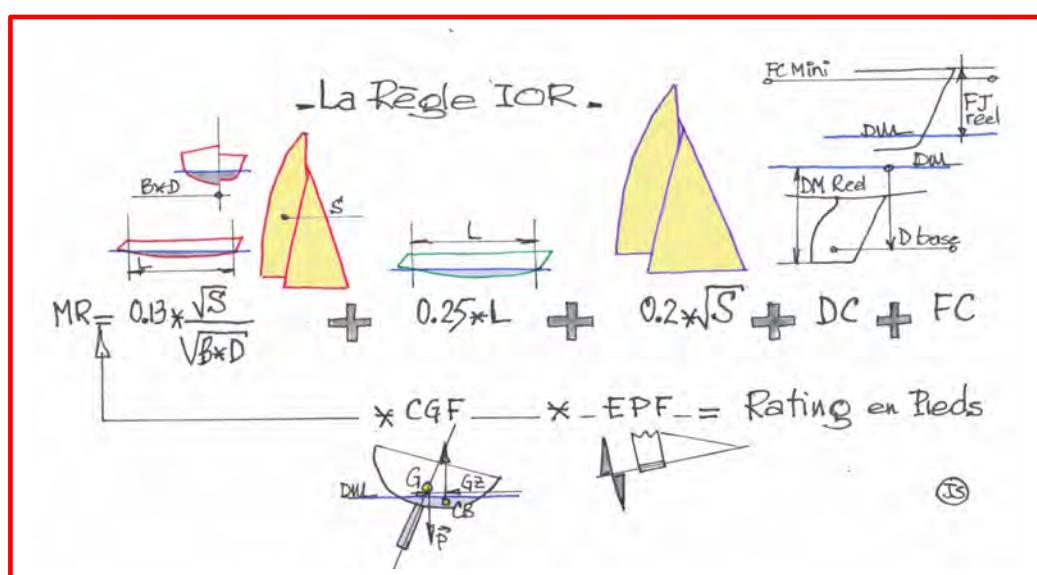
Acte 13 : La Jauge IOR s'installe

La nouvelle formule de jauge retenue par l'ORC reste très proche dans sa forme de celle du RORC. Elle se différencie toutefois par des mesures plus complètes afin d'améliorer la quantification des paramètres L, B, D, S²⁷ et par l'introduction d'une mesure de stabilité réelle aux petits angles de gîte. Idée et méthodologie empruntées à la jauge CCA. Cette dernière innovation combinée avec une évaluation du déplacement obtenue par quelques mesures ponctuelles se révèle le meilleur, puis le pire de la jauge IOR puisqu'elle contribuera un peu à sa perte. Mais l'interférence entre ces deux paramètres n'apparaît pas au moment de l'écriture de la règle.

L'architecture de la nouvelle Jauge IOR est au demeurant assez simple, elle s'exprime comme suit :

Jauge IOR = bases de la jauge RORC * indice de stabilité initiale (CGF)* autres coefficients (Hélice. Etc.).

Cet indice CGF étant toujours supérieur à 0,9680.



²⁷ L, B, D, S, Longueur flottaison dynamique, bau effectif, Creux, Voilure (surface)

L'indice de stabilité est censé représenter le potentiel de puissance du bateau aux allures de navigation en régate (voir supra l'acte 8). Donc, le CGF et le TCC (Le TCC est un nombre sans unité lié mathématiquement au rating qui évalue le handicap de chaque bateau et permet le classement dans les régates. 0.001 de TCC = 3.6 sec/heure de course) croissent lorsque la raideur du bateau augmente aux angles de navigation en régate. Reste à savoir si l'accroissement de TCC est compensé en permanence par le gain de vitesse.

Comme on l'a vu dans les pages précédentes, le principe d'Archimède gère l'équilibre latéral et longitudinal de tout corps flottant (navire), donc d'un voilier. Ce contrôle de l'équilibre est automatique puisque c'est le résultat de la rotation du bateau (à volume constant pour chaque bateau) sous la pression du vent autour du centre du volume immergé de la carène CC.

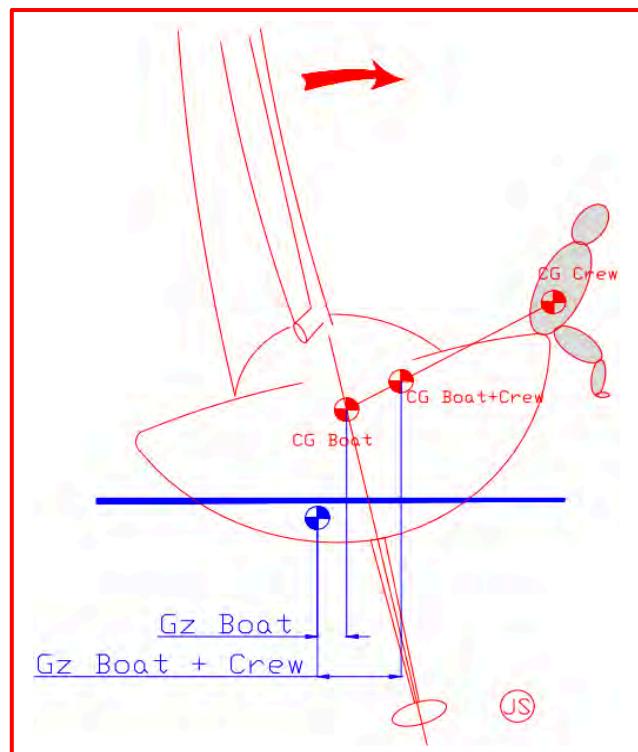
En théorie, le centre de gravité de bateau est considéré comme immuable pour chaque bateau, c'est-à-dire dans l'axe de symétrie et à une hauteur constante²⁸.

C'est vrai globalement. Mais en réalité, si vous installez l'équipage assis sur le livet de pont (au vent), vous déplacez le centre de gravité, vers le haut mais surtout latéralement.

Ainsi, le bras de levier Gz augmente, donc le RM.

Cette variation latérale dépend évidemment du ratio entre le poids du bateau et celui de l'équipage.

L'architecture navale, privilégiant la stabilité de poids (Influence de l'école Britannique) jusqu'aux années 60, le rappel de l'équipage n'apparaît pas comme un élément pouvant augmenter les performances. Les bateaux sont étroits, naviguent au près avec un angle de gîte assez important.



²⁸ Nous avons vu que cette position verticale dépend des échantillonnages liés à la construction et du lest.

L'emprise du roof sur le pont diminue la largeur des passavants et tous les bateaux possèdent des pavois destinés à compenser la faible hauteur du franc-bord imposé par la construction classique.

Cet état de fait représente une sorte de table de la loi, sauf que l'introduction de la mesure de la stabilité rend cette loi caduque. Mais les créateurs de la Jauge IOR ne perçoivent pas que le diable se cache toujours dans les détails d'une loi.

La Jauge RORC, et celle de l'IOR, évaluent un déplacement du bateau en utilisant la même méthode générale.

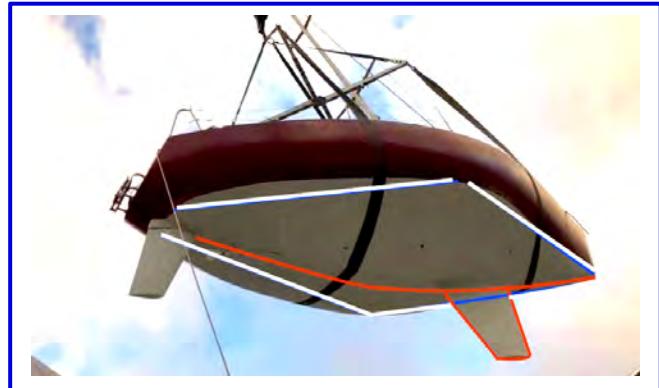


- ⇒ Définir longitudinalement deux couples transversaux sur le bateau (sensiblement au milieu et au quart avant de LWL),
- ⇒ Déterminer les creux de la carène à flot (un sur le couple avant et trois sur le couple milieu),
- ⇒ Mesurer à flot le BWL (Largeur à la flottaison) et des francs-bords avant et arrière,
- ⇒ Calculer en utilisant la formule ad hoc, le volume IOR de la carène immergée.
- ⇒ Le déplacement est le produit du volume calculé par la densité.

Des mesures de chaînes (longueur du pourtour de la coque) avant et arrière permettent d'ajuster ce volume. Il est évident que le volume calculé ne correspond pas au volume réel. Les architectes comprennent rapidement qu'il faut optimiser les valeurs linéaires des mesures des creux afin d'obtenir un calcul du déplacement fictif pour la jauge le plus grand possible. Le déplacement étant au dénominateur de la formule de calcul du Rating, le TCC baisse de quelques dixièmes de pieds.



Par contre au final on aboutit à des formes de carènes en losange qui resteront, certes la marque de fabrique IOR, mais dont le rendement hydrodynamique sera très affecté.



Pourquoi alors, cette ancienne méthodologie d'appréciation du creux, donc du calcul du déplacement, jamais détournée²⁹ pendant la période de la Jauge RORC, s'est trouvée rapidement exploitée par les architectes dès que la jauge IOR se met en place.

La réponse est multiple. D'abord de nouveaux matériaux deviennent disponibles (dont le composite verre/polyester) et permettent de nouvelles techniques de constructions (le moulage), qui autorisent des formes architecturales innovantes comme les fonds plats et les faibles rayons de courbure des couples formant les œuvres vives.

Rappelons que la construction classique à bordés jointifs, de par les faibles performances mécaniques des assemblages des pièces de bois entre-elles, interdit ce type de formes. Et cela, même en utilisant des organes de liaisons métalliques.

Ensuite une évolution de la société, ou la contestation du conservatisme apparaît partout et permet à une nouvelle génération de pousser les portes des Yachts Clubs. Enfin, le début de la diffusion des techniques liées au numérique, accaparé par cette jeune génération, contribue à trouver rapidement toutes les failles existantes dans les algorithmes de la règle de jauge IOR qui calculent L, S, B, D.

$$MR = 0,13 L \sqrt{\frac{S}{B \times D}} + 0,25 L + 0,2 \sqrt{S}$$

Mais la révolution ne s'est pas faite en un jour. Cette tendance architecturale d'exploitation la règle IOR se diffuse très progressivement.

Toutefois, les législateurs IOR (le fameux ITC) feront tout pour que les déplacements de bateaux restent importants. Ainsi l'ITC pénalise au fil des années toutes les velléités à dessiner des bateaux légers et rapides.

²⁹ A l'exception de la tentative sur *Myth of Malham* (cf. supra acte 4)

En introduisant l'indice de stabilité dans la formule IOR, le législateur IOR souhaite donc indexer le TCC avec la raideur initiale RM1° (Gîte en navigation de 15 à 25°). Cette volonté est logique puisque la raideur aux allures de navigation en régate influe directement sur les performances.

On pense alors que les architectes ajustent, lors de la conception, leurs dessins à la stabilité initiale qu'ils souhaitent obtenir, partant du principe qu'il existe une corrélation entre la carène et la stabilité initiale.

Cette hypothèse permet ainsi d'obtenir des indices de stabilité (CGF) qui évoluent logiquement à partir de 0.9680 vers 0.97, 0.99 à 1,002... 1,005 suivant les dessins des carènes et leur puissance aux allures de près.

La réalité sera toute autre.

Les architectes dessinent les bateaux (devis de poids) afin que le CG dans les conditions de jauge (sans équipage), permettent systématiquement d'obtenir un calcul du coefficient multiplicateur CGF égal à 0,9680 correspondant à la valeur minimale retenue par l'IOR.

Associé aux formes de carènes qui se calquent sur les points de mesures imposés (voir ci-dessus) cela permet d'obtenir le **Rating Mesuré * CGF optimum**.

Certes le bateau manquera de raideur, mais son rating sera minimal.

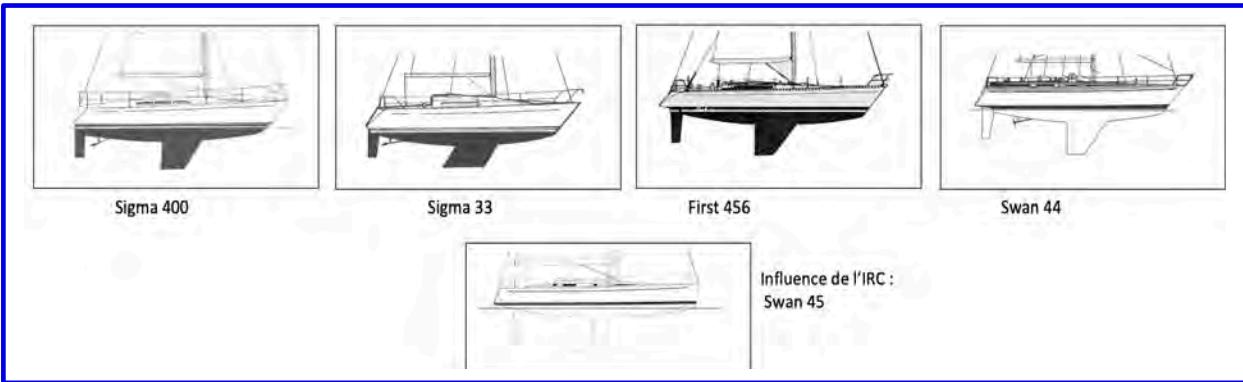
Afin de compenser ce défaut de raideur et retrouver le niveau de performances au près, les architectes (et les équipages) utilisent alors tous les moyens licites et illicites possibles.

- *Moyen licite* : Rappel de l'équipage³⁰ dans les filières (cette notion de rappel dans les filières n'existe pas avec la Jauge RORC, d'abord parce que les bateaux étaient équipés de pavois assez haut et surtout parce que la stabilité n'était pas mesurée (donc pas de coefficient CGF)).
- *Moyen illicite* : le matossage des équipements, bien que cette pratique qui consiste à stocker au vent tous les objets pesants du bateau soit interdite (Règle 51 des RCV). Certaines Classes amenderont cette règle (VOLVO, IMOCA, etc....).

L'introduction de la stabilité dans la règle IOR, devient in fine, une norme de conception³¹. C'est ainsi que les lestes à profil trapézoïdal équiperont tous les bateaux de série... qu'ils soient destinés à la régate ou à la croisière. Et cela existe encore aux débuts des années 2000.

³⁰ Le poids de l'équipage n'est en principe pas limité. En Ton Cup le nombre d'équipiers est par contre limité.

³¹ En 1971... jusqu'en 1981/82, il y avait peu d'ordinateurs et pas de certification CE (1996). L'IOR était le seul organisme qui imposait une réelle mesure et un critère de stabilité à respecter.



Les lests à bulbes, présents en Jauge RORC, disparaissent du paysage nautique durant près de 25 ans. Les bulbes réapparaissent avec la jauge CHS/IRC et ORC.

Afin de mettre le bateau dans ses lignes d'eau (le poids de la coque, du mât, et des emménagements ne suffisent pas), il faut le lester. Pour cela l'architecte dispose de plusieurs solutions :

- Assembler sous la coque une quille dont la masse est égale au déplacement prévu moins les masses de la coque, du mât, et des emménagements, etc...
- Ou, autre solution, concentrer dans les fonds de la coque, sous forme de gueuses de plomb cette masse nécessaire. Mais cette option ne fonctionne que si la carène est dessinée pour produire par sa forme, une stabilité³² initiale importante, c'est dire posséder une largeur et une surface de flottaison généreuse. On revient à la stabilité de forme.

L'IOR connaît un succès rapide, mais paradoxalement une durée de vie éphémère, une vingtaine d'années seulement. Les moyens de calculs et les nouveaux matériaux générant de nouvelles méthodes de construction, mis dans les mains d'architectes quelques peu fougueux et surtout talentueux auront sa peau.

En plus des architectes, dans un premier temps, des propriétaires et jaugeurs possédant de par leurs professions ou leurs relations des entrées dans des centres de calculs, utilisent ces puissants ordinateurs pour programmer les formules de la Jauge et débusquer certaines failles³³.

Ensuite des calculatrices programmables, comme la fameuse HP41C, suivie des PC des années 75/80 permettent à tout esprit motivé de se lancer dans l'aventure de l'optimisation à condition de traduire les formulations mathématiques de la règle IOR en programmes informatiques.

³² On nomme cette particularité architecturale : Stabilité de Forme

³³ Il y a pratiquement toujours des failles dans un algorithme, et donc des zones de calculs exploitables afin de minorer la taxation.

Acte 14 : Et pourtant l'idée de s'intéresser à la stabilité était excellente

On a beaucoup glosé sur cet indice de stabilité ($CGF \geq 0.9680$). Il est exact que lors de la conception des bateaux, le facteur CGF égal à 0.9680 paraît déterminant.

On arrive même à la solution extrême où les propriétaires remontent les rivières afin de trouver une zone où il est possible de réaliser les mesures de stabilité, dans une eau de densité égale à 1. Ainsi le bateau s'immergeant davantage, les francs-bords avant et arrière diminuent, ce qui augmente un peu la surface de flottaison et le déplacement. Les mesures de creux et le BWL augmentent. Ce gain de surface de flottaison (inertie transversale) et de déplacement permet d'atteindre, uniquement pour les mesures et le calcul du rating IOR, le fameux facteur de stabilité de 0.9680.

Ces deux paramètres (surface flottaison et déplacement) surévalués à cause de la différence de densité de l'eau ($1.025/1.000$) diminuent le TCC associé au rating, de 0.001 voire de 0.002 millième ($2/1000$ c'est 7.2 sec/heure.... A 6 nœuds ... – 3.08 m/sec-. Sur 3 heures de course : 21 secondes soit 63 mètres...).

Une fois en mer, le bateau retrouve ses lignes d'eau d'origine avec moins de surface mouillée, moins de déplacement et en conséquence moins de stabilité mais toujours avec un TCC plus faible par rapport à celui qu'il aurait obtenu si les mesures avaient été réalisées en eau de mer.

Tout cela ressemble un peu à de la tambouille et fut vite stoppé par une modification de la règle IOR.

Toutefois, et même encore aujourd'hui, pour beaucoup de personnes, cet indice de stabilité (CGF) introduit dans la Jauge IOR apparaît comme une incongruité. Mais est-ce objectivement vrai ?

Il faut revenir sur le déroulement de l'histoire afin de bien analyser l'effet réel de cet indice de stabilité, car si les 30 dernières années du siècle commencent par la mise en place de l'IOR en 1971, un nouveau terrain de jeu apparaît aussi...

Acte 15 : En 1973 la course au large s'attaque au tour du monde.

Après le Golden Globe Challenge lancé à l'initiative de Francis Chichester en 1968, évoqué dans l'introduction de cet ouvrage, la Royal Naval Sailing Association lance la Whitbread Round the World Race.

Ce sera la première réelle régate autour du monde par les trois caps. Elle promet aussi d'être l'Aventure du siècle.

Cette course en équipage de 26000 milles, avec des étapes de 35 à 40 jours de mer est qualifiée de hors norme. Elle utilise la règle IOR.

Au début des années 70 (donc de l'IOR), mais aussi depuis la nuit des temps, les architectes et encore moins les propriétaires ne s'intéressent à l'angle de chavirage... pour la simple raison que l'on connaît extrêmement peu de cas réels de chavirage.

Il existe aussi une idée largement répandue, qui veut qu'un bateau possédant une quille ou un lest rapporté, revient naturellement en position de gîte 0°, dès qu'on l'écarte de cette position d'équilibre, donc ne pas chavirer...

Compte tenu de ces certitudes et de l'utilisation de la règle IOR (sous-entendu, chapeautée par l'ORC), aucun doute n'existe au départ de cette première Whitbread quant à la stabilité globale des bateaux.

Seules les potentielles vagues déferlantes dans les mers du Sud inquiètent vraiment les équipages.

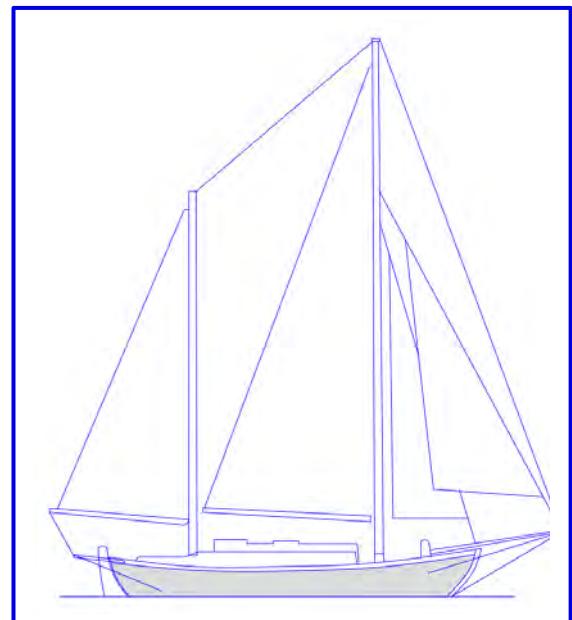
D'ailleurs, aucune des éditions ne connaît de problèmes liés à la stabilité et à une potentielle situation de chavirage. Les seuls événements tragiques sont des équipiers qui tombent à l'eau et ne peuvent pas être récupérés.

Mais la Whitbread n'était pas la première course autour du monde.

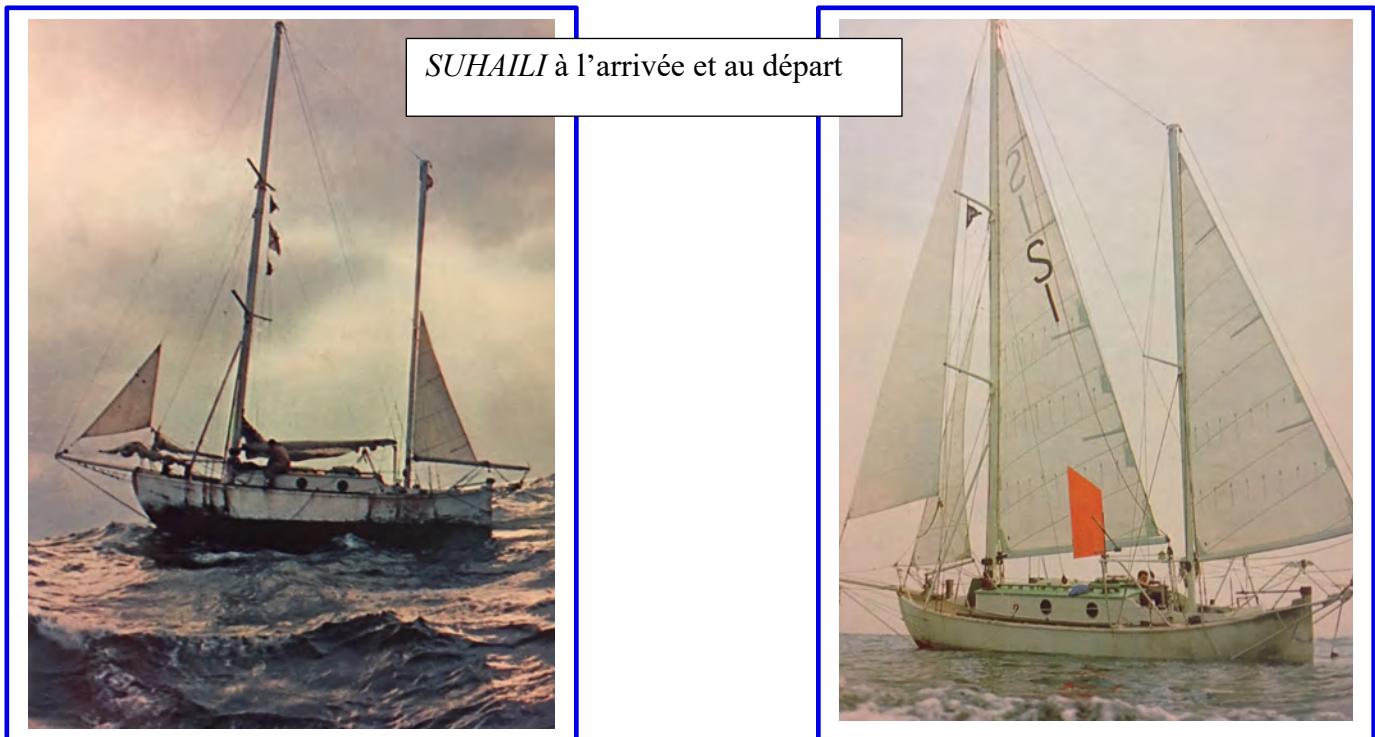
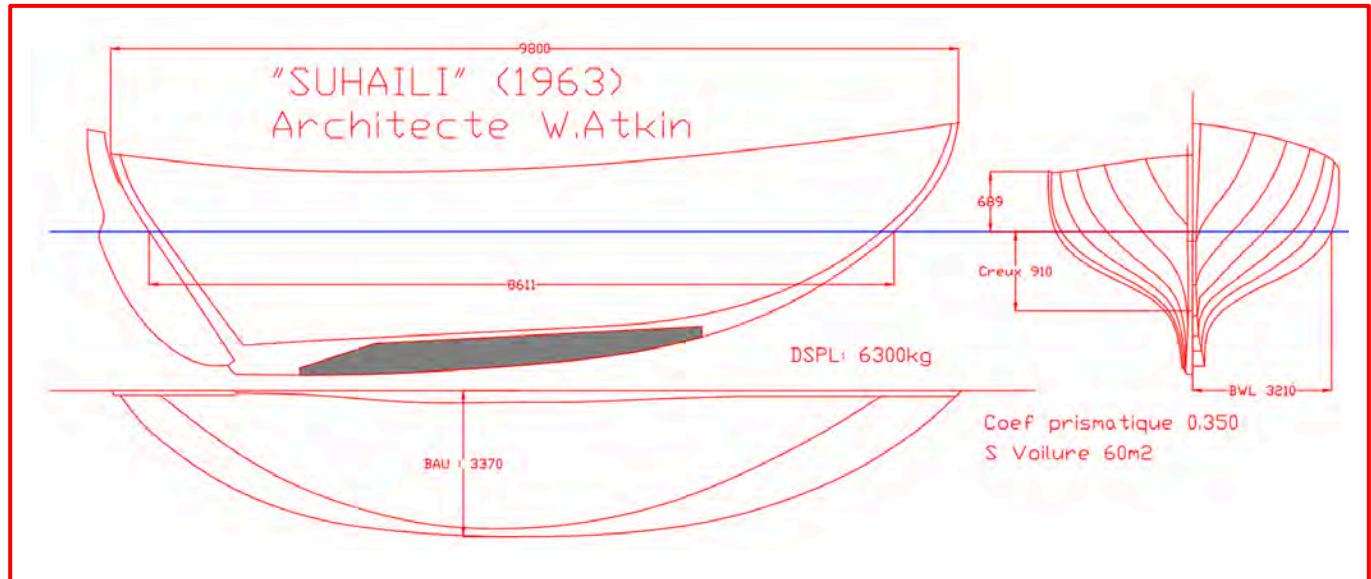
En effet, Robin Knox-Johnston³⁴ a déjà bouclé (1968/1969) en solitaire le Golden Globe Challenge en 313 jours (Moyenne 90 milles par 24h).

Mais cet exploit d'un homme représente plus un événement hors du commun qu'une régate offshore puisque les concurrents choisissent leur date de départ et, qu' hormis le respect du règlement pour prévenir les abordages en mer (RIPAM), il n'y a pas d'autres règles de course.

Son bateau, construit en teck à Bombay, sur des plans très inspirés des dessins de l'architecte norvégien Colin Archer (1832-1921) n'est pas un modèle de régate et n'est pas supervisé par une autorité supérieure ou une société de classification.



³⁴ Bernard Moitessier réalisera le même parcours, mais à sa façon. Loïck Fougeron abandonnera au 2/3 du parcours suite à des problèmes techniques mais aucun des deux ne rencontre des problèmes de stabilité.



Après 313 jours jour de mer sans escale, le bateau a vraiment souffert surtout dans les vents faibles du fait de sa très faible vitesse ou même encore durant son immobilisation pendant plusieurs heures voire jours. L'état des œuvres vives montre qu'elles ont été attaquées, polluées par les parasites. Toutefois ce n'est finalement pas un mauvais bateau puisqu'il ramène son skipper à son point de départ.

L'idée de lancer une régate en équipage sur des bateaux IOR, par les trois caps en laissant l'Antarctique à tribord, représente une aventure qui n'a donc réellement jamais été tentée.

Certes, Chay Blyth qui avait pris le départ du Golden Globe Challenge et abandonné après le passage du cap de Bonne Esperance, s'était lancé en 1971 dans un record du tour du monde en solitaire sans escale d'Est en Ouest (ce qui signifie : Antarctique à bâbord) qu'il réalise sur *British Steel* (Ketch de 17.98 m) en 292 jours. Mais le sentiment de véritable régate n'existe pas dans ces aventures extraordinaires car il n'y a pas de flotte homogène et de perception de compétition entre des concurrents.

La communauté des coureurs, ainsi que les propriétaires accueillent le lancement et le format de la Whitbread avec enthousiasme. Durant toute la période IOR de la Whitbread (courue tous les 4 ans), de 1973 à 1989, les propriétaires, mais aussi des groupes de passionnés regroupés en syndicats se lancent avec détermination dans cette aventure.

En 1973, le sponsoring en voile est encore très balbutiant, comme d'ailleurs l'audience sportive de la régate offshore. L'évocation de contourner les trois caps de l'hémisphère sud oblige d'ailleurs beaucoup de gens à rouvrir leurs atlas afin de prendre conscience du défi que représente cette course.

En France, pour la 1^{ère} édition, le milieu IOR s'engage sur des bateaux existants ou en faisant dessiner des bateaux qu'ils pensent adaptés à ce programme. Ce sera notamment le cas d'André Viant qui commande une goélette (IOR) à Dominique Presles. Cette commande stipule que la carène doit être celle de sa goélette *Saint Papa* commandée quelques années auparavant, mais avec des superstructures et un gréement adapté aux mers du sud. Jack Grout se décide pour un ketch dessiné par Gorges Auzépy-Breneur.

Années	Bateaux (Architectes)	LHT	LWP	Bau	Draft	DSPL	Rating (Pieds)	Rang
1973/74	Grand-Louis (D. Presles)	18.50	14.95	4.60	2.65	22000	44.5	3 ^{ième}
	Kriter (Auzépy-Breneur)	20.30	15.60	4.80	3.00	22500	50.6	4 ^{ième}
1973/74 1977/78	33 Export NEPTUNE (A. Mauric)	17.50	13.00	4.70	2.50	15000	44.5	12 ^{ième}
		18.225	13.64	5.38	2.08	21000	44.5	8 ^{ième}
1981/82	FLYER 2 (G. Frers)	23.16	19.81	5.49	3.57	30386	67.7	1 ^{ier}
	Charles Heidsieck (G. Vaton)	20.40	15.97	5.05	3.27	20190	54.4	2 ^{ième}
	Kriter IX (G. Frers)	18.99	15.60	4.97	3.04	19300	53.1	3 ^{ième}
	DISQUE D'OR (B. Farr)	17.78	13.76	5.04	2.76	14178	46.6	4 ^{ième}
	Mor Bihan (Joubert/Nivelt)	14.81	12.72	4.70	2.49	12782	46	7 ^{ième}
	Gauloise III (Ron Holland)	19.20	15.20	5.00	3.05	22000	51.9	ABD
1985/86 1989/90	L'Esprit D'équipe (Ph. Briand)	16.40	11.90	4.40	2.50	17250	46.6	1 ^{er} 1 ^{er}

Jean-Pierre Millet et Dominique Guillet récupèrent l'ancien *Raph*, dessiné par André Mauric (Ostar de 1968), pour Alain Gliksman. *Raph* est rebaptisé 33 *Export*³⁵.

Éric Tabarly prend le départ avec *Pen Duick 6*, impressionne jusqu'à l'équateur avant de démâter au large du Brésil. Un mât de rechange lui est alors livré. Il réalise une excellente 2^{ème} étape (Océan Indien), puis rapidement (24H) après le départ de Sydney pour l'étape dans le Pacifique sud et le passage du Cap Horn, le mât tombe de nouveau.

Dans le Sud, lors d'une période météo dantesque, Paul Waterhouse sur *Tauranga*, un Yawl Italien de 16.92m dessiné par Olin Stephens ainsi que Dominique Guillet (sa longe de harnais casse) sur 33 *Export* passent par-dessus bord et ne sont pas retrouvés.

Il faut prendre en compte que la météo couvre très mal ces deux océans où le trafic maritime commercial est pratiquement inexistant, que la limite des glaces dérivantes est très peu renseignée et surtout que les bateaux naviguent sur la base de l'estime, puisque le soleil (pas toujours présent) et l'horizon (pas toujours visible) restent indispensables pour l'utilisation du sextant.

Quelques bateaux français dans l'épopée Whitbread IOR 73/74



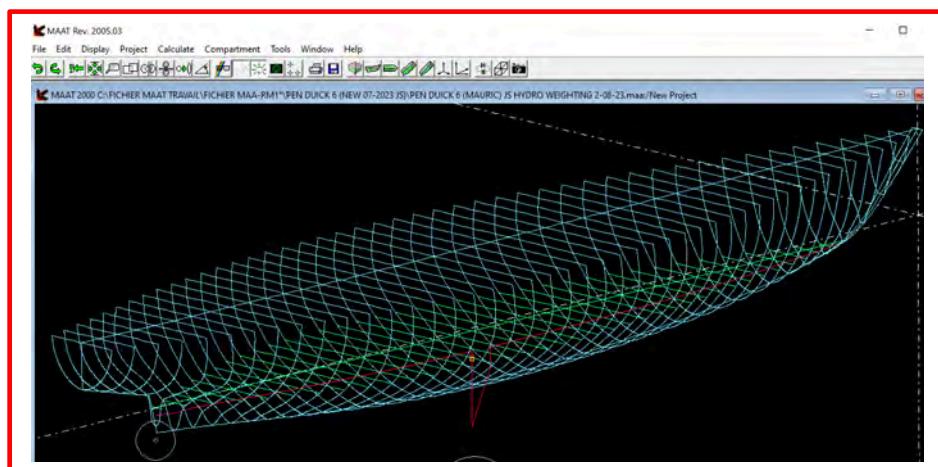
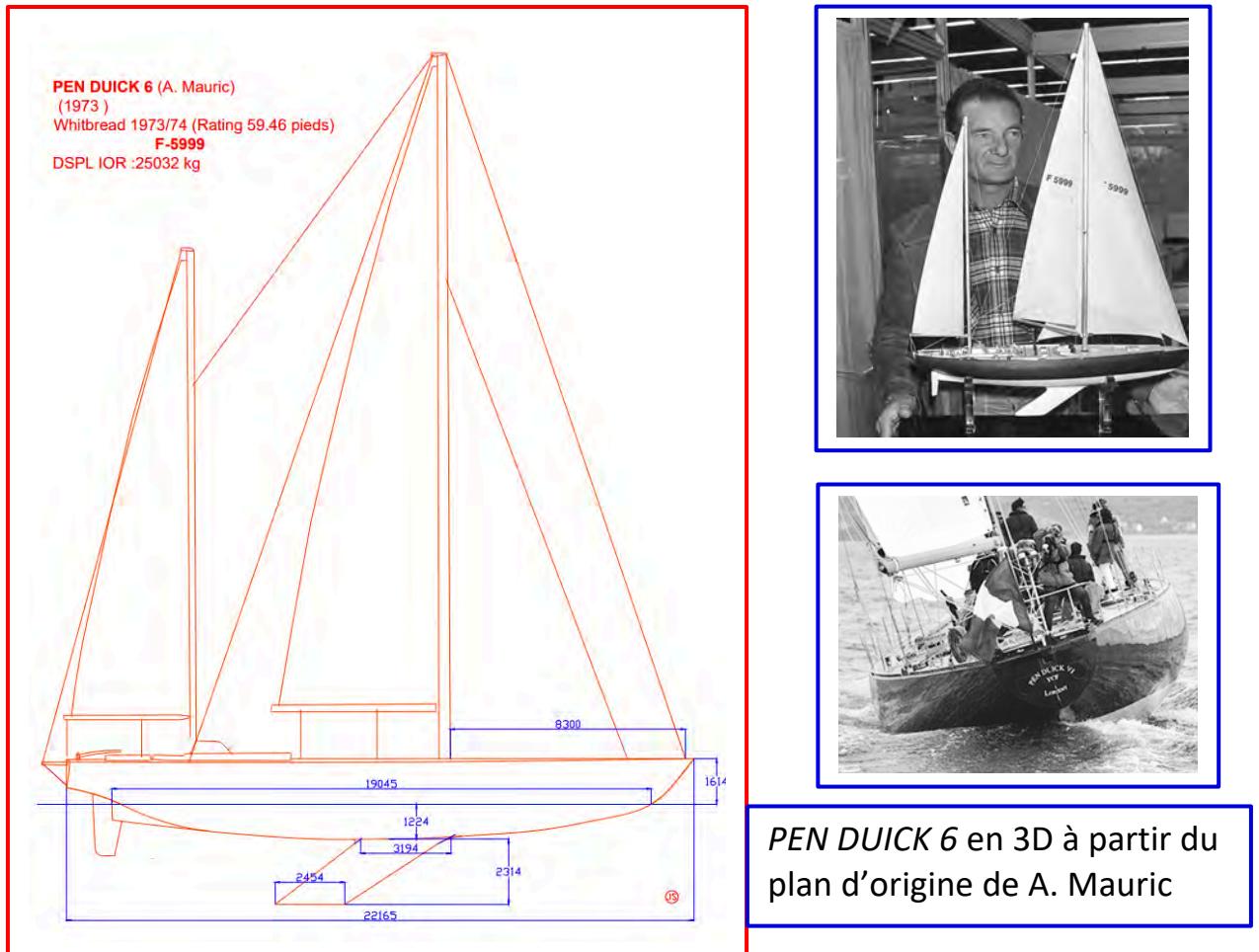
Grand-Louis et Kriter (ci-dessus)
WHITBREAD 1973/74

Il est certain que les architectures choisies par les propriétaires sont très éloignées des bateaux IOR des courses offshores de l'époque, furent-elles prestigieuses. *Pen Duick 6*, conçu spécialement pour cette première Whitbread, apparaît comme une machine de guerre où le confort semble assez proche de celui des sous-mariniers de la Ww2.

³⁵ Ne pas confondre avec l'autre 33 *Export* rebaptisé *L'Esprit d'Équipe* dessiné en 1981 par Philippe Briand et qui gagnera toutes classes la Whitbread en 1985/86 et dans sa classe en 89/90 sous le nom de *Esprit de Liberté*.

A l'opposé, certains propriétaires conservent l'esprit Course-Croisière, d'autant plus que ces dessins IOR sont toujours encore sous l'influence des années RORC. Ces carènes à déplacement élevé (17T, 20T, 22T sans les équipages, ni vivres) limitent les moyennes archimédiennes qui oscillent autour de 9, 10, 11 nœuds.

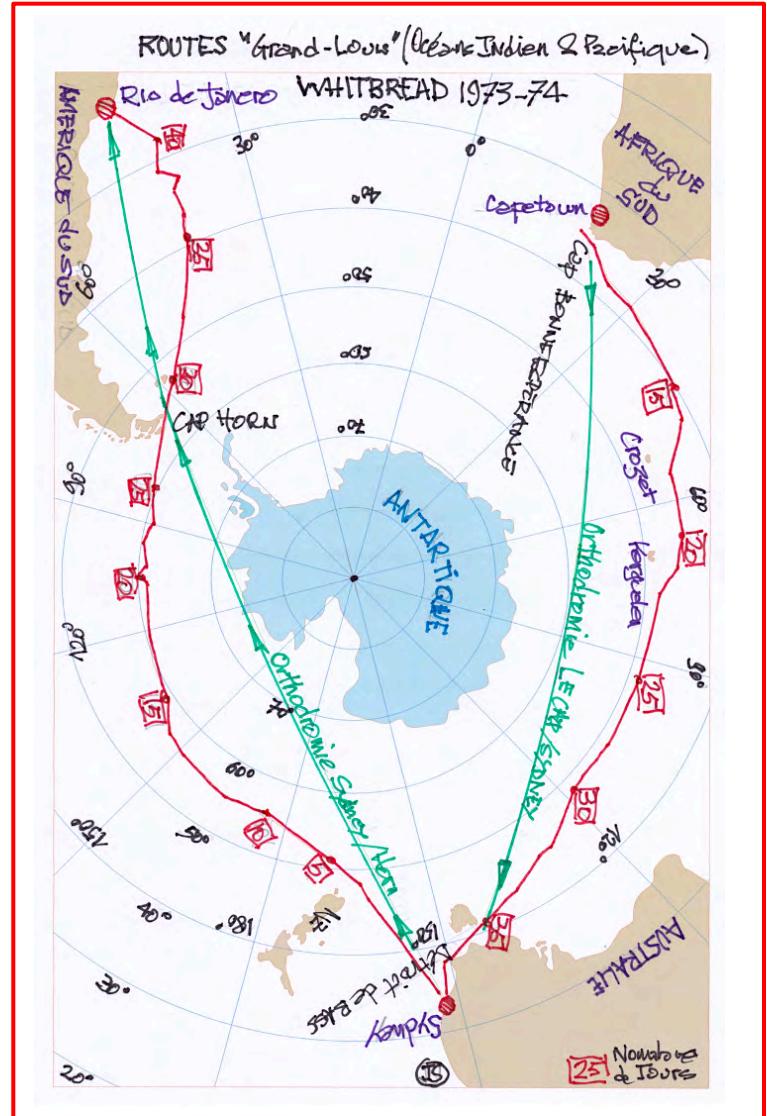
— Patrice Carpentier qui naviguait (Whitbread 73/74) sur *Grand-Louis* m'a raconté qu'aligner 240 milles en 24H ne s'est produit qu'une seule fois.



Chaque étape représente quelques 30 à 35 jours de mer, dans un confort très relatif, bien que les bateaux de propriétaires aient souvent conservé les aménagements d'origine et qu'une couchette soit affectée à chacun des équipiers. A l'époque, il n'y a pas de nourriture lyophilisée (à part le café), pas de dessalinisateur, alors on embarque des stocks de conserves, de vivres frais pour une petite semaine.

Anecdote : sur *Grand-Louis* il y avait un congélateur qui a permis de manger du frais durant toutes les étapes. À cela s'ajoutait l'eau, le vin (ou de la bière). Sur quelques bateaux un équipier assure la fonction de cuisinier C'est presque le luxe.

Aujourd'hui, les cabines, le vin, la bière, la viande, les cuisiniers et l'eau en bouteilles ont disparu depuis longtemps. Les couchettes superposées sur cadre, l'eau dessalée, la nourriture déshydratée et les barres énergétiques sont de rigueur.



	WHITBREAD 1973			WHITBREAD 1981			WHITBREAD 1985			WHITBREAD 1990		
	SAYULA II (Swan 65)	ADVENTURE Nicholson 55	GRAND- LOUIS (D. Preles)	FLYER 2. (G. Frers)	Charles Heidseick 3 (G. Vaton)	L'Esprit d'Equipe. (Ph. Briand)	UBS Switzerland. (B. Farr)	STEINLAGER 2. (B. Farr)	MERIT (B. Farr)	Charles Jourdan (Ribadeau- Dumas)		
LHT	19.68	16.64	18.50	23.16	20.40	17.60	27.50	25.80	24.58	22.00		
LFLT	16.57	14.04	14.95	19.81	17.42	15.02	19.16	20.29	21.28	20.38		
DRAFT	3.01	2.50	2.65	3.57	3.28	2.80	4.00	4.00	3.90	3.20		
BAU	4.97	4.40	4.60	5.49	5.05	4.84	5.65	5.85	5.45	5.40		
DSPL Emptv	32000	18000	22000	30590	20190	16000	32300	35170	35000	25000		

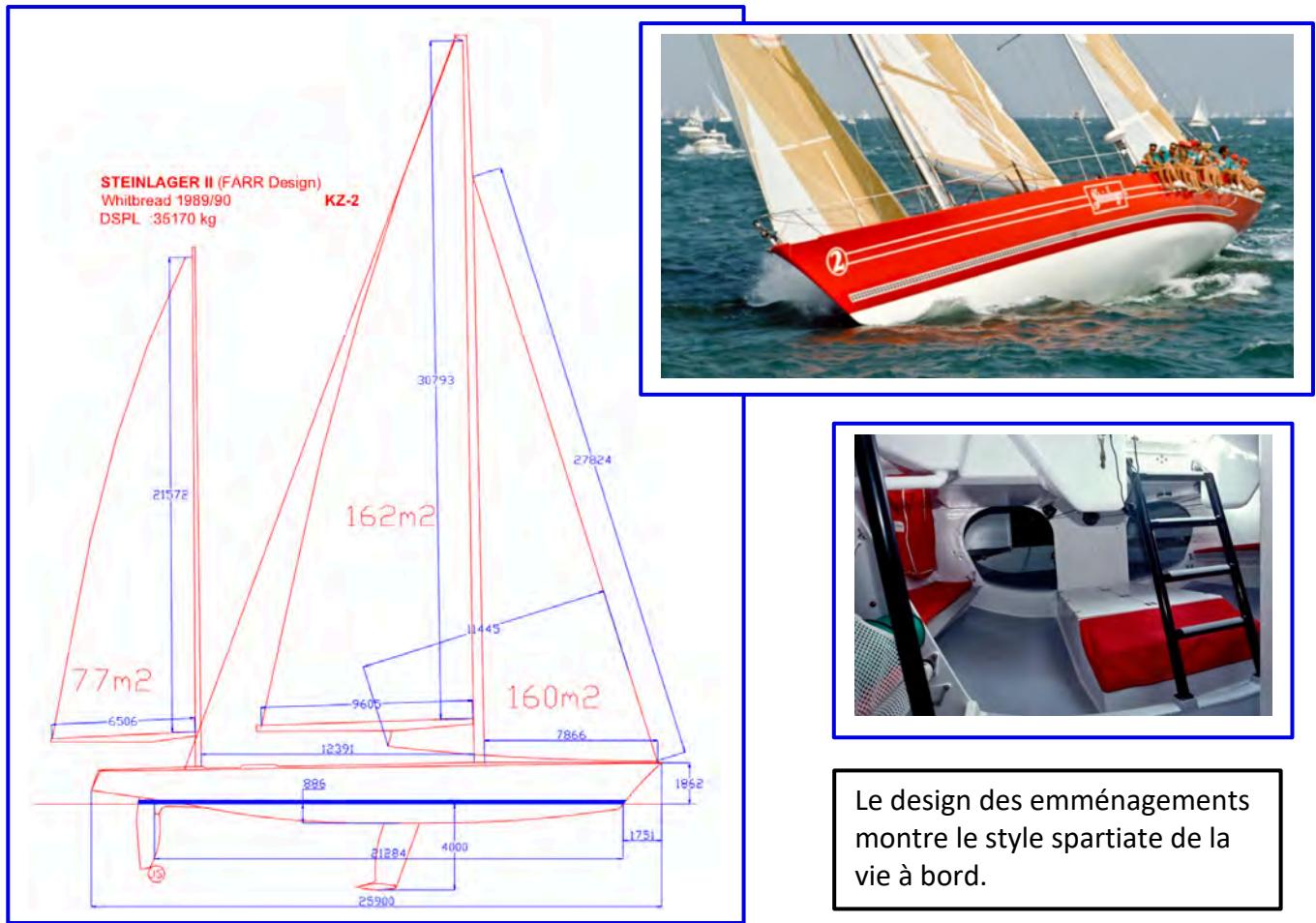
En 1973, participer à la Whitbread relève réellement de l'aventure et du défi de naviguer et d'affronter les océans, des vents, des risques de rencontrer des glaces flottantes dans ce qu'ils ont de plus imprévisibles en sachant que les moyens de sauvetage et les communications avec le reste du monde se trouvent être quelque fois aléatoires. Aucune autre compétition sportive de cette époque ne fait courir autant de risques aux équipages, de responsabilités aux skippers.

Mais les évolutions progressent vite, notamment avec la très large diffusion des satellites. Ainsi la localisation des bateaux, d'abord avec les SatNav qui utilisent des satellites à défilement, puis à partir de 1990 par la mise en place de la constellation de satellites du système GPS, relègue le sextant dans sa boîte. Ensuite, la communication phonique numérique supplée à la BLU. Elle permet d'informer les équipages en temps réel sur la localisation des glaces et sur l'évolution météorologique.

Ces technologies s'avèrent couteuses, surtout qu'elles s'ajoutent à la transformation de la construction des bateaux. On passe ainsi du stratifié par voie humide à l'alliage d'aluminium puis aux sandwichs et aux matériaux composites et à leurs mises en œuvre à haute technicité. Le paradoxe étant que parallèlement aux évolutions techniques, la vie à bord des équipages devient de plus en plus difficile. La vitesse moyenne progresse de 8.11 nœuds à 10.69 nœuds en 5 éditions de la Whitbread. En fait, après avoir abandonné l'architecture aux formes classiques (notamment avec retour de galbord), les dessins des carènes trouvent un statu quo et évoluent très peu. On reste toutefois toujours sur des carènes à fort déplacement.

Années	Moyennes	Bateaux	Évolutions % entre années successives
1973/74	8.11	SALUYA	
1977/78	8.36	GREAT BRITAIN II	+2.93%
1981/82	9.35	FLYER	+10.59
1985/86	9.57	UBS SWITZERLAND	+2.30
1989/90	10.69	STEINLAGER II	+10.48
Années	Moyennes	Bateaux	Évolutions % entre années successives
1993/94	11.09	NZ ENDEAVOUR (Maxi CLASS)	+3.61
1993/94	11.06	YAMAHA (Whitbread 60 CLASS)	-0.27
1997/98	11.23	EF Language	+1.51
2001/02	10.91	ILLBRÜCK	-2.93
2005/06	13.36	ABN AMRO	+18.34
2008/09	12.30	ERICSSON 4	-10.32

Steinlager
(Whitbread 1989/1990),
un maxi de Bruce Farr
skippé par Peter Blake,
affiche un ratio voilure
déplacement, exprimé
par la formule suivante
(Sportant^{0.5}/DSPL
Empty^{1/3}) de 0.79 par
rapport à 0.62 pour le
Swan 65 *Sayula*, soit une progression de 28%.

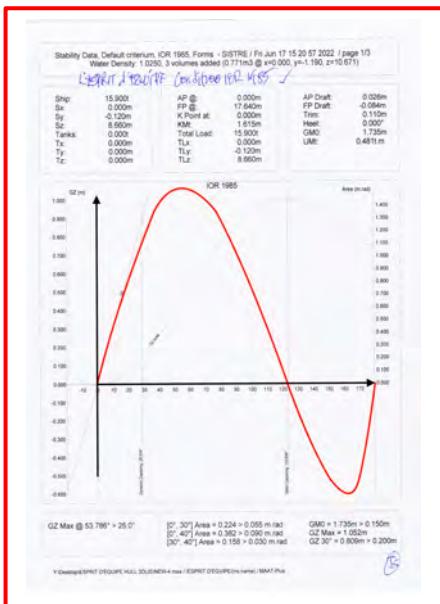


Une vitesse archimédienne de 11.26 nœuds basée sur une longueur à la flottaison dynamique de 21.28 m et une vitesse de planning de l'ordre de 13/14 nœuds assurent à *Steinlager* des tableaux de marche pouvant atteindre 290 à 350 milles en moyenne par jour. *Fortuna Extra Lights*, autre Maxi IOR, sera crédité d'une journée record à 400 milles lors d'une étape de cette même Whitbread 89/90.

Les français très assidus à la Whitbread se trouvent embauchés sur beaucoup de bateaux, mais on les retrouve aussi sur les podiums :

- 73/74, 3^{ème}, André Viant avec *Grand-Louis* - Plan Dominique Presles,
- 81/82, 2^{ème}, Alain Gabbay, sur *Charles Heidsieck III* - Plan Gilles Vaton, 3^{ème} André Viant, sur *Sébastien* - Plan German Frers,
- 85/86 Lionel Péan termine 1^{er} avec *L'Esprit d'Équipe* dessiné par Philippe Briand,
- 89/90, pour la dernière Whitbread IOR (89/90), Patrick Tabarly mène *L'Esprit de Liberté* (ex *L'Esprit d'Équipe*) à la victoire dans sa classe.

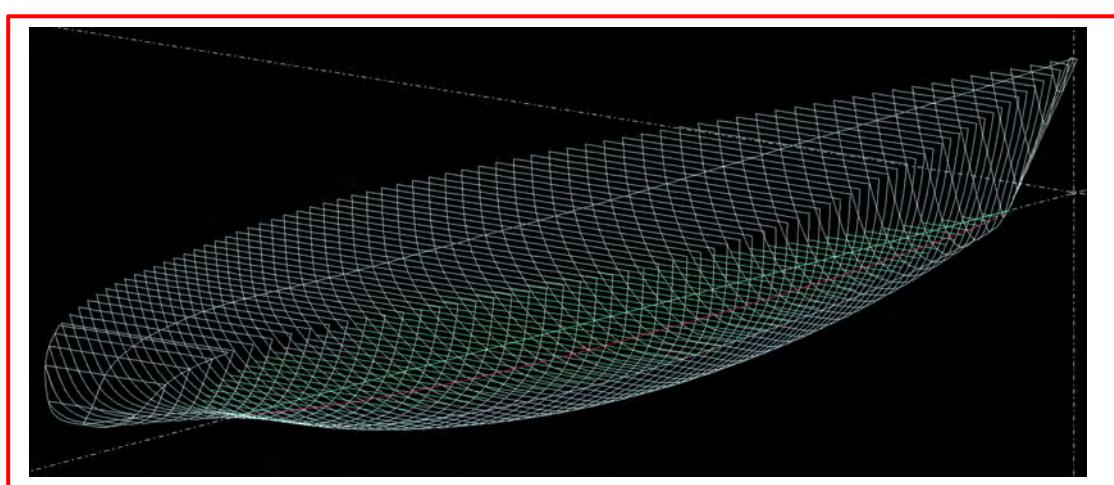
Event	Start date	Start	Finish	Distance (nmi)	Winner
Leg 1	28 September 1985	UK Portsmouth	South Africa Cape Town	7,350	<i>L'Esprit d'Équipe</i>
Leg 2	4 December 1985	South Africa Cape Town	New Zealand Auckland	7,300	<i>Philip's Innovator</i>
Leg 3	15 February 1986	New Zealand Auckland	Uruguay Punta del Este	6,215	<i>L'Esprit d'Équipe</i>
Leg 4	9 April 1986	Uruguay Punta del Este	UK Portsmouth	5,875	<i>L'Esprit d'Équipe</i>

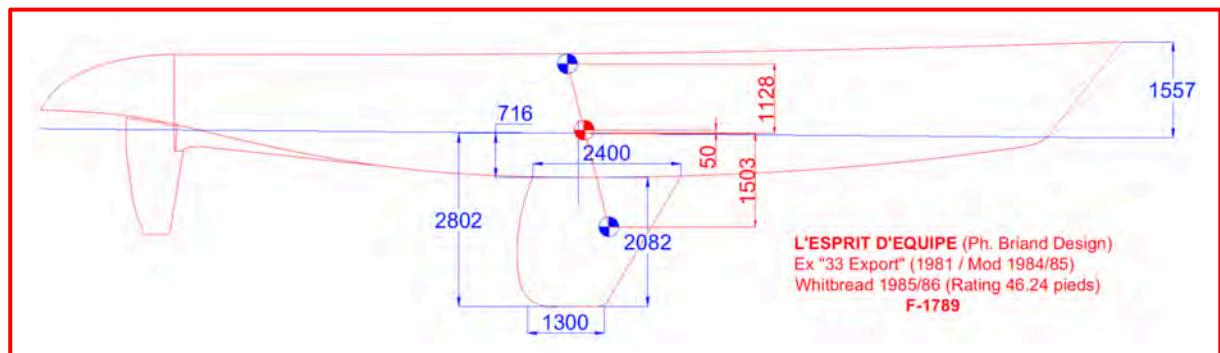
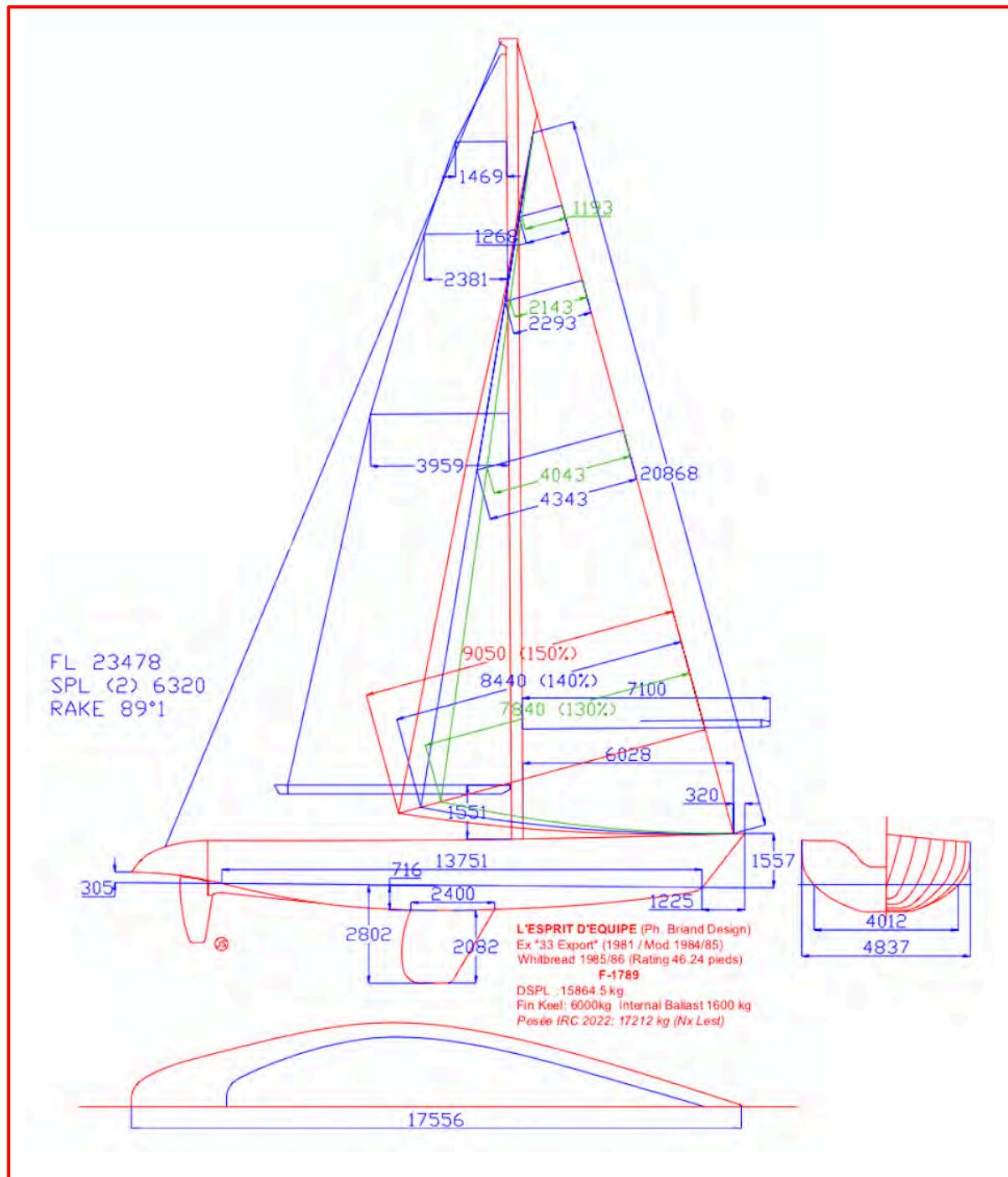


Ci-dessus : A quai lors de l'escale à Punta Del Este (Uruguay)

Ci-contre : La courbe de stabilité

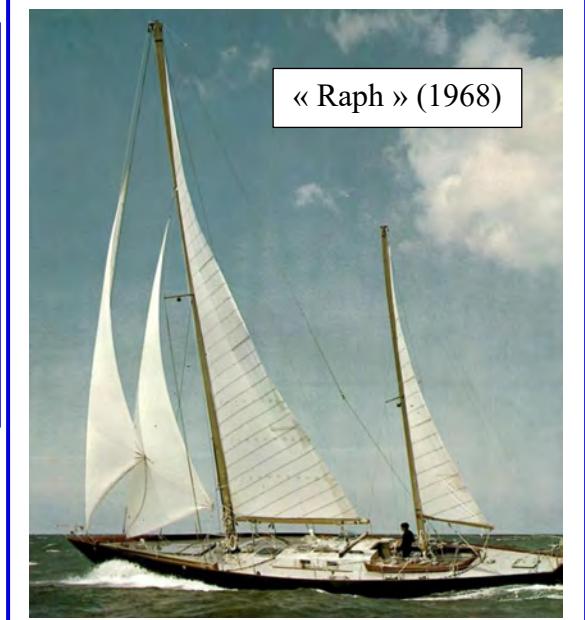
Ci-dessous : le modèle 3D reconstruit en 2022





Lors de la deuxième édition 1977/78, 15 bateaux prennent le départ. Le nouveau règlement IOR interdisant les matériaux de quille dont la densité est supérieure à celle du plomb ne permet pas à *Pen Duick 6* d'être sur la ligne de départ, à cause de son lest utilisant de l'uranium appauvri. En réalité cette histoire de lest en uranium appauvri se traduit par un matériau constitué évidemment d'uranium appauvri dont la densité de l'ordre de 19, mais lié avec une résine (densité 1.2). Au final le résultat produit une densité du mélange un peu supérieur à celle du plomb. Il faut ajouter que ce matériau n'est peut-être pas très neutre au niveau santé, même sous l'eau.

Parmi les français, Alain Gabbay reprend *Raph* qui a déjà participé à la première Whitbread de 1973 sous le nom de *33 Export*.



Caractéristiques générales de Raph

Longueur hors-tout : 17,37 m

Longueur de flottaison : 13,29 m

Bau : 4,09 m

Tirant d'eau : 2,55 m

Déplacement : 13,54 tonnes

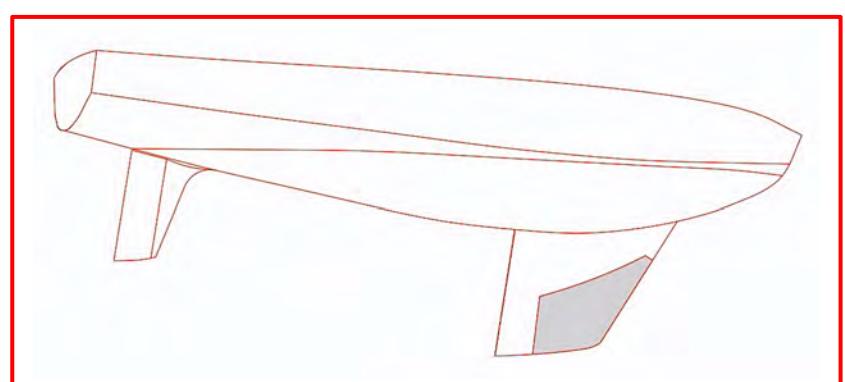
Lest : 6,54 tonnes

Surface de voilure au près
(en version ketch, 1973) :

110 m²

Matériau : aluminium

N° de voile : 4390



À l'origine gréé en ketch pour l'Ostar 1968 et barré par Alain Gliksman, il passe en sloop avec un gréement fractionné en 7/8ème en 1977.

Bernard Deguy part avec un bateau neuf, *Neptune*, construit chez Pouvreau. Ces deux bateaux dessinés par André Mauric : *Raph* en 1968 et *Neptune* en 1977.

Les dessins de *Raph/33 Export* et de *Neptune* présentent une caractéristique qu'André Mauric avait initiée en 1966 sur le *Super Challenger*. Le *Super Challenger* fait partie de l'épopée des Classe 3 (Jauge RORC) de la fin des années 60, comme le seront l'*Arpège*, le *Coquelicot*, *Rabbit* et d'autres. L'originalité du *Super Challenger* se trouve dans ses formes.

Deux écoles existent, soit une carène en forme avec une lest rapporté, soit une carène à bouchains multiples, généralement deux bouchains. Cette alternative repose sur le mode de construction. Les coques en forme utilisent le stratifié verre/polyester, l'alliage d'aluminium, l'acier comme matériau. Les coques à bouchains sont construites à partir de contre-plaqué marine ou plus rarement des tôles d'alliage d'aluminium ou d'acier. Le process basé sur des bouchains diminue le prix de revient lorsque l'on produit en très petite série car il n'y a pas les investissements des outils de production (moules de coque, de pont etc.). Il faut aussi noter qu'en cette fin des années 60, un voilier de 9.5 à 10 m constitue un grand bateau, ce qui freine la diffusion. Par exemple en 1962, les frères Didier et Alain Maupas (Alain sera champion du RORC en 1964) gagnent Cowes-Dinard sur un *Golif* (LH 7.50 m) construit par les chantiers Jouët à Sartrouville (78).



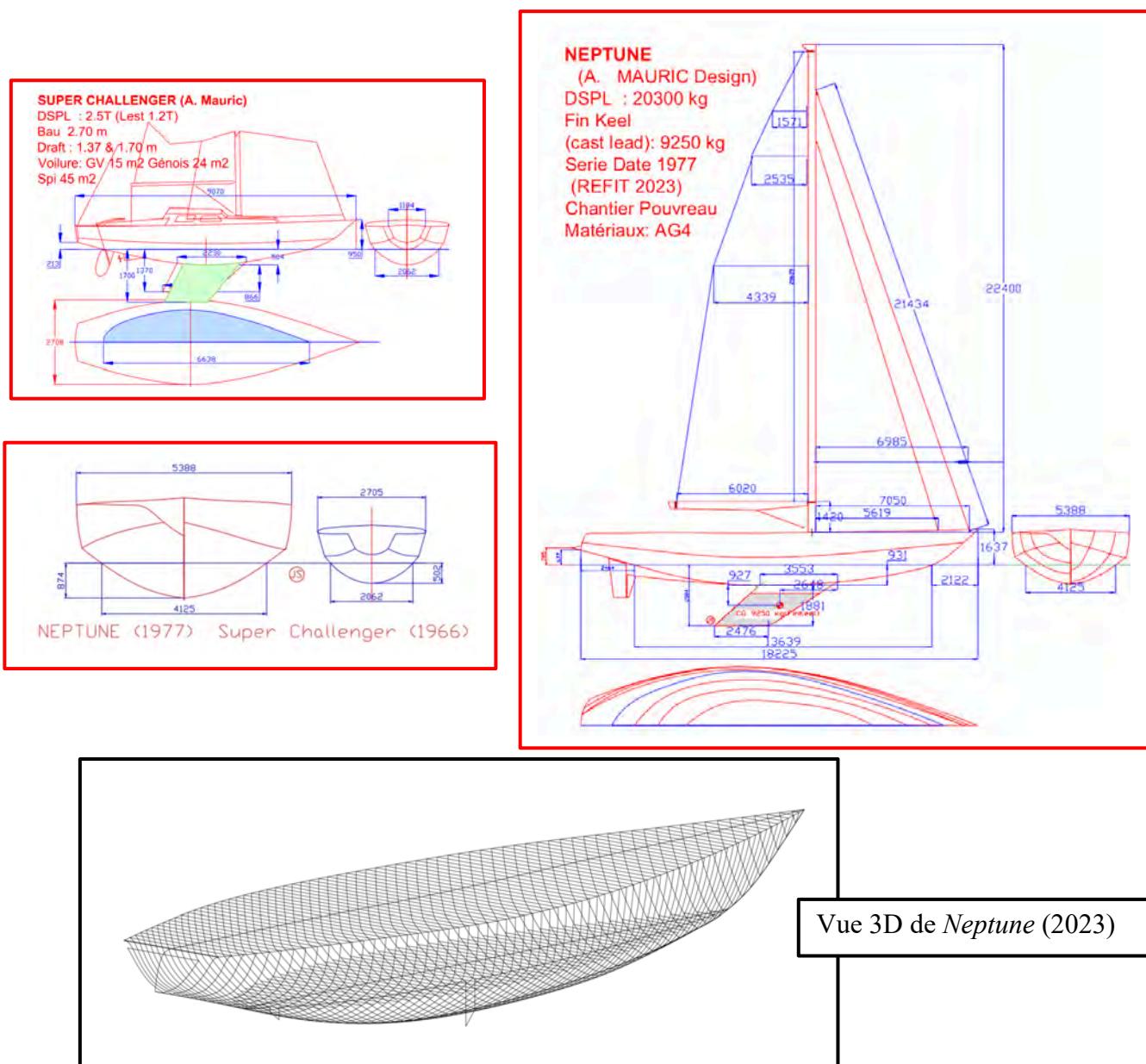
La carène du *Super Challenger* est originale car elle associe un bouchain situé dans les œuvres mortes avec une partie en forme pour les œuvres vives.



Les évolutions aux fils des années des tendances architecturales montrent que les idées d'une époque disparaissent pendant plusieurs décennies puis réapparaissent presque subitement. Les causes de ce yo-yo sont multiples.

Dans un premier temps, le bouchain représente la simplicité et le faible coût de construction (Déjà sur le Vaurien, la Yole OK, la Caravelle, une décennie avant). Ensuite les contraintes de jauge imposées notamment par l'IOR, mais aussi le classicisme de l'époque au sujet des formes de carènes, conduisent les architectes à abandonner le bouchain. Il faudra près de 30 à 40 ans pour que les bouchains réapparaissent sur les carènes IRC, ORC, IMOCA, Classe 40, Mini650, grâce aux effets de la libéralisation des formes arrière, mais surtout pour favoriser l'aptitude à planer de ces bateaux.

Toujours est-il qu'aux vues des excellentes performances en régate du Super Challenger, Mauric décide d'appliquer cette architecture du bouchain implanté dans les œuvres mortes, d'abord sur *Raph* et devant le potentiel montré par ce bateau, sur *Neptune*.



Gauloises 2 (ex *Pen Duick 3*) skippé par Éric Loizeau remporte les deux dernières étapes de cette Whitbread 77/78, mais la casse de son gouvernail peu après le départ de la 2^{ème} étape lui coupe le podium final.

Whitbread 1977 /78 :

8^{ème} *Neptune*, Bernard Deguy,
Temps Réel : 152 J / 05H/ 33'
Temps Compensé 130J /11H / 52'

Charles Heidsieck III, dessin de Gilles Vaton, Skipper Alain Gabbay.
(2^{ème} lors de la Whitbread 1981/82).

La dernière ligne droite est fatale. Alors que *Charles Heidsieck III* se trouve en position de favori en temps compensé au départ de Mar Del Plata, un puissant anticyclone s'installe sur la Manche et le proche atlantique et redistribue les cartes.



La route de cette dernière étape se joue depuis le départ, pratiquement d'un seul bord, tribord amure. Ainsi, *Flyer II* prolonge sa route jusqu'au Scilly avant d'envoyer bâbord amure vers Portsmouth.

Charles Heidsieck III tente une option plus orientée dans l'est qui l'amène dans le golfe de Gascogne. Cette option lui coutera 30H 42mn en temps compensé et il ne sauvera sa 2^{ème} place que de 3 heures devant le *Kriter IX* (André Viant).

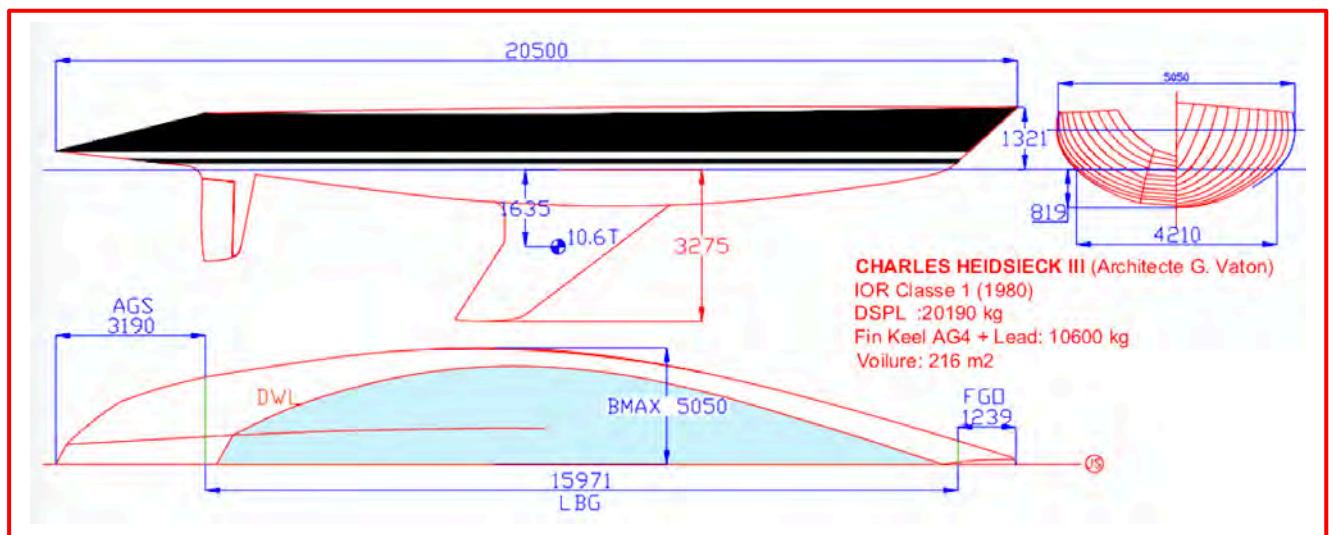
Charles Heidsieck III fait partie des meilleurs dessins de cette génération de Whitbread. Vaton dessine une carène très homogène, avec des formes arrières très fluides : ce qui est original dans l'esprit IOR de l'époque.

Vaton fait ses classes dans le Cabinet d'André Mauric, mais cultive son expérience acquise notamment dans les courses de l'Aurore et de l'Ostar.

Ainsi, sa participation à l'édition 1976³⁶ de l'OSTAR sur un 38' (18^{ème} sur 75 et 50 abandons), tout comme d'ailleurs Alain Gabbay (10^{ème} sur un autre 38') lui permet de réfléchir à la conception d'un bateau océanique pour la Whitbread. Lors de cette édition de 1976, la flotte subit cinq dépressions qui provoquent de très nombreux abandons.

Cette collaboration permet de produire un dessin de carène à la fois puissant (lesté à 50% du déplacement à vide) et rapide car doté d'élancements avant mais surtout arrière qui génèrent une longueur à la flottaison dynamique de l'ordre de 18 à 18.50 mètres.

La carène de la voûte présentait aussi la caractéristique géométrique d'être dessinée avec un bouchain³⁷ qui, dès que le bateau gîtait de quelques degrés (au portant), permettait de surfer ou même de planer.



L'histoire de la jupe de *Charles Heidsieck III* (qui paraît interminable) est assez cocasse. En fait, le bateau a été jaugé début novembre 1980 dans les locaux du chantier Pouvreau et mis à l'eau en décembre. Or, lors du congrès de l'IOR de Londres en Novembre de la même année, l'ITC siffle la fin de la partie en matière de dessin des voûtes qui se développent au-dessus de l'eau à l'infini. L'objectif de ces voûtes rasantes était d'augmenter la longueur à la flottaison dynamique à la gîte.

La règle mise en place ne possède pas l'habituelle « Grand-Father close » qui protège la flotte existante, mais prend en compte le fait que l'opération de mise en conformité imposée pouvait être compliquée sur les bateaux déjà construits (dont beaucoup de Français).

³⁶ Vainqueur Éric Tabarly sur *Pen Duick 6* en 23J 20H 12 mn (5 noeuds de moyenne).

2^{ème} Mike Birch en 1 jour de plus sur *The Third Turtle*, trimaran de 32'.

³⁷ Le bouchain diminuait aussi un peu la surface mouillée.

Ainsi la nouvelle règle de jauge autorisait une voûte plus longue mais limitée lorsque la date de mise à l'eau était antérieure à 01/81.

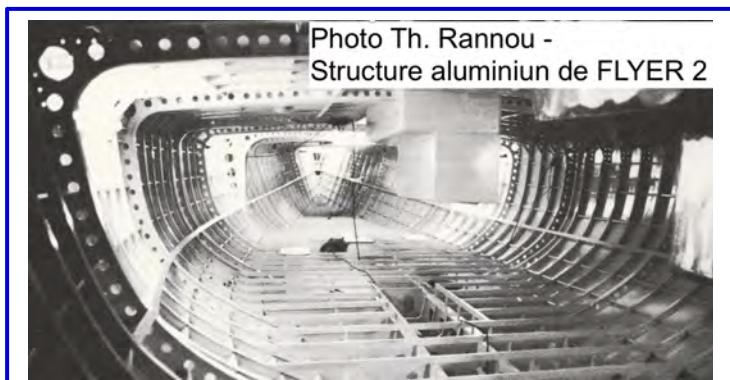
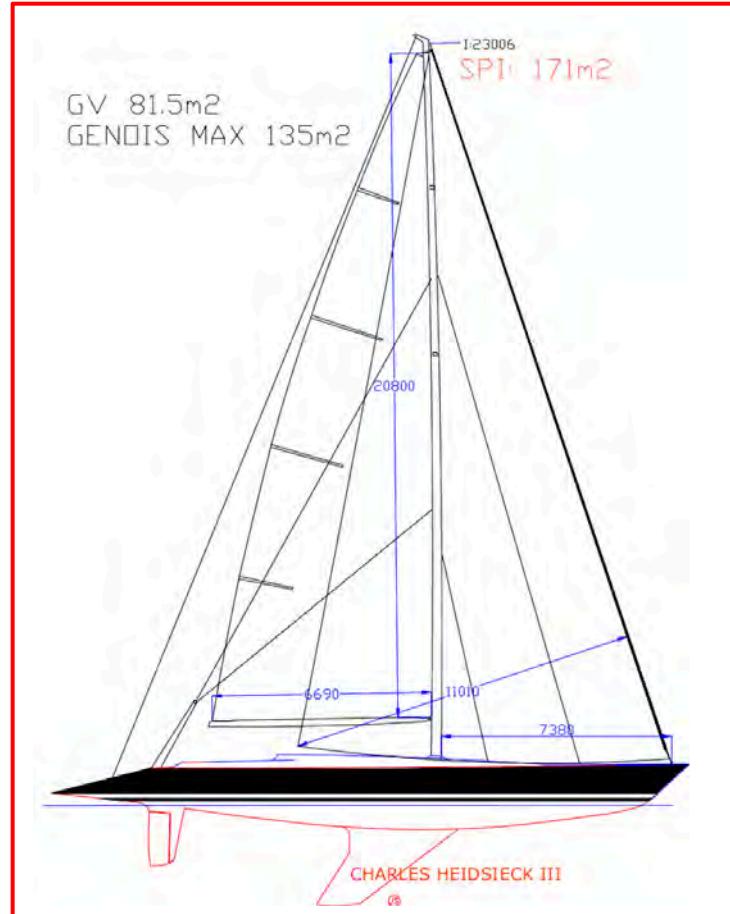
Pour les bateaux postérieurs à 01/81, la nouvelle règle très draconienne s'applique.

Sur *Charles Heidsieck III*, on s'aperçoit alors qu'il manque quelques 250mm à la voûte construite pour arriver à la limite autorisée par la nouvelle règle IOR appliquée aux bateaux construits avant 01/81.

Charles Heidsieck III appareille de La Rochelle début janvier 81 afin de participer aux régates du SORC en Floride. L'armateur (Le sponsor) décide alors de programmer une escale au chantier Derecktor de Fort Lauderdale (Floride), et de commander une nouvelle voûte dessinée par Vaton, puis de rejauger le bateau (opérations à terre et à flot), juste avant le début SORC. D'où cette voûte arrière très élancée.

La coque de *Charles Heidsieck III*, ainsi que l'enveloppe du lest sont réalisées³⁸ en alliage d'aluminium au Chantier Pouvreau (85 Vix), dirigé remarquablement par Guy Fillon.

Dans les années 80, la construction aluminium coche pratiquement toutes les cases (résilience, rapport poids /puissance, rigidité, etc) pour une navigation en course autour du monde.



³⁸ *Disque d'Or* dessiné par Bruce Farr et skipper par Fehlmann (4^{ème} à la Whitbread 81/82) est aussi construit par le chantier Pouvreau.

D'ailleurs les 4 premiers bateaux de l'édition 81/82 - *Flyer II* (Cornelius van Rietschoten), *Charles Heidsieck III* (Alain Gabbay), *Kriter IX* (André Viant) et *Disque d'Or III* (Pierre Fehlmann) utilisent ce process de construction et naviguent toujours 42 ans après, tout comme *L'esprit d'Équipe* (Lionel Péan) qui remporte la Whitbread en 85/86.

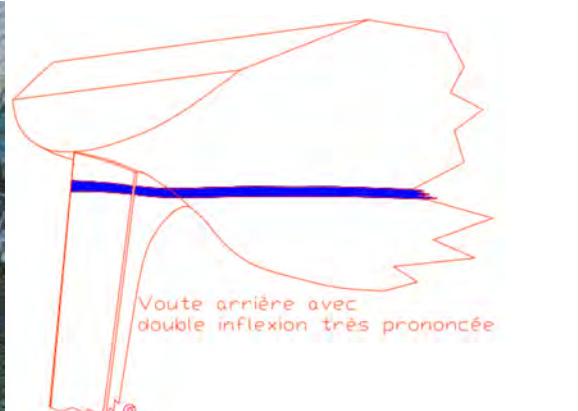
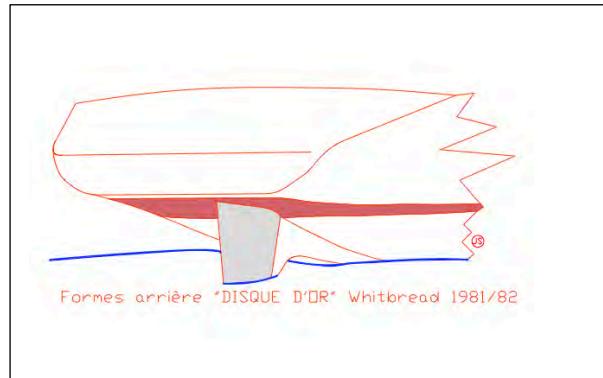
Ajoutons que *L'esprit d'Équipe* deviendra *Esprit de Liberté* pour la Whitbread 89/90, skippé par Patrick Tabarly, et gagnera la Whitbread 89/90 dans sa classe.

L'aventure de *Disque d'Or III* est plus mouvementée. Après la Whitbread 81/82, il est vendu et participe au BOC Challenge de 86/87. Revendu de nouveau, le bateau participe à la Whitbread 89/90, skippé par Tracy Edwards et son équipage entièrement féminin sous le nom de *Maiden*.

Maiden termine 2^{ème} dans sa classe lors cette dernière Whitbread IOR après avoir remporté, en temps compensé, l'étape de l'Océan Indien.

Les dessins des carènes de *Charles Heidsieck III* et *Disque d'Or* présentent des similitudes avec des lignes d'eau longitudinales arrière très tendues et accompagnées de formes transversales favorisant le planning.

Farr et Vaton abandonnent l'idée d'arrière tortueux matérialisés par la double inflexion longitudinale très prononcée du dessin de la voûte, caractéristiques des dessins IOR.

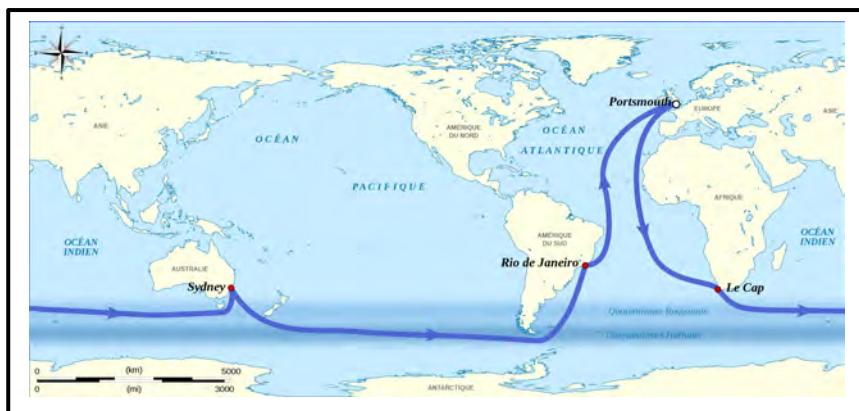


		WHITBREAD 1981/82			Temps réel	Temps compensé
1	H 2869	<i>Flyer II</i>	G. Frers	23.16 m	120J/6H/34'	119J/01H/12'
2	F 15	<i>Charles Heidsieck III</i>	G. Vaton	20.50 m	131J/21H/34'	120J/07H/55'
3	F 8000	<i>Kriter IX</i>	G. Frers	18.97 m	134J.07H/37'	120J/10H/50'
4	Z 1418	<i>Disque d'Or</i>	B. Farr	17.75 m	143J/13H/00'	123J/11H/45'

Acte 16 : Le vainqueur de la 1^{ère} Whitbread vs un IMOCA des années début 2000

Une superposition des silhouettes de ces deux bateaux qui ont réalisé ce parcours autour du monde montre l'évolution de la perception par les équipages, les skippers et les architectes de cette course hors du commun.

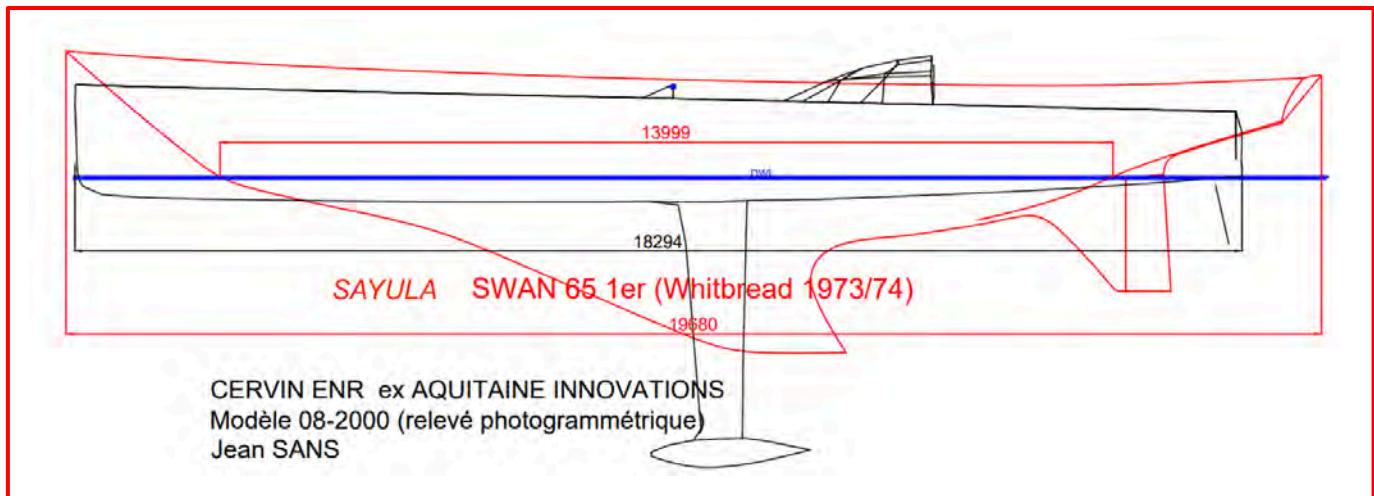
Les IMOCA du début des années 2000 affiche des déplacements de l'ordre de 9 T à 10 T pour une LHT et LWL =18,28 m, un BMAX de 5.60 m, un Avs quille non angulée de 125° et un Avs quille angulée au vent de 110°.



Le ketch *Sayula II*, (Swan 65, plan Sparkman & Stephens³⁹), vainqueur de la première Whitbread 73/74, mesure LHT= 19,68 m, LWL (14,33m), affiche un BMAX de 4,96m, pèse 31 tonnes, et possède un Avs de 125°/130°.



³⁹ Swan 65, début de la série en 1972.



Swan 65 (En Rouge)

$$RM \text{ Swan 65} : 31 * 0.644 = 19.9 \text{ T}$$

IMOCA (En Noir)

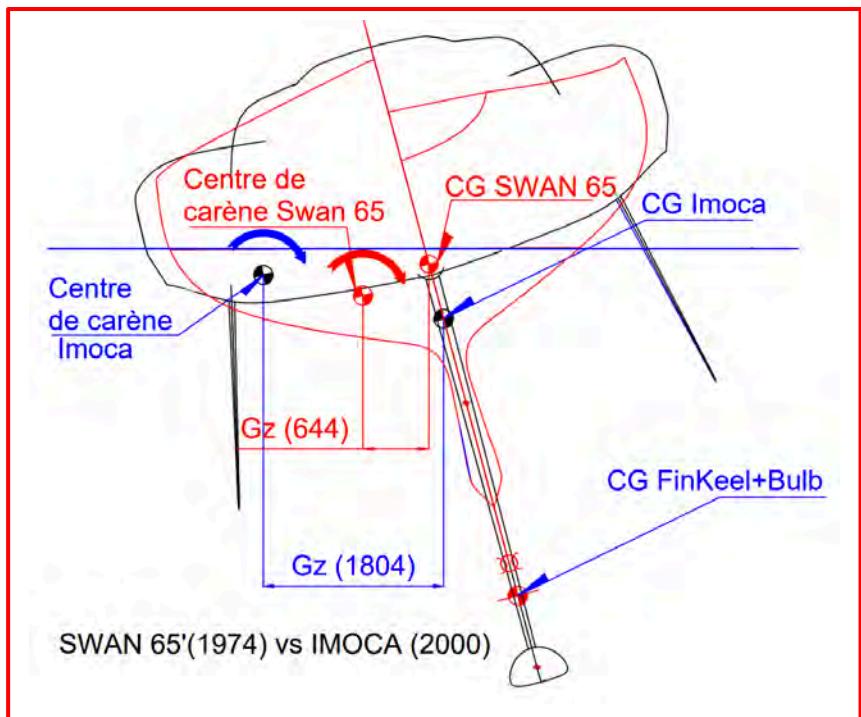
$$RM \text{ IMOCA} : 9.5 * 1.804$$

Les dessins de carène sont évidemment totalement différents.

Le ratio $BMAX / LHT$ et de 0,247 pour le Swan 65 et de 0,310 pour l'IMOCA.

Le ratio $SA^{0.5} / DSPL^{1/3}$ est de 0.41 pour le Swan 65 et de 0.89 pour un IMOCA.

Un lest de 13.8T à 1.83/DWL pour le Swan et seulement 3,57 T (bulbe + fin keel) à 3.59m / DWL pour l'IMOCA⁴⁰.



Rapporté au déplacement on obtient 43 et 45% de ratio lest/déplacement pour chaque bateau. C'est effectivement très proche, mais la différence porte sur la largeur de la carène qui permet à l'IMOCA de projeter à la gîte le centre de carène très loin sous le vent (bras de levier : 1.804 m opposé à 0.644 m), et donc d'augmenter le moment de redressement (RM) puisque le RM est le résultat du produit du bras de levier par le déplacement.

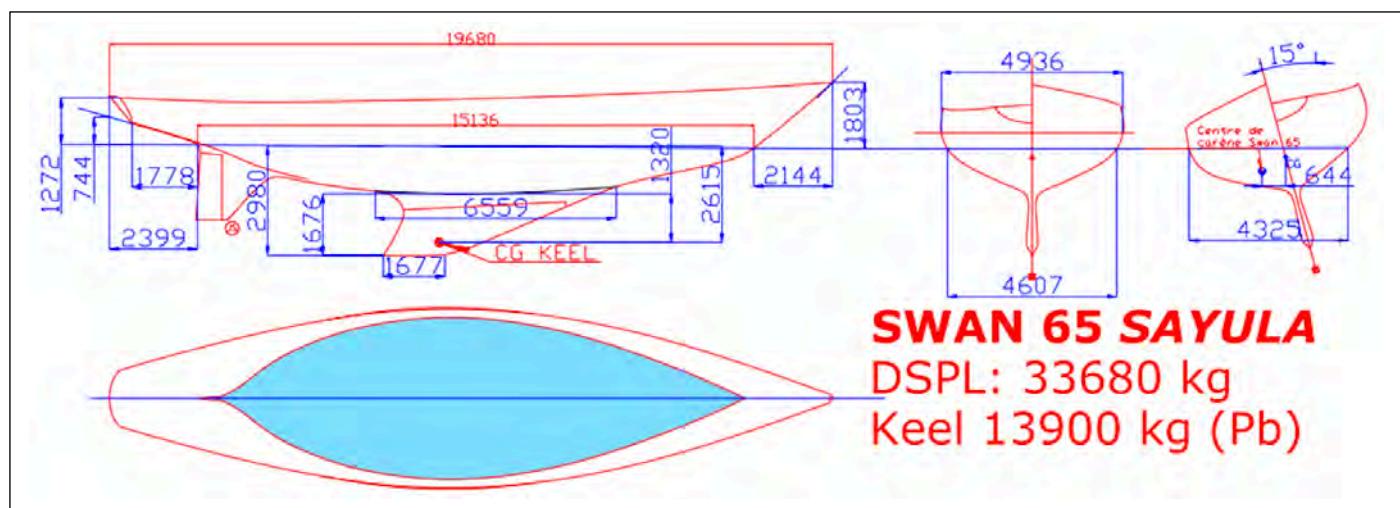
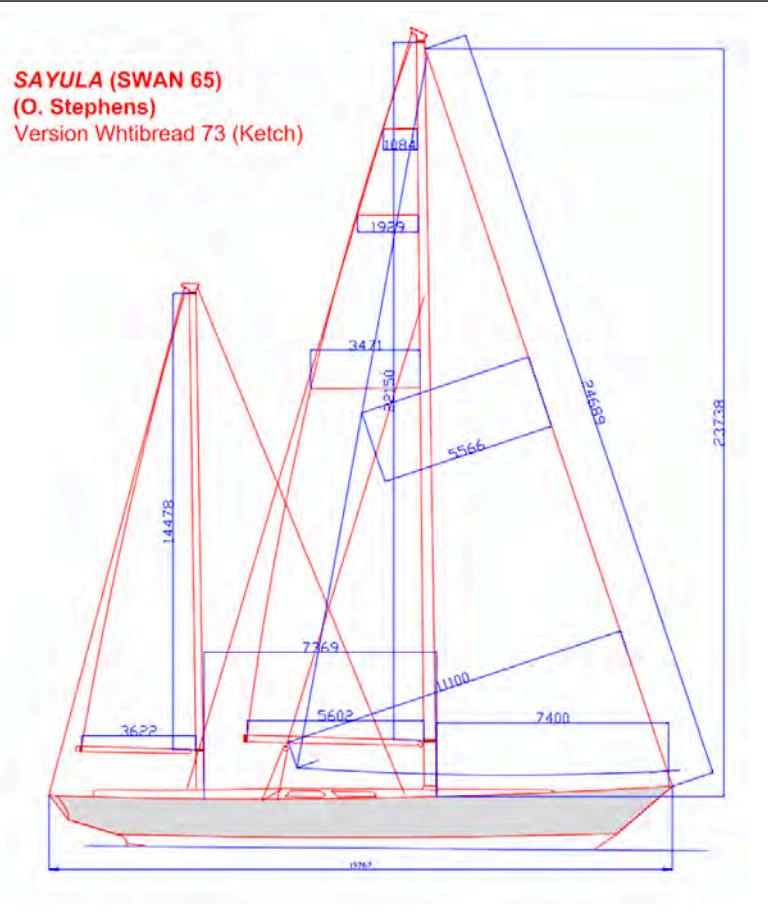
⁴⁰ Quille de l'IMOCA dans l'axe.

Notons qu'en 1973, le Swan 65 qui a été lancé en 1972, représente encore l'ancienne école très orientée vers la stabilité de poids et les élancements généreux.

Nous ne sommes que deux années après le lancement de la Jauge IOR. Pour cette première course autour du monde, où subsiste une grande part d'inconnue, les bateaux engagés se montrent sages au niveau des innovations architecturales (9 Ketches + 1 Goélette + 3 Sloop).

Pen Duick 6, qui vient d'être dessiné (Plan Mauric), abandonne suite à deux démâtagés (Atlantique Sud et au large de la Tasmanie) résultant d'une erreur du chantier sur une entretoise en forme de croisillon, placée entre le pont et l'épontille de mât. Lors de deux démâtagés, les flancs verticaux du croisillon se sont effondrés en compression.

En 2000, les IMOCA bénéficient des 30 années d'expérience (en France, beaucoup de skippers IMOCA ont aussi participé aux Whitbread) acquises durant 5 Whitbread, le BOC et 4 Vendée Globe.



Acte 17 : La transition architecturale entre la Jauge RORC et l'IOR (1965/1972)

Mais revenons à la genèse de l'IOR en 1971. Le lancement international de cette Jauge déclenche une synergie de facteurs qui vont transformer progressivement la course au large jusqu'à la fin du siècle.

L'IOR commence calmement sa première année (1971), les bateaux dessinés pour la Jauge RORC étant reconduits afin d'assurer la transition.

Dès 1972, la One Ton Cup créée en 1965, se trouve trustée par des noms d'architectes quelque peu inconnus et dont la moyenne d'âge se situe entre 30 et 35 ans, Doug Peterson, Britton Chance Jr, Bruce Farr, Ron Holland, Laurie Davison, Dick Carter. Ce dernier a franchi la rampe des lumières quelques années plus tôt avec *Rabbit* et surtout en gagnant 3 fois de suite (1966, 67, 68) la One Ton Cup, mais sur des bateaux jaugés RORC.

Dans la foulée de la One Ton Cup, la Half Ton Cup voit le jour en 1966. Cette classe basée sur les 18 pieds de rating RORC passe à 21.7 pieds en IOR (22 pieds en 1979) et promeut des régates en temps réel basées sur le principe du rating fixe des bateaux.

En 1967, après la Half Ton, une nouvelle classe se crée : la Quarter Ton Cup. Elle s'appuie sur la Coupe Internationale des 15 pieds GCL⁴¹. Il existe même un éphémère Mini Ton Cup (Rating 16 pieds) qui n'a rien de commun avec le Classe Mini 6.50.

La Half Ton débute donc en jauge RORC, avec des bateaux exclusivement de série, Armagnac, Scotch (Philippe Harlé), Atlante (Georges Auzépy-Brenneur), Arpège (Michel Dufour), Super Challenger (André Mauric), Scampi (Peter Norlin), She 31 (Olin Stephens).

Durant cette période de la jauge RORC 65/70, il n'existe pratiquement pas de réels prototypes. Rapidement les skippers et la nouvelle génération d'architectes s'intéressent à ce nouveau format de régates car le système à rating fixe crée de fait une monotypie à restriction qui permet de dessiner de nombreuses formes de carène, pourvu qu'au final on respecte le rating imposé.

Chaque année, environ une trentaine de bateaux participent à la Half Ton. L'épreuve s'internationalise sur deux pôles, La Rochelle en France et Sandhamn⁴² (Suède) et surtout se caractérise par une arrivée d'équipages jeunes, moins attachés à l'étiquette navale qui enveloppe la course au large (Le Yachting). La Whitbread ne débute que trois ans après et déjà les équipages français écornent un peu les us et coutumes.

⁴¹ GCL : Groupe de Croiseurs au Large

⁴² Sandhamn était déjà ville départ de la Gotland Round Race en 1937.

Les Courses Open, dont l'OSTAR, avec l'arrivée des sponsors, plus proches de l'aventure que de la course croisière s'écartent aussi du conservatisme ambiant.

Autan, participer à une One Ton demande un budget conséquent et intéresse surtout les Américains et les Britanniques, autant la création de la Half Ton, puis de la Quarter démocratise la course offshore. Il faut aussi préciser que les réglementations de construction de l'époque sont beaucoup moins contraignantes que celles que nous connaissons aujourd'hui, ce qui ouvre la voie aux constructions de prototypes. Les Half et les Quarter apparaissant très adaptés à ce type de construction.

Ainsi une bande de copains motivés pouvait construire et même dessiner un Half Ton ou un Quarter durant les 4 ou 5 mois d'hiver et régater la saison à suivre.

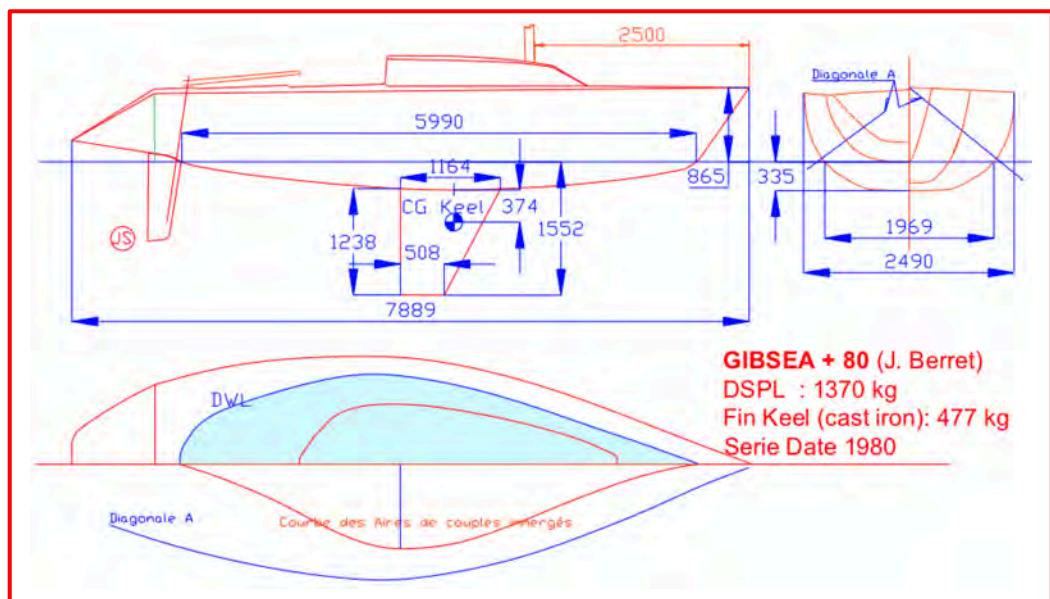
La large diffusion du composite monolithique Verre/Polyester et surtout sa mise en œuvre relativement aisée, l'autorisait.

Aujourd'hui, la certification CE limite beaucoup cette option. D'ailleurs il ne se construit pratiquement plus de prototypes actuellement dans ces segments de types de bateaux.

GIB SEA 80 PLUS

1978 © JEAN BERRET
 • Longueur coque : 7,85 m • Longueur flottaison : 8,10 m • Mâtre-haut : 2,48 m • Tirant d'eau : 1,50 m
 • Déplacement : 1300 kg • Voilure au près : 30,50 m²

En bref
 196 exemplaires vendus



C'est encore plus vrai en Quarter Ton,

où on pouvait partir d'un bateau de production existant pour l'améliorer (en fait l'alléger), comme cela a été le cas en France avec le Dufour 1300. L'autre possibilité était de lancer un bateau de série largement accessible comme le Farr 727 dessiné par Bruce Farr ou le Gib Sea 80 Plus dessiné par Jean Berret.

Au final, durant ces années de transition, tout sera chamboulé, la règle de jauge change, quatre classes à rating fixes voient le jour (One Ton/Half Ton/Quarter Ton/Mini Ton), ce qui couvre un segment de 6.5 m à 12 m environ et représente une progression du nombre de bateaux offshore par rapport à ce qui existait dans les années 60. Ces évolutions se traduisent aussi par l'implantation d'une nouvelle sociologie des acteurs que sont les propriétaires, les architectes, les chantiers navals, les équipiers...

Pour fixer une image, en 1971, les deux grandes courses d'une Half Ton (bateau de 9.2 à 9.80 m), sur les cinq prévues au programme, faisaient 150 et 250 milles, avec un équipage de cinq personnes. Tout cela avec des prévisions météorologiques assez aléatoires et des systèmes de repérage (positions) datant de la fin de la deuxième guerre mondiale.

Acte 18 : Les Ton Cup et la Quarter bousculent la Jauge IOR.

Autant, la One Ton aura peu de succès parmi les propriétaires français et restera l'apanage du monde Anglo-Saxon, bien qu'il y eut en 1984 une victoire française avec *Passion 2* dessiné par Ph. Briand, autant la Quarter dans sa période RORC (1967/1970) et même jusqu'en 72, sera un terrain de jeu international où les skippers et des architectes français apparaissent très actifs.

En 1967 à La Rochelle, la première Quarter rassemble 9 bateaux de la classe des 15 pieds.

Le très dynamique et international GCL, pour l'époque, promeut une classe de 15 pieds basée sur la Jauge RORC. Ces 15 pieds sont des petits quillard de 7.0 m à 8.40 m de long environ, marins, faciles à transporter et souvent produits en petite série à un prix relativement abordable.

Ils sont armés par un équipage de 4 qui vit à bord lors des régates ou des convoys.

Pour la première édition de cette Quarter, on recense 5 architectes Français (associés à 5 chantiers Français), 3 Britanniques, dont Illingworth, qui en plus naviguait à bord du bateau, et un Hollandais.



Le bateau Belge *Spirit* remporte brillamment cette première édition. *Spirit* est le bateau N°0 construit en bois moulé (les bateaux de série Spirit 24 qui suivront, seront en polyester) dessiné par l'architecte hollandais Ericus Van de Stadt.



C'est un dessin très classique à gréement en tête, possédant un ratio voilure/déplacement très élevé (0.464) et un tirant d'eau de 1.5 m (valeur importante pour l'époque) qui en fait un bateau très puissant. Barré par André Nélis (Belge), vice-champion Olympique en Finn (1956) puis médaille de bronze aux JO de 1960, il navigue avec régularité et gagne deux manches sur les trois.

Au programme de cette 1^{ère} Quarter Ton Cup :
Trois régates dont deux côtières de 20 milles et une de 100 milles...

Nom	Architecte	LH	LWL	Bau	Draft	DSPL43	Lest	SA	Ratio SA/DSPL
BINIOU	G. Costantini	6.70	5.50	2.3	1.10	1200	850	24.20	0.463
CHALLENGER	Gaubert & Mauric	7.30	5.63	2.50	1.02	1200	475	23.70	0.458
EMERAUDE	D. Presles	8.15	5.75	2.4	1.25	1550	750	26.00	0.441
GERFAUT	G. Auzepy Brenneur	7.97	5.702.24	1.24	1.24	1500	700	26.57	0.450
RONIN	J. Vermot	7.00	5.00	2.74	1.15	1850	560	25.65	0.413
MAGNIFIK MIDGET	Boestroem	7.00	5.88	2.12	1.00	1250	670	18.79	0.402
MERLE of MALHAM	J. Illingworth	7.96	6.40	2.49	1.33	2580	1230	27.50	0.382
SPIRIT	E. Van de Stadt	7.40	5.70	2.25	1.50	1300	580	25.60	0.464
VICTORIAN	Holman	8.35	5.84	2.61	1.24	2439	1039	26.29	0.381

Si l'équipage Belge gagne sans appel, les Français se placent second avec le Challenger (dessiné par Mauric/Gaubert) barré par Jacques Gaubert et troisième avec *Émeraude*, barré et dessiné par Dominique Presles. Revenez à l'Acte 11, *Rabbit* pointe ses oreilles, pour constater que quatre ans auparavant, Presles court le Fastnet avec Carter.

Les chantiers français s'illustrent avec, le Biniou, construit à La Trinité sur Mer (Chantier Costantini), le Challenger fabriqué soit en Duralinox (Alliage d'aluminium à 3% de Magnésium) chez Acnam (72 Château du Loir), soit en contre-plaqué marine (CP) à La Ciotat (Chantier Polo) et *Émeraude* construit en CP au Chantier Navalco (22 Port du Légué).

Ronin, dessiné par Jacques Vermot. Cet ancien pilote de *Mirage* reconvertis avec un certain talent dans l'architecture navale propose des bateaux originaux et performants, mais souvent d'une laideur redoutable (suivant les critères de la fin des années 60). Dans ce domaine, il fait un peu concurrence à Philippe Harlé (Coquelicot, Muscadet, Armagnac ... etc...) mais en plus disruptif. Il présente notamment en 1969 le Hobereau, construit en CP chez Craft à Bénodet, 7.50 m de long, flush-deck et 7 couchettes (!), destiné à l'école de croisière. Pour cette Quarter, son dessin *Ronin* termine avant-dernier, mais à la décharge de son auteur, il affiche 13.5 pieds de jauge, ce qui le rend moins performant que le reste de la flotte.

Les bateaux anglais ne dérogent pas à l'esprit de l'école d'architecture britannique. Plus lourds (2 500 kg), plus profonds (coque et tirant d'eau), ils possèdent le plus faible ratio voilure/déplacement.

Au niveau de la carène, les architectes recherchent naturellement la fluidité des lignes d'eau, sans bosse de jauge, ni arrières torturés, comme cela apparaîtra ensuite en IOR pour exploiter la règle de jauge.

La construction en CP, très appréciée à cette époque, en raison de son modeste prix de revient et sa mise en œuvre relativement rapide, impose des formes de carène développables et fluides à partir d'une feuille plane de CP.

Les fabricants de CP proposent même des feuilles de 1,25m ou 1.5m de large jusqu'à 12 m de long (un bordé entier d'un bateau de 10m).

Ce processus de construction permet d'obtenir une poutre bateau très rigide car le bordé des œuvres mortes se retrouve presque vertical du fait de la présence du ou des bouchains.

A partir de la deuxième édition de cette quarter (1968) et jusqu'en 1975, le nombre de participants ne cesse d'augmenter chaque année. De 9 en 1967, on passe à 13, puis 19, puis 30 à La Rochelle en 1971, puis 37 à Weymouth, 56 à Malmö et 47 à Deauville.

Les Quarter Ton Cup, s'internationalisent et montrent l'appétence des architectes pour ce format de bateaux, autant pour les dessiner que pour les barrer.

Cet engouement atteint même 56 bateaux à San Remo en 79 et, surprise, 32 au Japon en 78.

La Quarter s'arrête en 1995 (20 bateaux quand même à Gdansk) avec la fin du cycle de l'IOR. Aujourd'hui il y a encore des compétitions de Quarter, notamment en Grande-Bretagne, mais beaucoup sont largement customisés

Le phénomène Quarter de l'époque 1965/1995 représente l'évolution à la fois de l'architecture navale et celle de la sociologie des équipages et surtout des architectes.

J'ajoute que ce développement s'est réalisé sans structure trop contraignante. Certes, l'ORC régissait l'application des règles, mais World Sailing, à l'époque IYRU (International Yachting Union) jusqu'en 1996, limitait son intervention à la rédaction des règles de course. Ce contexte un peu libertaire plaisait à tous les participants.

Le nombre de participants augmente à chaque nouvelle Quarter Ton Cup certes il y a de nouveaux dessins, mais pas de réelles évolutions jusqu'en 1975 à Deauville où une Quarter d'anthologie marquera plusieurs générations d'architectes.

Lors de cette Quarter-Ton Cup, on découvre en examinant *45°South* qu'il n'est pas utile de mettre de la surface de voilure si elle sert à transporter du plomb et à générer indirectement de la surface mouillée.

Cela paraît évident et pourtant, il faut attendre Deauville pour vérifier que cette initiative produit des bateaux rapides.

	LHT	LWL	B max	TE	Lest	DSPL (T)	S (près)	Ratio LEST/DSPL	ratio $SA^{0.5}/DSPL^{1/3}$	Ratio $S^{0.5} / LWL$
« Hobnail » D. PETERSON	7.67	6.4	2.44	1.52	0.953	2.087	32	0.457	0.443	0.884
« 45° South » B. FARR	7.27	6.64	2.52	1.42	0.49	1.26	22.85	0.389	0.443	0.720

En fait, les trois années à venir, 1975 / 76 et 77 restent dans l'histoire de l'architecture navale en course au large comme une boîte à idées ouverte.

- 1975 : 45°South gagne la Quarter Ton Cup
- 1976 : One Ton Cup à Marseille avec un bateau à dérive rétractable *Resolute Salmon*.
- 1977 : One Ton Cup à Auckland avec les bateaux à dérive.

En 30 années de régates en Quarter, environ 150 architectes de toutes nationalités produisent, certains un seul dessin, d'autres des dizaines de plans. L'épopée de la Quarter donne aussi naissance à quelques 60 séries de bateaux construits par des chantiers.

Il est évident, qu'entre les bateaux de 1967 (Jauge RORC) et ceux mis à l'eau à la fin du cycle Quarter en 1995 (jauge IOR), les carènes, les voiles, les gréements, les mâts et surtout les matériaux de construction évoluent. Ces petits bateaux contribuent à l'essor de la Course au Large et forment alors des centaines de skippers, équipiers, équipières qui écumeront les plans d'eau durant 30 ou 40 années.

Acte 19 : Une génération d'architectes se lance.

Comme il arrive souvent, le déclencheur d'un cycle, n'est pas toujours un technicien sorti des universités mais un autodidacte passionné. Ce sera le cas de Bruce Farr, qui a 20 ans en 1970 et un certain passé à la fois sportif (champion de Nouvelle-Zélande en Moth) et d'architecte en dessinant son propre bateau. Après un périple dans la très populaire Skiff Class 18 pieds implantée en NZ et en Australie, il dessine, à la demande d'un propriétaire néozélandais, Rob Blackburn, un bateau d'environ 8 m (*Titus Canby*) pour un coût de construction restreint.

Le concept imaginé par Farr innove :

- Un déplacement léger,
- Des sections arrière larges pour planer assez facilement,
- Des sections avant fines afin de passer dans le clapot de la baie d'Auckland.
- Un plan de voilure facile à manœuvrer et d'une surface raisonnable.

Posséder une bonne raideur aux angles de navigation près du vent reste son objectif, comme celui de pouvoir planer dans les vents médium.

Les notions de planning et de gréements fractionnés sont connues dans le monde des dériveurs, mais dès qu'une quille est implantée sur un bateau, les gréements en tête paraissent obligatoires.

A sa mise à l'eau (1972), le dessin de *Titus Canby* se montre très original mais quelque peu en dehors des canons de l'époque avec son franc-bord généreux, son roof assez long, son gréement 9/10^{ème}.

La construction est réalisée en pleine transition entre la Jauge RORC et celle de l'IOR.

Les premières participations en régate lors du Championnat du Pacifique (NZ) impressionnent, à tel point qu'une version modifiée est mise au point afin de participer à la Half Ton Cup (Rating 21.7 pieds). Le bateau s'inscrit sous le nom de *Tohe Candu* pour les régates européennes à Cowes et surtout à la Half Ton Cup de 1974 à La Rochelle.

Tohe Candu ex Titus Canby

(B. Farr)

LHT 8.15m	LWL 7.213
Bau 2.743 m	TE 1.454 m
DSPL 2096 kg	Lest 789 kg
GV 15 m ² / Foc 12m ²	

Construction de la coque :

- CP + 3 plis de stratifié verre/polyester.
- 7 Carlingues longitudinales espacées de 254mm.
- Cloisons CP 7mm, Structure en acajou

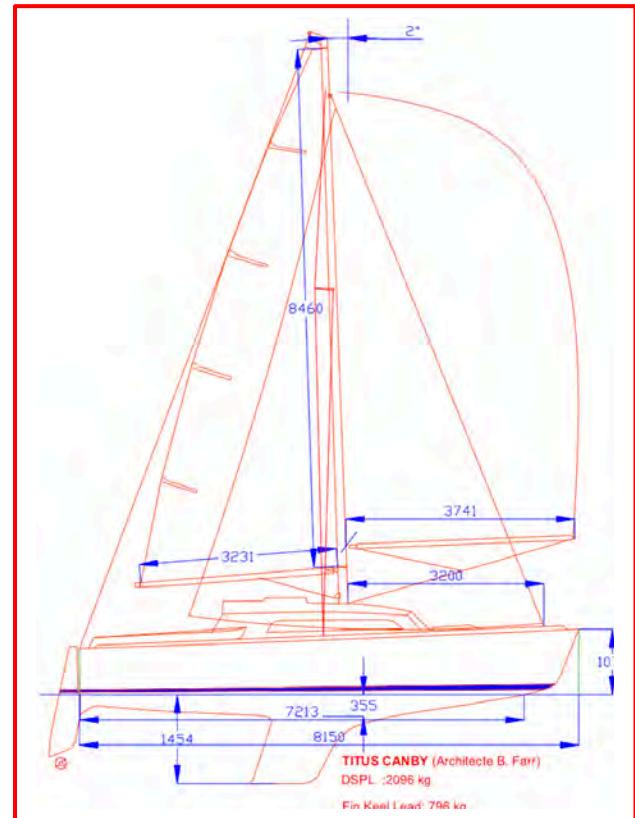
Construction du pont :

- CP de 9.52mm avec structure bois espacé de 254mm.

Conception du gréement :

- Gréement 7/8 - section 133 X 101mm.

<https://www.tituscanby.com>



En 1972, la règle IOR vient juste d'être publiée. Comme *Titus Canby* est très proche d'un Half Ton, Bruce apporte quelques modifications afin qu'il soit éligible à cette classe.

Ces modifications portent sur le franc-bord, le redressement de l'étrave et sur une légère augmentation du creux. L'ajustement du CGF à 0.9680 est aussi réalisé.

Immédiatement après la mise à l'eau, ses performances dépassent toutes les attentes lors du championnat néo-zélandais de 1972 et de 1973.

Ainsi, ce plan Farr modifié, se présente à l'édition de 1974 de la Half Ton Cup à La Rochelle. Doug Peterson survole et gagne cette Half Ton avec *Northstar*, construit au chantier Hervé à La Rochelle. Deux victoires en deux mois, puisque Doug vient juste de remporter le mois précédent la One Ton Cup à Torquay (GB) avec *Gumboots*.

1. Doug Peterson (*Northstar*),
2. André Mauric (*Impensable*),
3. Peter Norling, (*Scampi*),
4. André Mauric (*Super Challenger*),
5. Camper & Nicholson (Nicholson 30 -1972),
6. Tom Wylie⁴⁴ (*Animal Farm*),
7. Pôl Elvström (*Bes*),
8. Bruce Farr (*Tohe Candu*)

Le plan Farr *Tohe Candu* termine 8^{ième} sur 48 bateaux (12 Nations présentes), certes la performance est moyenne, mais cette participation à la Half-Ton permet à Farr d'étudier un style d'architecture.

Les sept premiers bateaux présentent des architectures assez volumineuses qui se traduisent par des déplacements conséquents et souvent des gréements en tête très élancés.

Quelques exemples

NORTHSTAR

LHT 9.50 DSPL 2990 kg (Lest 1650 kg) TE 1.70 m

IMPENSABLE

LHT 8.70. Bau 2.85 DSPL 3200 kg (Lest 1700 kg) TE 1.68 m

⁴⁴ Tom Wylie a dessiné beaucoup de bateaux, dont *American Express*, un Mini 650 qui gagné la Mini-Transat en 1979.

Le vainqueur de la Half Ton Cup a été conçu par Douglas Peterson, architecte californien de 29 ans, qui s'est emparé de belle manière en juillet de la One Ton Cup (voir notre précédent numéro, page 60) et qui remporte, sans contestation possible après ces deux victoires, le prix d'excellence 1974 d'architecture navale internationale. « North Star » a été construit à La Rochelle, en bois moulé, par le chantier Hervé (Philippe Hervé courait à bord) pour Eckart Wagner, directeur de la voilerie North en Allemagne,

Extraits des « Cahiers du Yachting - 09/1974

BES

LHT 9.56 Bau 3.14

DSPL 2700 kg

(Lest 1400 kg)

TE 1.70 m

SCAMPI

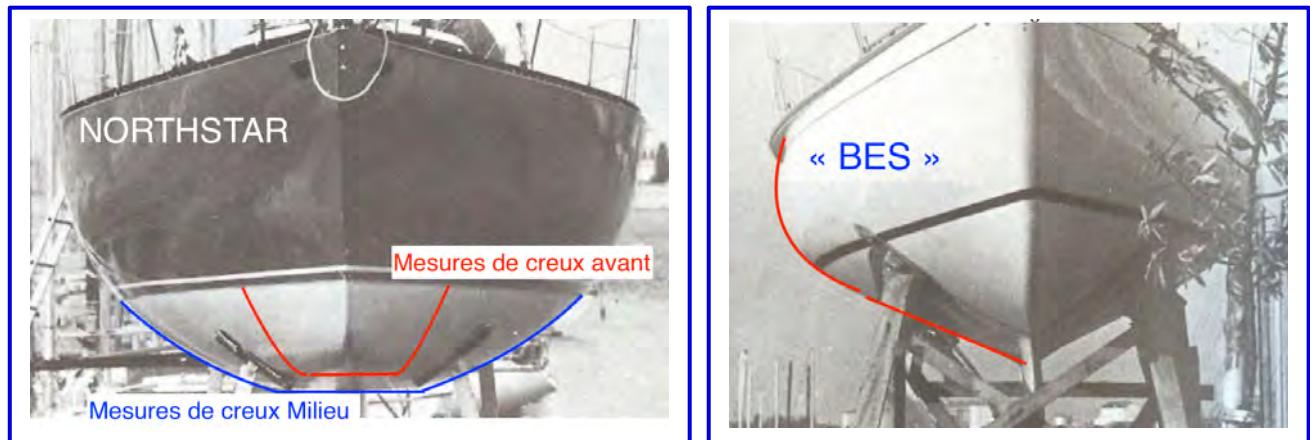
LHT 9.07 Bau 3.00

DSPL 3300 kg

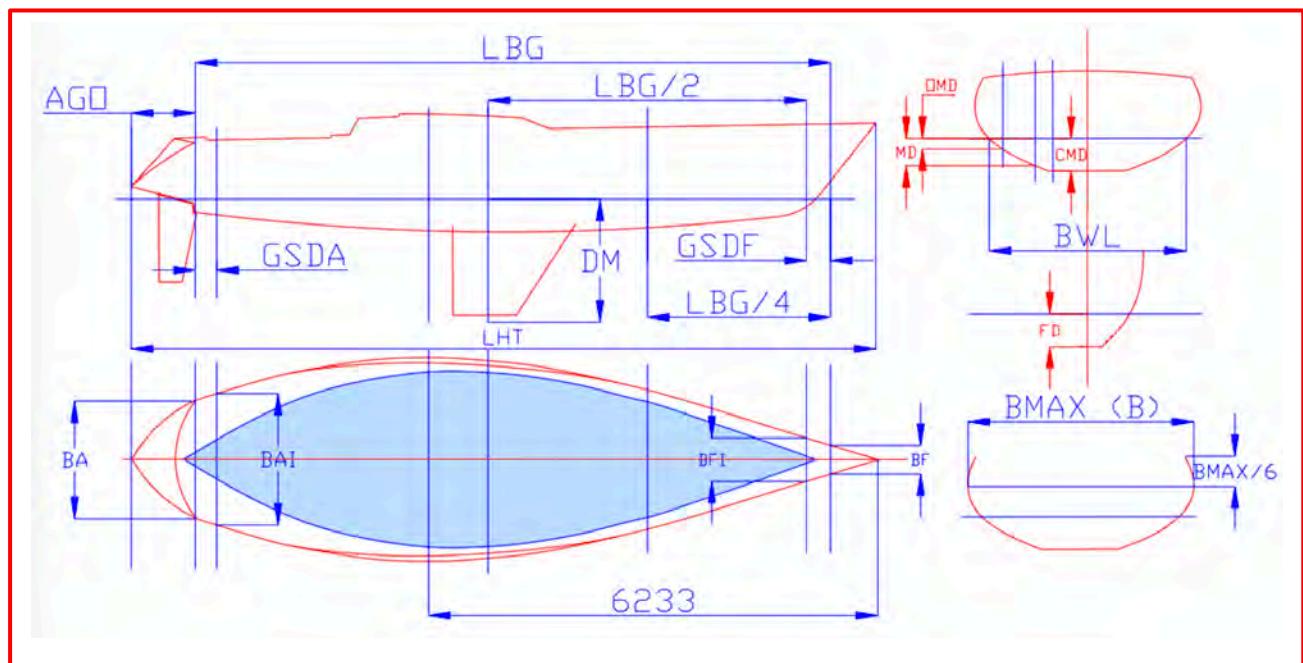
Lest 1260 kg)

TE 1.65 m

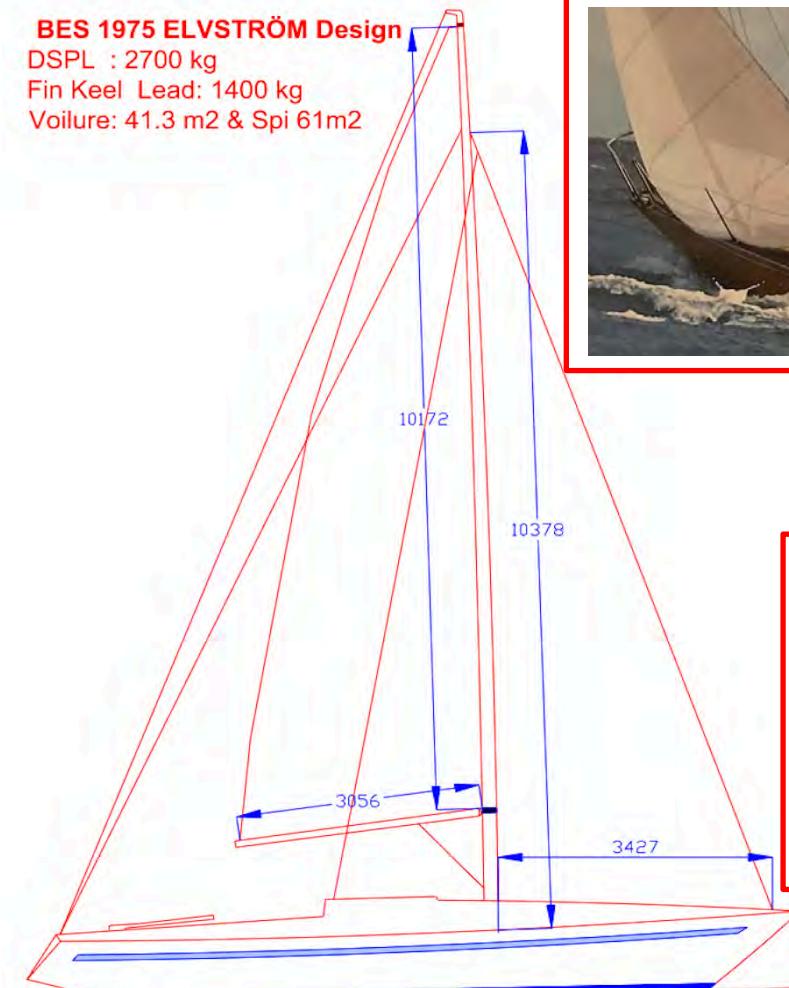
Deux familles de sections au maître couple (bouchain ou coupe de Martini Dry)



Doug Peterson, avec *Northstar*, est un des premiers architectes à optimiser la forme de la carène aux formules de calcul du déplacement (paramètre D dans la jauge) et de la longueur à la flottaison (L).

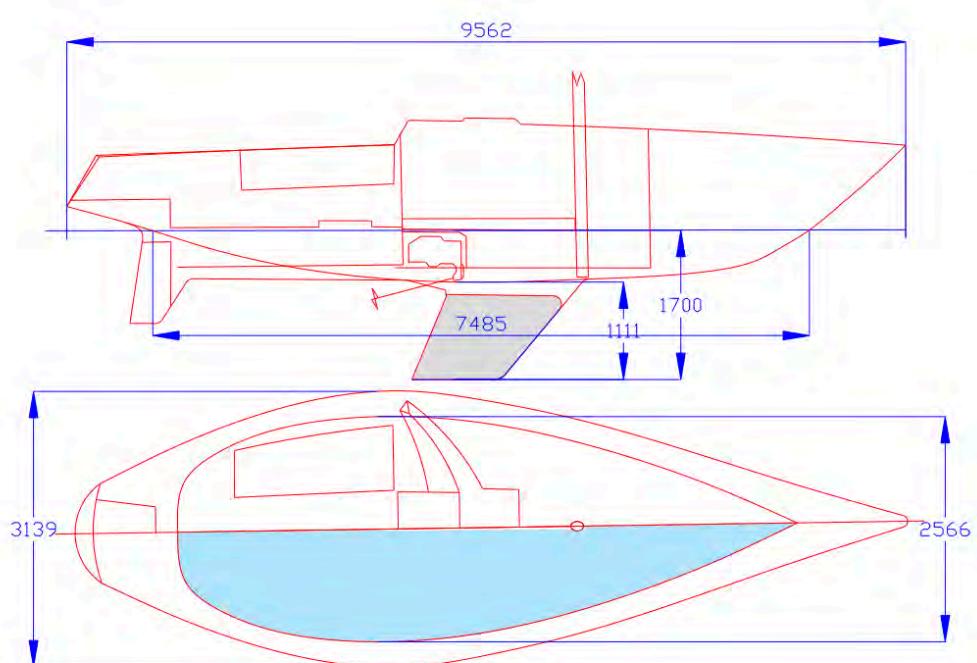


BES 1975 ELVSTRÖM Design
 DSPL : 2700 kg
 Fin Keel Lead: 1400 kg
 Voilure: 41.3 m² & Spi 61m2



« **BES** » un dessin original, avec ses deux cockpits, mais surtout avec formes en « V profond », à contre-courant de l'exploitation naissante (D. Peterson) « IOR ».

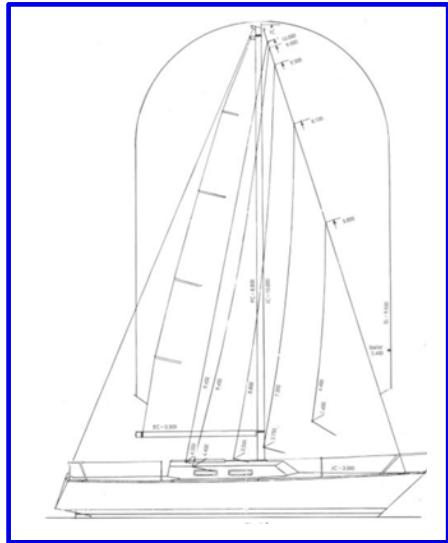
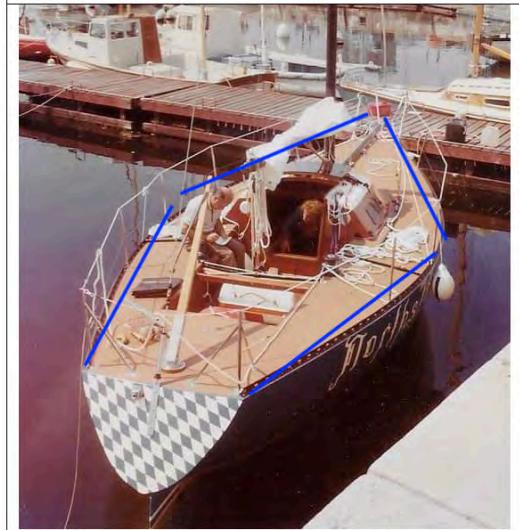
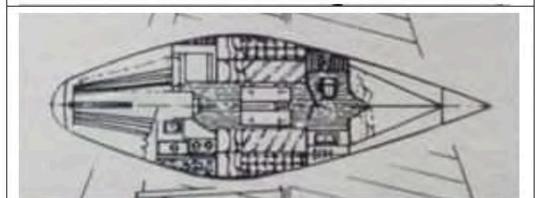
Un excellent bateau lorsque le rating était à 21.7 pieds.



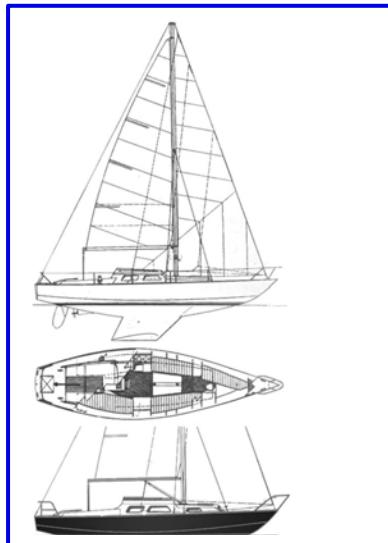


« YENA » Doug Peterson

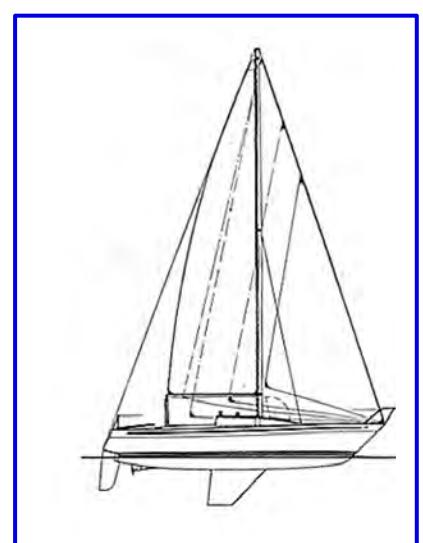
L'architecture en Losange imposée par le calcul du déplacement en IOR



« ACCENT » P. NORLIN.



« SUPER CHALLENGER » MAURIC.



« NORTHSTAR » D. PETERSON

Dans toute cette armada Half-Ton IOR, le plan Farr *Tohe Candu* fait figure de petit bateau (léger, 2 000 kg ; faible tirant d'eau, 1.43m etc...).

Malgré tout, le bateau atteint la jauge de 21.7 pieds (IOR) grâce aux fortes taxations de ses formes arrière très planantes. Formes complètement en dehors du « politiquement correct » de la règle anglo-américaine.

« **Tohe Candu** » se hisse à une honorable 8^{ième} place.



TOHE CANDU

Après cette Cup, *Tohe Candu* retourne en NZ.

Il est certain que gonfler un bateau afin d'accéder à la classe supérieure n'est pas la meilleure méthode pour obtenir un bateau optimisé. En effet, cette opération se réalise principalement par l'augmentation, autant que faire se peut, de la surface de voilure.



Un bateau évolue dans deux milieux : l'eau, avec un volume immergé de la carène, donc soumis aux lois hydrodynamiques, et l'air, avec les voiles qui obéissent à des lois aérodynamiques appliquées à des surfaces.

D'un côté, on est au cube (m^3), de l'autre coté au carré (m^2). Ce qui ne se marie pas très bien, et permet difficilement de gonfler les performances d'une carène.

Fort de cette analyse et de la contre-performance à La Rochelle, Farr décide d'abandonner l'orientation de ce dessin vers la classe Half Ton, mais de reprendre la carène d'origine de *Titus Canby* en la modifiant afin de rentrer dans la box-rule d'un Quarter Tonner.

Il aboutit au dessin de *45° South* qui devient le Farr 727 lors de la Quarter Ton Cup de 1975 à Deauville (FR).

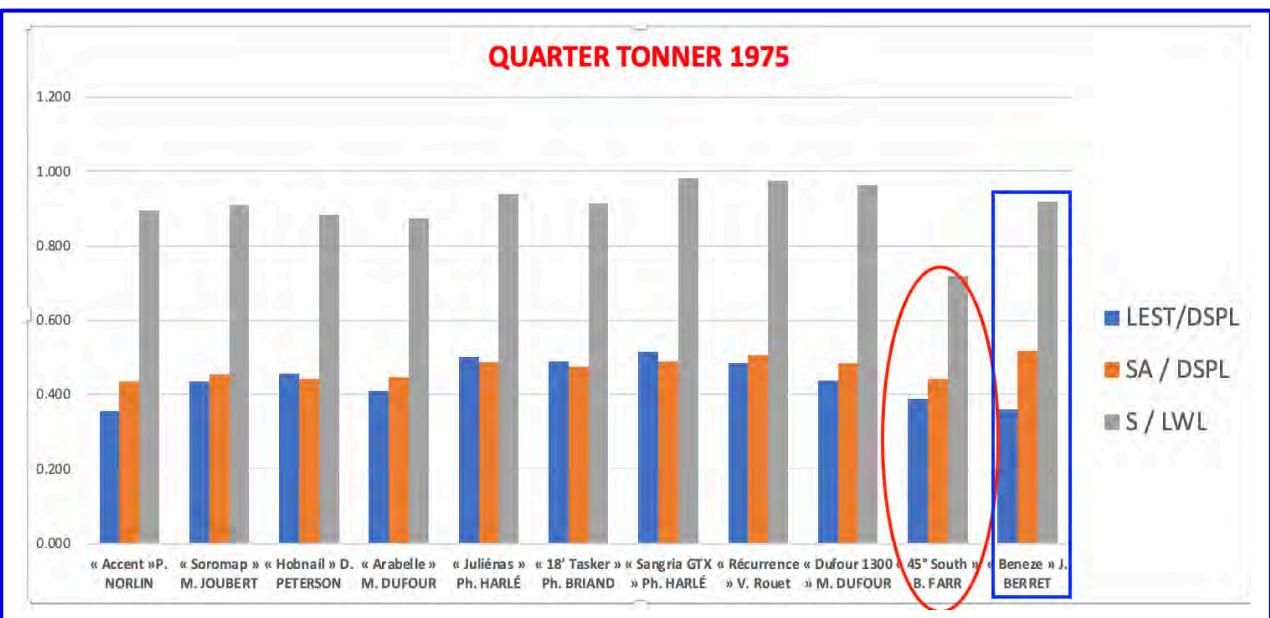
Acte 20 : l'hémisphère Sud surprend.

Dans les deux semaines qui précèdent la Quarter de 1975 à Deauville - la précédente Quarter ayant été gagnée par *Accent* dessiné par Norlin – se dispute la Coupe de France qui doit sélectionner les 3 bateaux de l'Équipe de France.

	LHT	LWL	B max	TE	Lest	DSPL (T)	S (près)
« Accent » P. NORLIN	8.03	6.60	2.75	1.48	0.890	2.500	34.82
« Hobnail » D. PETERSON	7.67	6.40	2.44	1.52	0.953	2.087	32.00
« Beneze » J. BERRET	7.16	6.06	2.75	1.50	0.450	1.250	31.00
« Dufour 1300 » M. DUFOUR	7.26	5.50	2.64	1.50	0.570	1.300	28.00
« Arabelle » M. DUFOUR	7.65	6.40	2.70	1.50	0.800	1.950	31.30
« Soromap » M. JOUBERT	8.10	6.60	2.95	1.55	1.000	2.300	36.00
« 18' Tasker » Ph. BRIAND	7.22	6.27	2.87	1.55	0.850	1.740	32.80
« Juliénas » Ph. HARLÉ	7.20	6.30	2.90	1.60	0.900	1.800	35.00
« Sangria GTX » Ph. HARLÉ	7.40	5.90	2.70	1.55	0.850	1.650	33.50
« 45° South » B. FARR	7.27	6.64	2.52	1.42	0.490	1.260	22.85
« Récurrence » V. ROUET	7.50	6.00	2.52	1.40	0.750	1.550	34.15

Tous les bateaux présents à Deauville et inscrits à la Quarter peuvent évidemment participer à cette CdF dans but de permettre aux équipages de s'adapter et de se régler pour naviguer sur ce plan d'eau assez particulier de la baie de Seine, sujette à des courants très particuliers, des faibles fonds et surtout à un fréquent clapot croisé très complexe à gérer.

43 bateaux dessinés par 17 architectes s'inscrivent à cette Quarter. Cela montre l'intérêt des coureurs et des architectes, souvent à la barre de leurs bateaux.

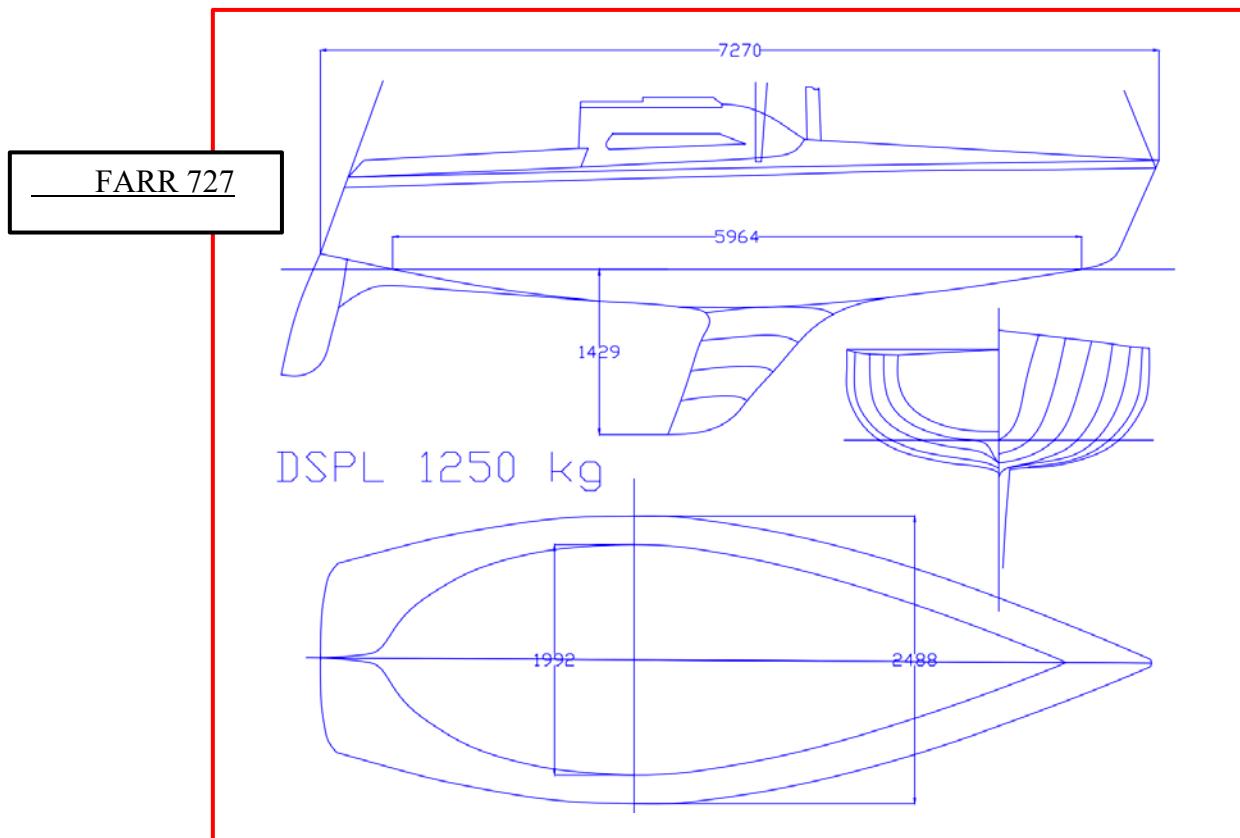


Pour la petite (ou grande) histoire, cette Quarter Ton Cup voit la première manifestation écologique. En effet, les pêcheurs bloquent l'écluse, afin de manifester contre la pollution endémique qui sévit en baie de Seine.

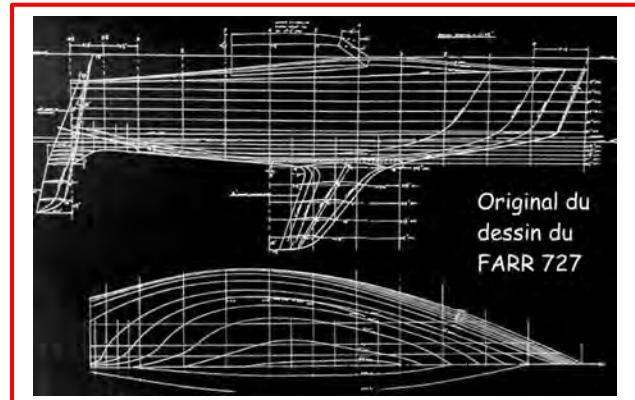
Le Quarter concerne des bateaux de petite taille et par conséquent abordables financièrement. Ainsi, de nombreux prototypes sont construits. Cette appétence pour les prototypes se prolonge pendant plus de deux décennies.

On retrouve pratiquement la même cohorte d'architectes que l'année précédente à La Rochelle (Half Ton de 74).

Citons pour mémoire : Michel Joubert, Philippe Harlé, Michel Dufour, Pôl Elvström, Jean Berret, Bruce Farr, Ian Mac Donald Smith, Doug Peterson, Bruce Kirby, Aldo Renai, Alain Jézéquel, Philippe Briand, Peter Norlin, Ron Holland Peter Norlin et Ron Holland sont les vainqueurs successifs des deux dernières Quarter Ton Cup sur *Accent* et *Eygthene*.



Lors des mises à l'eau, l'espionnage de la concurrence étant de mise, les deux plans Farr 727, *45°South* et *Genie*, étonnent d'abord à cause de leur légèreté (1260 kg), face à des favoris flirtant avec 2000/2500 kg ! mais aussi avec leur gréement 7/8, ce qui est très peu tendance à l'époque. Les gréements en tête sont préférés par les architectes pour les Quarter et les Half Ton. Seul Elvström avait déjà initié ce type de gréement fractionné sur son *Bes*.



A la fin des régates de cette Coupe de France, courues à la fois par temps léger et avec de la brise, *45°South* termine premier et son sister ship *Genie*, quatrième. Les autres concurrents commencent alors à s'interroger sur ces drôles de bateaux... Les quelques remarques ironiques entendues avant le départ sur les pontons au sujet de ces petits voiliers néozélandais disparaissent.

La Quarter s'organise autour de 2 grandes courses de 100 et 180 milles, de 2 parcours côtiers et d'un olympique triangulaire.

45°South et *Genie* apparaissent aux avant-postes dans la première grande course et font jeu égal avec l'autre déplacement léger *Charlie Papa*, skippé et dessiné par Alain Jezequel. Ils étaient les trois seuls bateaux avec celui dessiné Jean Berret à planer dans les derniers bords de cette course.

180 milles sont au menu de la régate de clôture de la Quarter Ton Cup avec deux traversées de la Manche. *45°South* impose son rythme sans partage, de la première marque à la ligne d'arrivée. Il s'offrira la victoire avec 26 minutes d'avance sur le second *Charlie Papa* et gagnera la Quarter Ton Cup 1975. *Genie* finira 4^{ième} de cette grande course et 6^{ième} au général de la Quarter.

Comme on dit dans le bas-pays breton : Ite missa est.

Le coup de génie de Farr est de n'avoir pas recherché la voilure maximale possible en optimisant les formes architecturales (tendance losange et formes arrière torturées) issues des formules de la règle IOR.

L'architecte kiwi retourne l'équation et prend la décision d'associer des formes hydrodynamiques facilitant le planning (vitesse) à la surface de voile. Cette option lui permet de compenser la taxation que fait l'IOR aux formes fluides par une diminution de la voilure. La réduction de la surface mouillée de ses dessins, la facilité de réglage et d'adaptation du plan de voilure qui découlent de ces orientations contribuent aussi à la réussite.

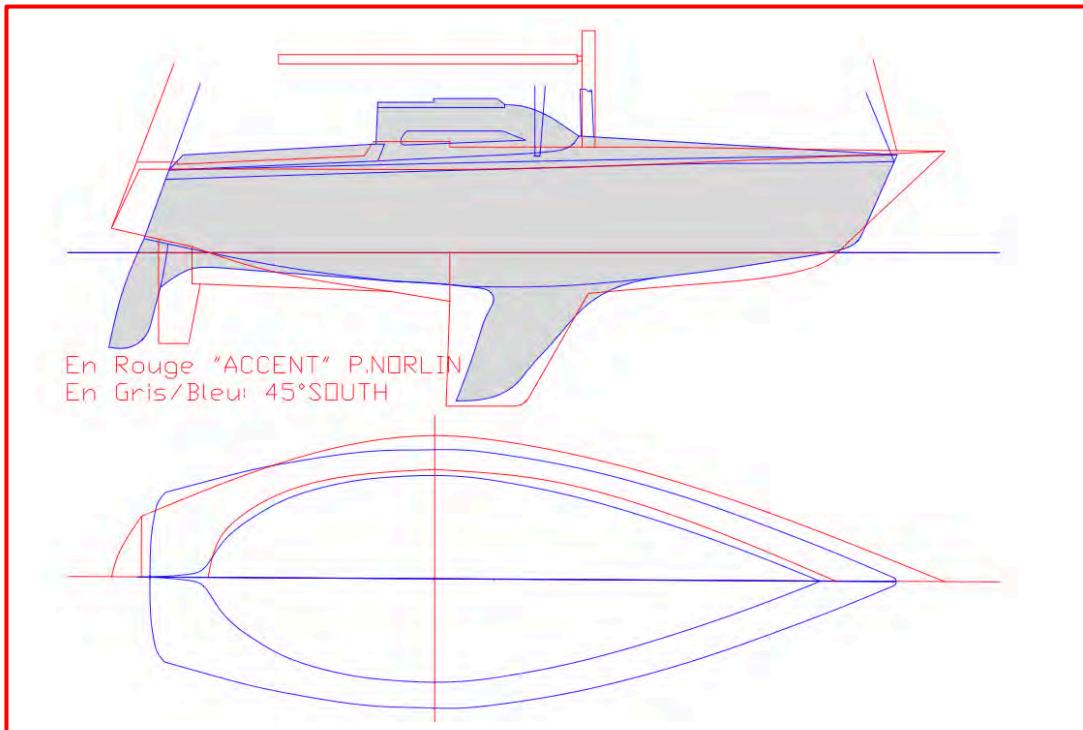
En 1975, les premières versions de la règle IOR (Mark I et II) permettent de dessiner des bateaux à déplacement léger, donc moins voilés. En fait la recherche d'une optimisation qui s'appuie sur l'examen de formules mathématiques, principalement dans la minimisation du calcul de D qui représente le déplacement pour la jauge, conduit obligatoirement à augmenter les surfaces de voilure. Apparaît alors toujours le conflit entre l'évolution du déplacement réel qui s'exprime en m³ (puissance 3), et celle de la surface exprimée en m², (puissance 2).

Comme le montre le tableau ci-dessous, si l'architecte du Contessa 25 souhaite obtenir un ratio surface de voilure / déplacement identique à celui du Farr 727 il doit dessiner un plan de voilure de 38.4 m²... déjà il faut l'implanter sur le bateau, mais surtout le TTC croît énormément et le bateau n'est plus un Quarter.

NOM	DSPL IOR	Poids réel (kg)	Voilure au Près	Ratio Surface ^{0.5} / poids ^{1/3}
Contessa 25 D. Peterson	2087	2148	31.52	0.435
Farr 727 B. Farr	1260	1296	26.85	0.480 (+10.3%)

C'est uniquement à la fin des années 70 (Jauge Mark IIIa) que les algorithmes taxent plus particulièrement la tendance « déplacement léger ». On entre alors progressivement dans une période de conformisme.

Acte 21 : Comparaisons des carènes et analyses



Accent, vainqueur en 1974, démâtera d'entrée l'année suivante à Deauville et perd ainsi toute chance de terminer à une bonne place.

Cette tendance architecturale (*Hobnail* et *Accent*) ressemble beaucoup à une déclinaison de ce qui fonctionne pour les bateaux des One Ton ou plus grands.



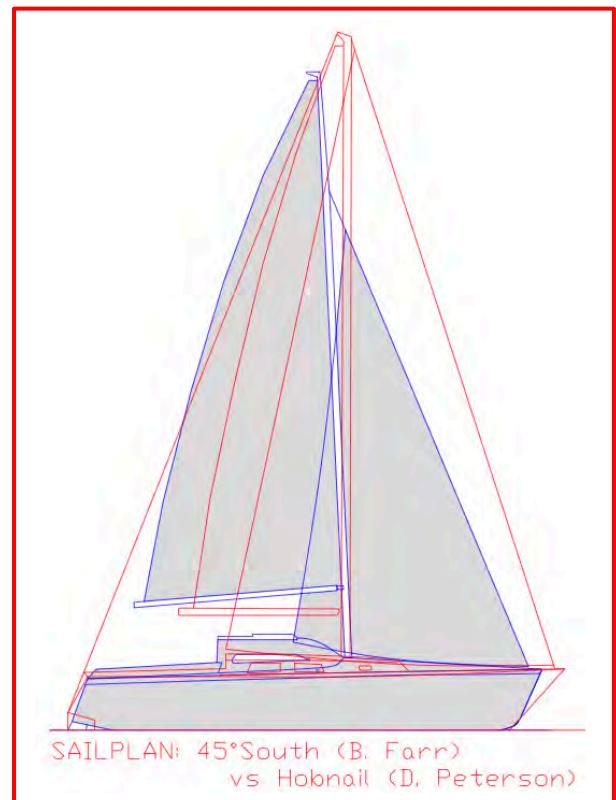
Les formes, le faible déplacement de *45°South* (40% de moins que les Quarter de Norlin ou Peterson), permettent par déplacement de l'équipage d'adapter la surface mouillée, donc la trainée, aux conditions de navigation de l'instant en modifiant facilement l'assiette longitudinale et la gîte du bateau. Ce qui revient à naviguer en copiant les techniques utilisées sur les dériveurs.

Jean Berret et Alain Jezequel prennent une option similaire pour des résultats concluants. *Charlie Papa* (Jezequel) terminera 2^{ème} de la Quarter 75 et se retrouvera même 1^{er} à égalité avec *45°South* avant la grande course de 188 milles.

Beneze, dessiné et construit par Berret prend la 8^{ème} place, mais ce bateau, terminé dans la semaine précédant le départ de la Quarter, manquait quelque peu de mise au point.

Finalement, Jean Berret et Alain Jezequel développent le même concept que Bruce Farr, mais le kiwi possède près de deux ans d'avance dans la mise au point à laquelle s'ajoutent quelques années de dessins de 18 pieds australiens.

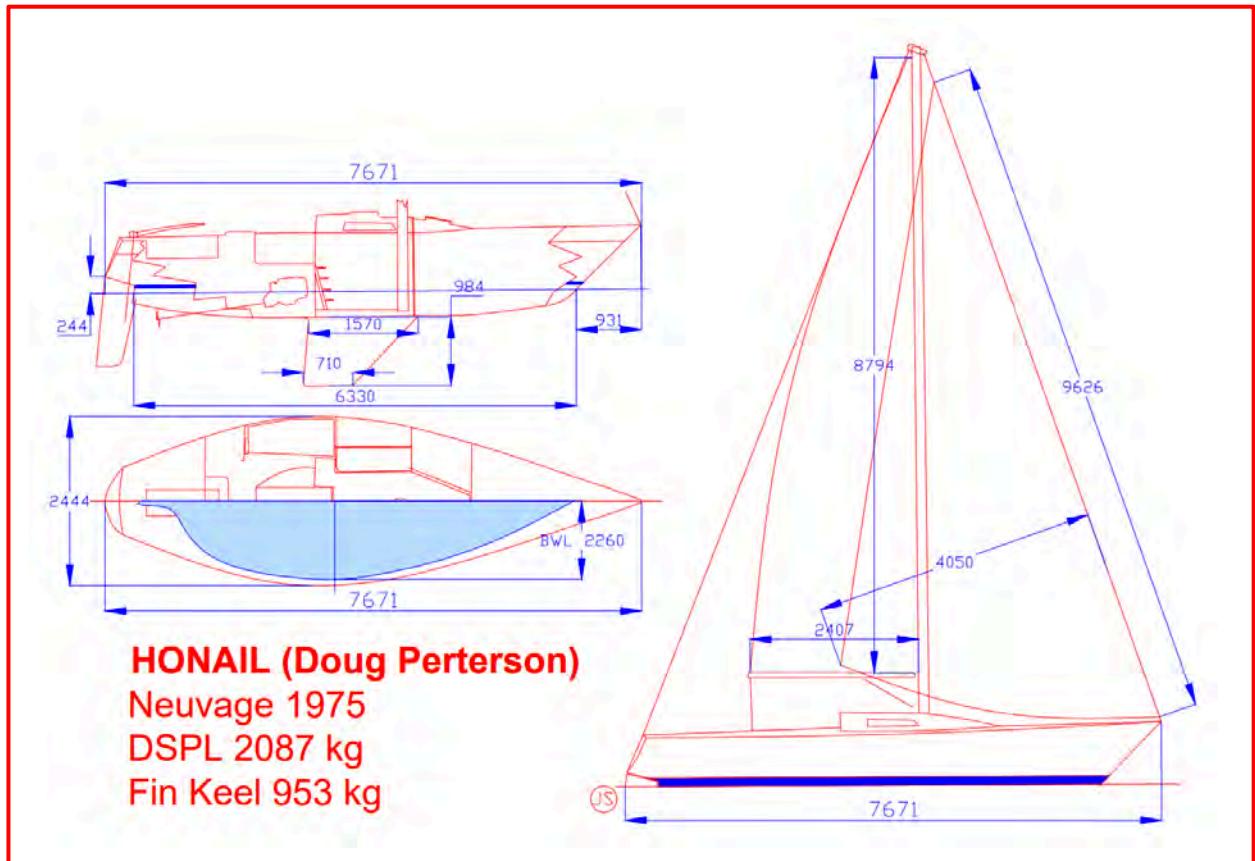
Cette Quarter préfigure pourtant un tournant important dans l'évolution des dessins des carènes. Les différents dessins montrent qu'avec cette règle (IOR), on peut dessiner des carènes très différentes et surtout gagner énormément en performances à condition de repenser la corrélation entre le plan de voilure, le gréement dormant et la carène (forme et déplacement) et surtout ne pas regarder la création architecturale comme uniquement une optimisation mathématique des formules de jauge au détriment du comportement du fluide qui circule autour de la carène et des appendices.



Toutefois, il est évident que transposer ces idées sur des bateaux de 12, 15, 20, 25 mètres se heurte au conservatisme des autorités qui régissent la règle IOR mais aussi et peut-être surtout à l'acceptation par les propriétaires de ces formes architecturales.

Le lobby des arrières étroits, des gréements en tête et des déplacements lourds, donc l'image de l'architecture « Yachting » conventionnelle, reste très puissant au sein de l'ORC et perdure malheureusement jusqu'à la fin de l'IOR... Mais avant cela d'autres idées naissent.





Acte 22 : L'option quille relevable à la One Ton Cup de 1976 (Marseille)

La course au large reste à cette époque dominée par le monde de culture anglo-saxonne, que ce soit la Grande-Bretagne ou les USA, mais aussi tous les pays liés par une tradition du « Yachting » qui reproduit l'ambiance et les structures des clubs britanniques ou américains.

Bien que les Français⁴⁵ aient relancé la One Ton Cup en 1965, à une époque où la Règle de jauge RORC domine encore largement, l'effet sur la participation française reste très faible. Cela se traduit par très peu de dessins d'architectes français (faute de clients) pour de nouveaux projets.

L'explication tient sûrement dans le rapport à la tradition lié à l'image du Yachting entre la France et le monde Anglo-Saxon et son esprit Yacht-Club. La découverte d'aventures passionne apparemment plus les propriétaires français et leurs équipiers.

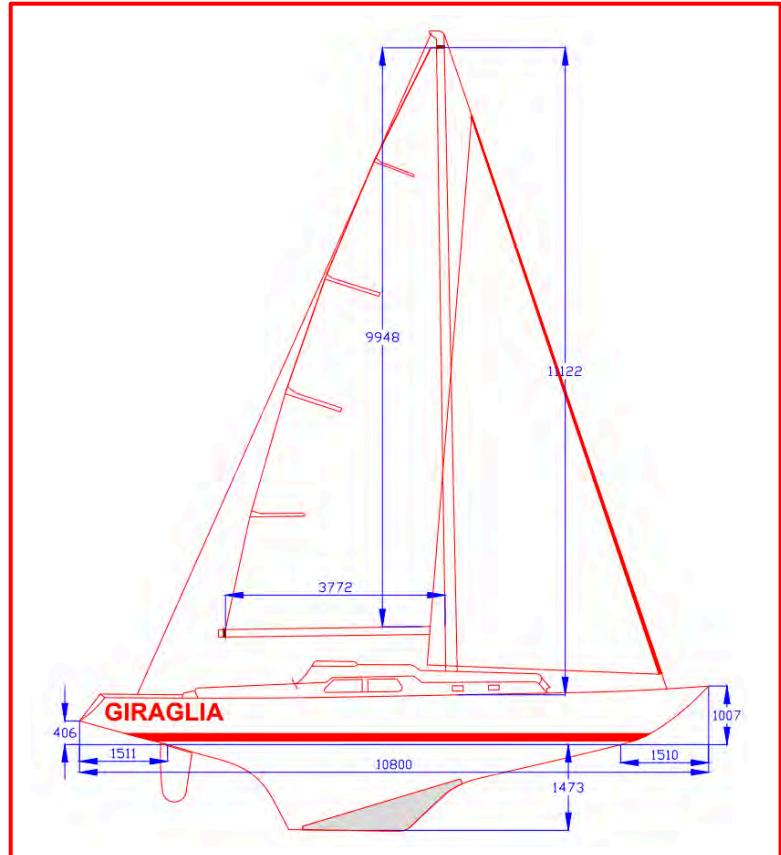
⁴⁵ Le Cercle de la Voile de Paris est alors propriétaire-créateur de la Coupe « One Ton Cup » (création en 1899)

Pour en revenir à la One Ton Cup, durant les années 1965 à 1973, la participation se situe entre 14 et 21 bateaux. Durant cette période ou deux systèmes de jauge se succèdent, seuls pratiquement Mauric, Harlé et Joubert se frottent réellement à l'hégémonie architecturale anglo-saxonne.

GIRAGLIA (1962) Plan Mauric.

CARACTERISTIQUES

Longueur HT : 10,80 m Bau : 2,74 m
 Tirant d'eau : 1,49 m
 Déplacement : 3900 kg Lest : 1800 kg
 Voilure : 40 m²



Commandé par Jacques Gaubert à l'automne 1963, le plan du *Giraglia* existe déjà depuis longtemps dans les cartons d'André Mauric. Il s'agit d'un bateau rapide, de déplacement considéré comme léger par le RORC. Son dessin s'inspire de l'architecture des 5.5JI des années 1960.

Les échantillonnages de la structure de la coque, imposés par le ratio déplacement/lest (46%) doivent se plier aux prescriptions draconiennes de la Jauge RORC, basées sur les architectures de la construction classique. Cette dernière, voyant aussi d'un mauvais œil les déplacements légers (souvenir de *Myth of Malham*), conduit l'architecte à réduire la surface de voilure : ce qui coupe un peu les ailes de l'oiseau. Il faut se rappeler que la jauge RORC bien que ne mesurant pas la raideur (mesure de la stabilité aux petits angles) pénalise les rapports de lest importants.

Malgré cet acharnement britannique, le bateau gagne le championnat du RORC en 1965 en Classe 3, puis Cowes-Dinard en 1966, et prend les 3^{ème} et 4^{ème} places à la One Ton Cup de 1967 (2 bateaux français étaient inscrits) juste derrière deux dessins de Stephens.

Il retrouve la 3^{ème} place l'année suivante (1967) dans les mains d'un équipage belge. Année qui voit la victoire et le début du règne des Tina dessinés par Carter.

Les One Ton Cup courues entre 1965 et 1969 (Il n'y a pas eu de One Ton en 1970), restent principalement une affaire entre Carter et Stephens du cabinet Sparkman & Stephens, mais rapidement Peterson et Holland s'immiscent dans ce duo. Toutefois, on évolue toujours dans des dessins de carènes conventionnels.

Lors de l'édition de 1974, à Torquay (GB), 34 bateaux participent.

Gumboots, dessiné par Peterson s'impose sans contestation. Globalement cette édition se résume à un match entièrement de culture anglo-saxonne, entre Peterson, Carter, Holland, Hood et Van de Stadt.

Au milieu de cette armada, on retrouve Joubert avec *Répression* :

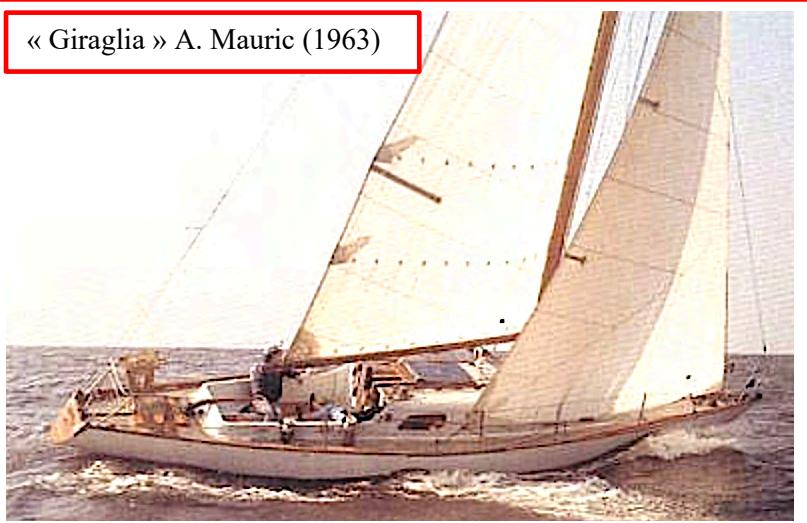
REPRESSION

LH : 9.60 m
LWP : 8.60 m
Bau max : 3.00 m
Tirant d'eau : 2.0 m
DSPL : 2100 kg.

La construction de *Répression* innove avec :

⇒ Des fils de carbone insérés dans les peaux du sandwich verre/polyester utilisées pour la fabrication de la coque. Cette technologie très avant-gardiste pour l'époque permet de diminuer les échantillonnages, donc la masse de la coque, de la structure et du pont, et permet d'obtenir le déplacement de 2100 kg.

« Giraglia » A. Mauric (1963)



« Répression » One Ton 1974 (M.Joubert)



⇒ Une autre idée de Joubert, que l'on retrouve trois ans plus tard dans l'Admiraler IMP dessiné par Holland (1977), consiste à reprendre des efforts du gréement et du lest sur une structure tubulaire métallique interne stratifiée dans la peau intérieure et la structure de la coque.

IMP (Ron Holland design) 1977

LHT = 12.19 m

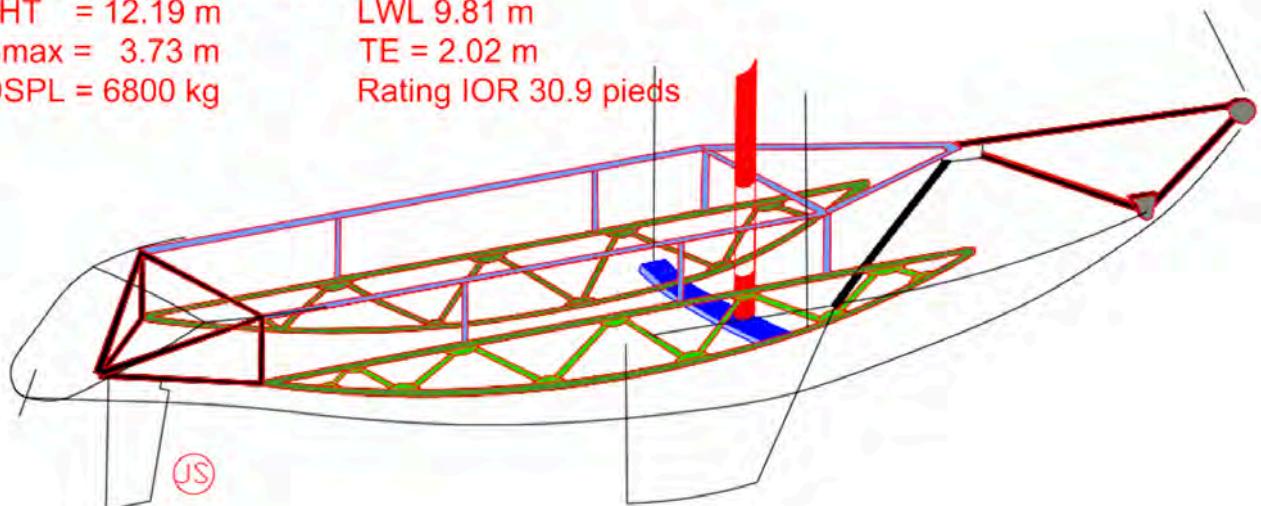
LWL 9.81 m

Bmax = 3.73 m

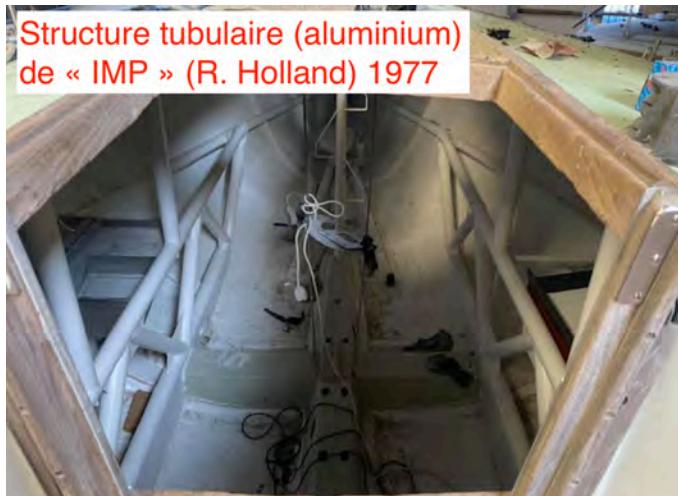
TE = 2.02 m

DSPL = 6800 kg

Rating IOR 30.9 pieds



Structure tubulaire (aluminium) de « IMP » (R. Holland) 1977



Décrire le dessin de Joubert comme déplacement léger, n'est pas un euphémisme. Sur une flotte de 35 bateaux, une trentaine affiche un déplacement en moyenne de 6200 kg, voire 6950 kg pour certains comme *Eleuthera* dessiné par Carter et construit par le chantier Clare Lallow (Cowes, GB), LH 11.01m, LWL 9.27 m, BMAX 3.53m, surface au près 82.14 m², alors que *Répression* pèse 2 100 kg pour une LHT 9.20m et LFLOT 8.5m, et une surface au près 43.5 m².

La comparaison des ratios Voilure / Déplacement respectifs de *Eleuthera* et de *Répression* sont de 0.475 et 0.515. Soit un gain de 8.5% en faveur de *Répression*. Reste à savoir si la carène peut supporter cet excès de voilure en termes de stabilité aux angles de navigation en régate. Il est évident qu'être obligé de réduire la voilure dès 12 à 15 noeuds de vent réel, diminue le coefficient 0.515 et donc les performances.

Bien qu'il ne gagne pas la One Ton Cup à Porto Cervo (Italie), en 1973, Peterson impressionne fortement, avec son dessin de *Ganbare*. Barré par Lowell North, *Ganbare* termine second derrière *Ydra* dessiné par Carter. Malgré 4 victoires en 4 manches à suivre, il perd la première place au général suite à une erreur de navigation en enroulant du mauvais côté la dernière marque de la dernière épreuve, alors qu'il était en tête...

GANBARE (1973)

LH : 10.44 m LWP : 8.70 m

Bau max : 3.10 m

Tirant d'eau : 1.90 m

DSPL : 4899 kg (Déplacement réel
5250 kg environ)

Lest: 2800 kg (Ratio 57%).

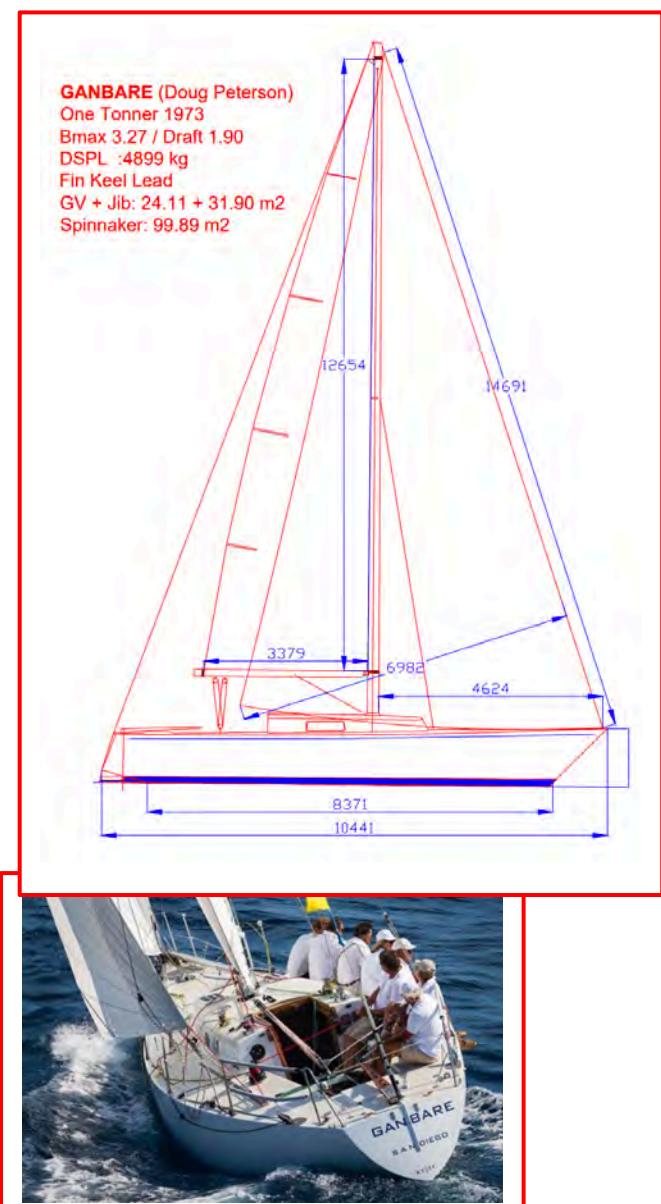
Spinnaker: 102 m²

GV + Genois: 69 m²

Construction de la coque : Strip-Planking
en Red Cedar (25mm).

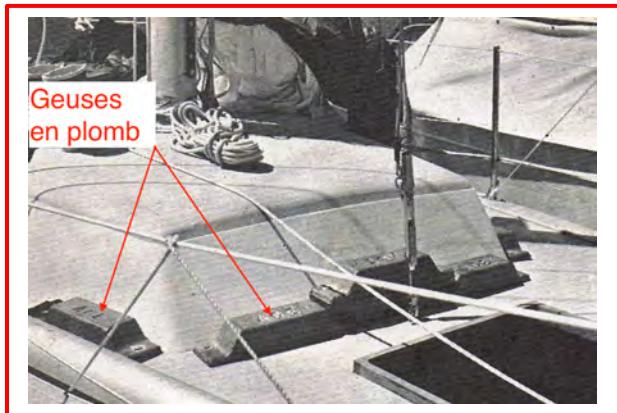
Pont 16 mm.

Cloisons en CP acajou. Quille en plomb.



Ci-contre une photo originale où l'on voit des gueuses en plomb stratifiées sur le pont... Cette incongruité résulte d'un vulgaire problème de CGF (voir précédemment Acte 14).

En fait, *Ganbare* ne manque pas de stabilité. Au contraire, il possède un moment de redressement (RM 1°) trop fort et donc un coefficient CGF mesuré à la mise à l'eau de l'ordre de 0.9686. Avec cette valeur de CGF, résulte un rating de l'ordre de 27.535, donc supérieur de 0.035 à la limite de 27.5 pieds.



Deux solutions pour régler ce problème : soit le skipper coupe dans les voiles (!!!), soit il fixe du lest sur le pont afin de translater le centre de gravité du bateau de quelques centimètres vers le haut. Approximativement, cela représente quand même de l'ordre de 30 à 35 kg de gueuses à stratifier sur le pont.

Il existe néanmoins une troisième solution, plus élégante. Elle consiste à usiner un gros trou dans le voile de quille en plomb et de le remplir avec de la mousse, puis de r agréer le tout avec une peau en stratifié.

Cette solution technique, assurément plus discrète, reste plus complexe, longue et onéreuse à réaliser. Herbert Von Karajan préfère ce type d'intervention sur son *Tina Helisara*, puis d'autres propriétaires le suivront.

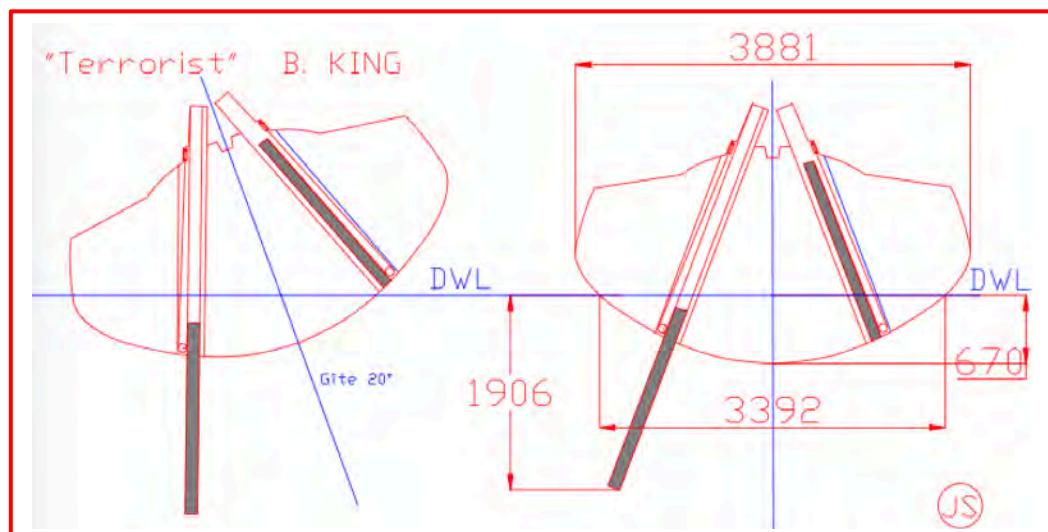
Lors de la Ton Cup suivante à Torquay (1974), Peterson place 5 dessins dans les 10 premiers...

- 1) *Gumboots*, Peterson, (Contessa 35-polyester), skipper Jeremy Rogers
 - 2) *High Tension*, Jac de Ridder, (prototype-polyester)
 - 3) *Hati IV*, Peterson (Contessa 35-polyester)
 - 4) *The Magic Twanger*, Peterson, (sister ship de *Ganbare*-bois moulé)
 - 5) *Ceil III*, Bob Miller, (prototype-bois moulé)
 - 6) *Solent Saracen*, Peterson, (Contessa 35-polyester)
 - 7) *Golden Apple*, Holland, (prototype-bois moulé)
 - 8) *American Jane II*, Stephens, (prototype-aluminum)
 - 9) *Eliza*, Peterson, (sister ship de *Gumboots*, bois moulé)
 - 10) *Breyell*, D. Carter, (prototype, bois moulé)
- Répression terminera 22^{ème}.

L'édition de 1974 apparaît toutefois comme novatrice, dans le sens où certains architectes détectent encore quelques optimisations dans les algorithmes de la jauge IOR, mais, surtout, proposent de nouvelles idées de conceptions de carènes.

Ainsi, *Terrorist*, dessiné par Bruce King se présente avec deux quilles rectangulaires à profils asymétriques inclinés chacune à 20° et implantées juste en avant de l'implanture du mât.

Dommage que les performances de ce bateau, encourageantes en début d'épreuve, se trouvent ruinées par la rupture, durant la grande course (Coefficient 2), du safran implanté sur le tableau arrière (choix technique rarement utilisé à l'époque). Son classement final ne reflète pas ses réelles capacités.



L'intéressant dans ce dessin, se situe dans cette idée de quille rétractable, d'abord au niveau hydrodynamique par l'utilisation de profil asymétrique sur chaque quille.

Ce dispositif améliore la portance au près (meilleurs VMG) et permet de diminuer le tirant d'eau, donc la trainée aux allures portantes.

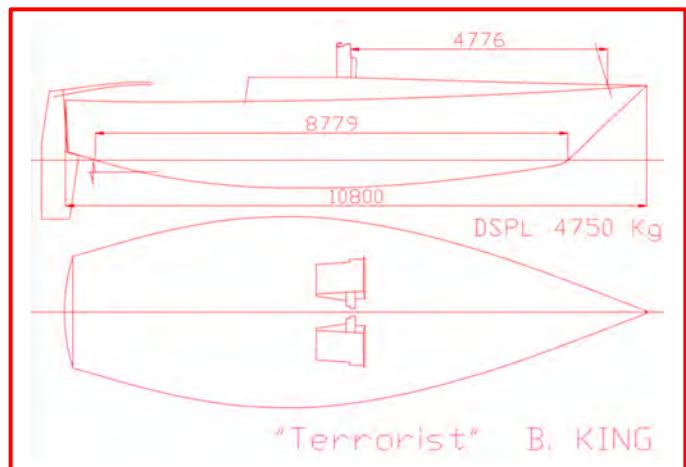
Enfin, *Terrorist* bénéficie d'un avantage que la formule de jauge IOR donne aux dériveurs, en minimisant le tirant d'eau pris en compte dans le calcul par rapport au tirant d'eau réel.

L'architecte transforme alors cet avantage en surface de voilure.



Certes, avec son déplacement IOR de 4 750 kg, *Terrorist* se situe au double du bateau de Joubert (2 100 kg), mais il apparaît paradoxalement comme un bateau léger comparé au reste de la flotte qui avoisine les 6 500 kg.

Terrorist participe ensuite en 1975 à l'Admiral's Cup.

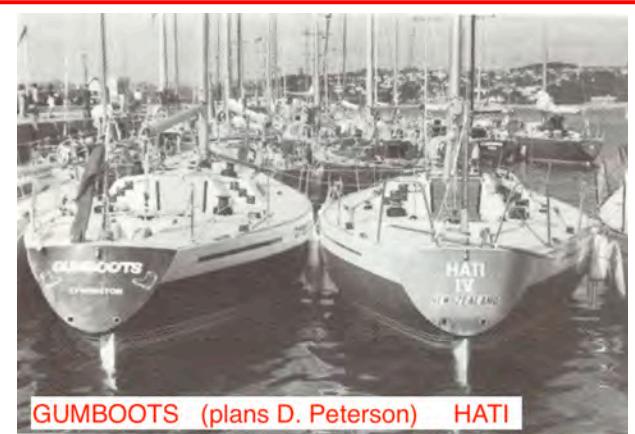


Cette idée de quille escamotable (dériveur intégral) réapparaît deux ans plus tard à la One Ton Cup de Marseille avec *Resolute Salmon* dessiné par l'américain Britton Chance. Le classicisme IOR ambiant s'en voit perturbé.

Mais pour les commentateurs et le milieu de la Course au Large, la One Ton de 1974 marque, avec l'arrivée de Peterson, la fin de l'hégémonie de Carter (10^{ième}) et de Stephens (8^{ième}) qui régnait depuis 1965.

L'édition de 1975 à Newport (USA) rassemble presque exclusivement la flotte américaine et Bostonienne des One Tonners. Elle se concrétise de nouveau par la domination de Doug Peterson (7 bateaux dans les 10 premiers).

En examinant le volume AR, que l'on trouve sur tous les bateaux de cette génération, on comprend que l'idée de planer n'est absolument pas l'objectif des architectes. Leur objectif se situe uniquement dans la diminution de la longueur « L » pour la jauge afin de minimiser le TCC.



Cette décennie 1970 imprime un nouvel élan à l'évolution de la Course au Large à travers ces bateaux dessinés pour les One Ton Cup. Cela apparaît aussi sur les Half Ton à partir de 1972 et se confirme à Deauville en 1975 avec la Quarter Ton Cup.

L'arrivée des trentenaires dans l'architecture navale apporte un flot d'idées qui perturbe le conservatisme ambiant. Ces hommes jeunes, de formations très diverses, mais dotés d'une sorte de génie créateur sans complexe, paraissent dopés par le jeu qu'autorise cette nouvelle règle IOR. Règle certes imparfaite, mais que les moyens modernes de calculs et d'analyses, en utilisant les premiers ordinateurs de bureau, permettent de disséquer et d'exploiter.

Ce changement de génération et d'état d'esprit représente un des événements marquant de ce 20^{ème} siècle dans ce domaine du dessin des carènes pour la Course au Large.

La One Ton Cup suivante (1976) se déroule à Marseille : 43 bateaux représentant 17 nations sont inscrits.

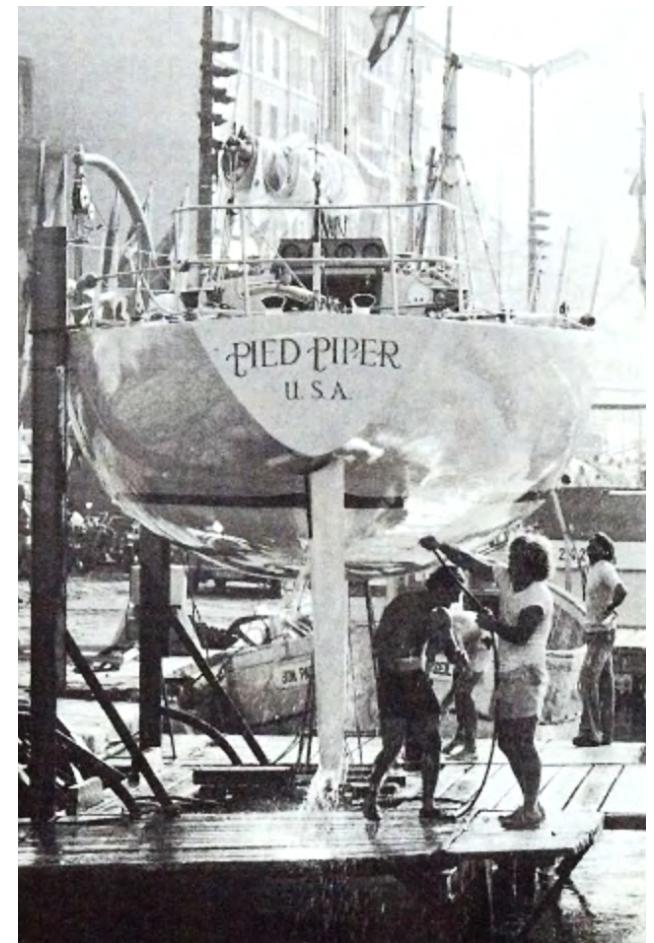
La Société Nautique de Marseille (communément nommée « La Nautique ») en a la responsabilité organisatrice.



L'environnement est assez extraordinaire. Le club est implanté en pleine ville dans le Vieux Port, sur une barge parallélépipédique universellement connue sous le nom de Pavillon Flottant⁴⁶. Le Vieux Port étant un lieu maritime historique marqué par les Romains, les galères de Louis XIV, le pont transbordeur, etc...

⁴⁶ Première installation en fin du 19^{ème} siècle.

En 1976, la zone de carénage de la Nautique se limite grossièrement à 100 mètres linéaires de quai sur cinq à six mètres de large, coincée entre un minuscule trottoir, le quai de Rive Neuve, où circule et stationne en permanence un flot de voitures, le Bar de la Marine cher à Marcel Pagnol et les pontons d'amarrage des bateaux. La description resterait incomplète si on n'évoque pas le patin, sorte d'ascenseur (installé en 1917) qui permet de sortir un bateau de l'eau pour le caréner.



Finalement, cette One Ton Cup révèle un vainqueur inattendu, *Resolute Salmon*, dessiné par Britton Chance. Il devance celui qui domine sans partage la série depuis deux ans : Doug Peterson.

On pensait qu'après les dominations de Stephens, Carter, et les dernières confrontations entre Peterson, Farr, Holland, la martingale pour gagner était découverte. Ce ne fut pas le cas.

Stephens et Carter dessinent, à la fin des années RORC, des bateaux lourds et voilés conformes aux canons de l'architecture de l'époque. Carter apporte deux idées en séparant le safran de l'aileron de la quille et en équipant ce dernier d'un trimmer.

En effet, la Jauge RORC taxe énormément les tirants d'eau, avec pour conséquence la diminution de l'envergure de la quille et de ses performances hydrodynamiques.

Carter compense cet inconvénient, on l'a évoqué précédemment, en ajoutant sur le bord de fuite de la quille un volet mobile vertical (trimmer). Ce dispositif améliore sensiblement la portance de la quille à l'instar des volets sur les ailes d'avion.

Le trimmer identifie la marque de fabrique de Carter sur beaucoup de ses dessins, même après l'introduction de la jauge IOR. Les 12MJI resteront très attachés à cet appendice.

Stephens, pour sa part, apparait très consensuel avec des élancements très classiques et toujours des déplacements lourds. Disons que, globalement, les dessins des carènes sont toujours orientés pour naviguer au près ou au bon plein. Les propriétaires apprécient ces performances face au vent et au confort que les carènes volumineuses apportent (influence de l'école anglo-saxonne) par rapport au portant qui apparait comme une allure facile (à l'exception du roulis).

L'idée de planning ressemble à un autre monde pour les propriétaires. Ils n'imaginent pas naviguer sur des bateaux de 6, 8, 10, 20 tonnes et plus qui se comportent comme des 18 pieds australiens ou des dériveurs dans une baie abritée.

En cette fin du milieu du siècle, la philosophie des propriétaires s'oriente quasiment exclusivement vers des bateaux de course-croisière, armés avec des équipages d'un très bon niveau.

Ce constat est flagrant en 1972, soit deux années après le lancement de la Jauge IOR, lorsque Peterson dessine, pour la One Ton 1973, *Ganbare*, certes moins lourd et moins voilé, mais toujours orienté pour le près serré et le bon plein.

Incontestablement, ce choix améliore les ratios **LWL/Déplacement** et **Voilure/Déplacement** sans toutefois aborder le domaine de la vitesse au portant afin de dépasser la vitesse archimédienne.

	DSPL (kg)	Déplacement réel (kg)	LWL (m)	S Voilure (m ²)	L/ DSPL ^(1/3)	S ^{0.5} / DSPL ^(1/3)
<i>Ligthing</i> (Stephens)	8000	8325	9,43	77	0,465	0,433
<i>Ganbare</i> (Peterson)	4899	5250	8,93	69	0,514	0,478

A l'époque, la quintessence s'exprime aussi par la vitesse dans le petit temps. En réduisant la largeur à la flottaison, donc la surface mouillée, *Ganbare* s'avère plus véloce dans les petits airs. Ses résultats lors la One Ton de 1973 semblent montrer que cette piste architecturale, combinée avec les formes arrière telles que développées par Peterson, s'amorce.

L'année suivante (1974), Peterson revient avec *Gumboots*, dont le déplacement un peu majoré par l'augmentation de la LWL doit lui permettre d'améliorer les performances dans le temps medium. *Gumboots* termine 2^{ème} en 1975 et confirme les analyses de son architecte après sa victoire l'année précédente.

En réalité les architectes commencent à adapter les bateaux aux conditions météorologiques locales des plans d'eau fréquentés par leurs clients. Certes, ce n'est pas absolument nouveau, mais c'est un changement d'échelle. En effet, les architectes travaillent jusqu'à présent sur des bases de conditions météorologiques globales (bien souvent statistiques) pour une zone très large, comme l'Atlantique Nord ou les Alizés. On ne faisait pas de distinction entre un Fastnet et la Bermuda Race ou Fort Lauderdale/Tampa (SORC).

Ainsi Peterson adapte, par de petites modifications des formes, les carènes des bateaux participant au SORC afin de bénéficier des allures portantes par vent soutenus qui existent en février autour de la Floride (USA).

Il élargit les BWL (Largeur à la flottaison) des bateaux, ce qui, à déplacement identique, permet de diminuer le creux de la carène et améliore l'aptitude aux allures portantes.

Ayant aussi constaté que l'IOR considère la largeur à la flottaison comme un facteur de performance (stabilité de forme), il compense cette taxation en augmentant la surface de voilure afin de conserver le niveau de performance de ses carènes.

Lors de la One Ton de 1976, il faut remarquer qu'à l'exception des plans Farr (*Team NZ*) 45°South (One Tonner) et *Jiminy Cricket* qui affichent 1,80 m de tirant d'eau, les tirants d'eau du reste de la flotte oscillent entre 1,95 et 2,15 m.

Bruce Farr continue dans sa logique du Farr 727 dessiné en 1975 pour la Quarter Ton Cup à Deauville et vainqueur, en proposant des bateaux légers, avec des formes avant fines et profondes, des voûtes arrière évasées et rasantes. Ses bateaux sont beaucoup moins voilés et utilisent des gréements 7/8^{ème}, plus facile à gérer et à adapter aux conditions changeantes que l'on trouve sur certains plans d'eau, comme en Méditerranée.

Ce style d'architecture très performant⁴⁷ dans des vents de force 3 ou 4, conduit Farr à espérer en profiter dans les transitions avec le Mistral comme

⁴⁷ A Deauville les vitesses de 45°South lors des courses offshore à travers La Manche ont impressionné les autres concurrents.

souvent à Marseille. Ses bateaux hyper maniables nécessitent, contrairement aux bateaux puissants des concurrents, un accastillage beaucoup plus simple à manœuvrer, à régler. Leurs points faibles restent toutefois les vents légers.

L'architecte d'Auckland doit alors composer avec ce risque de petit temps qui s'installe souvent au début de mois d'août à Marseille. Pour se préparer à cette éventualité, la variable d'ajustement reste la surface de voile, mais sans dépasser les 27.5 pieds de rating IOR.

Toutes ces adaptations aux conditions locales obligent à passer sous les fourches caudines des formules de la règle IOR et gagner du creux D afin de diminuer le rating. Cela conduit à abandonner les formes de carène avant en V étroit, pour des formes typiques de l'IOR en U qui génèrent des mesures de creux (FD) favorables, car elles augmentent la valeur du DSPL (Déplacement IOR), ce qui diminue le rating.

Il ajoute aussi une modification des formes arrière où apparaît une sorte de bouchain destiné à réduire le L pour la jauge, tout en améliorant l'appui de la carène au allures portantes. Il est intéressant de voir que cette idée de bouchain sur les formes arrières se généralisera sur les dessins des carènes 30 ans plus tard.

Toutes ces évolutions, finalement à la marge, permettent ainsi de gagner quelques petits m² nécessaires à l'adaptation au plan d'eau très particulier de Marseille.

Les résultats sur l'eau valident le bien-fondé de la stratégie architecturale de Farr. Les deux bateaux néo-zélandais *45°South* et *Jiminy Cricket* gagnent les deux régates de brise. Des fautes de navigation et/ou de tactique les empêchent d'accrocher le podium.

Entre les partisans de l'architecture influencée par l'optimisation des algorithmes IOR (Peterson, Holland, Frers, Mull, etc..) et ceux qui s'orientent vers les déplacements plus légers (Farr, Berret, Joubert/Nivelt ...), il semble exister une place pour les partisans de bateaux puissants, lourds, très voilés avec des formes arrière volumineuses donc plus porteuses mais qui suppriment toute velléité de dépasser la vitesse archimédienne.

Tout paraît donc ouvert. La réalité est autre. La jauge IOR autorise certes beaucoup de formes architecturales, qui s'intègrent dans la box rule de la One Ton. Par contre ces initiatives ne produisent pas obligatoirement des bateaux performants. Disséquer, exploiter les formules mathématiques, génèrent souvent des résultats très éloignés de la trainée d'une carène qui suit d'autres règles plus complexes.

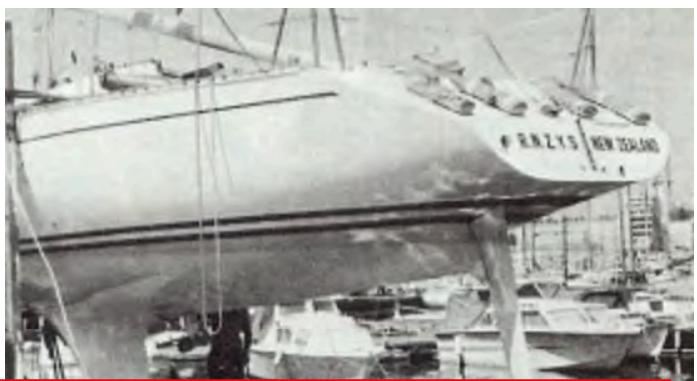
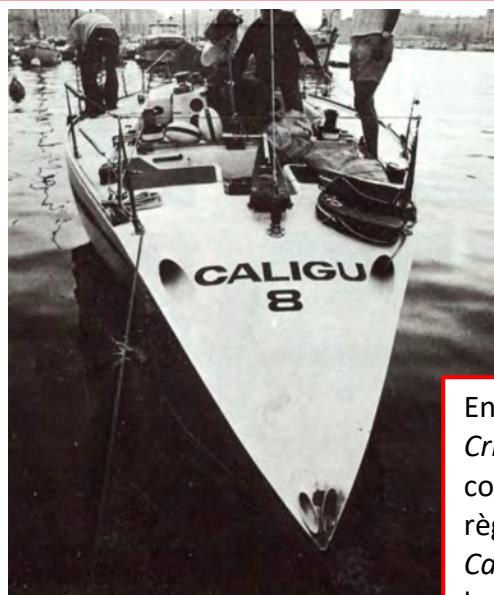
L'exemple typique se voyait sur les deux versions *d'America Jane II* et *III*, dessinés respectivement par Stephens et Scott Kaufmann qui était, à l'époque, associé au cabinet Sparkman & Stephens.



America Jane 2 et 3 (même LH et tous les deux des One Tonner)

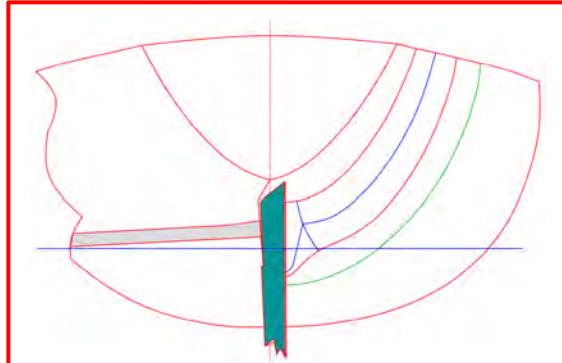
	LHT	L Jauge IOR	BMAX	B (Jauge)	D (creux IOR)	B * D	$(B*D)^{0.5}$	S (Jauge)	$S^{0.5}$	DSPL	LEST	Architecte
AMERICA JANE 2	11.78	9.437	3.75	3.508	1.352	4.743	2.178	73.146	8.553	6.799	3.034	O. Stephens
AMERICA JANE 3	11.48	9.116	3.69	3.624	1.29	4.675	2.162	77.37	8.796	6.078	3.402	S. Kaufman

Mais en déambulant sur les pontons on constate avec étonnement qu'une box rule comme la Jauge IOR réserve encore des surprises lorsque l'on voit les dessins des bateaux.

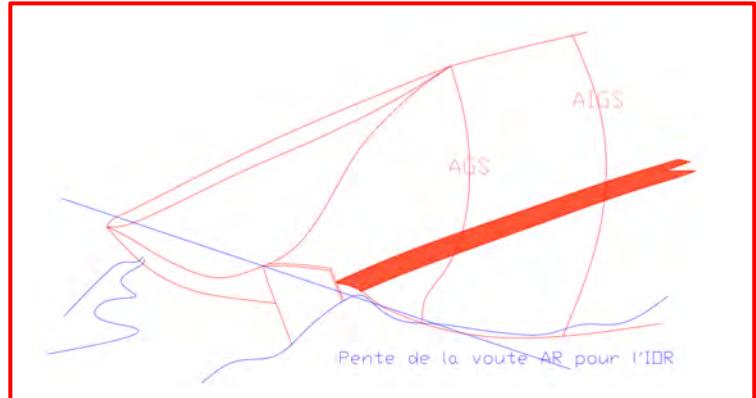


Entre *Caligu 8* (7000 kg) dessiné par Gary Mull et *Jiminy Cricket* (3969 kg) dessiné par Bruce Farr il existe deux conceptions de l'architecture navale, avec la même règle de Jauge.

Caligu 8 terminera vers la 20^{ième} place et *Jiminy Cricket* à la 5^{ième}.



Formes arrière torturées avec les tracés des chaînes arrière AS et AIGS



L'évènement Resolute Salmon

Dans cette jauge IOR il existe un « trou » technique résultant des compromis que les deux géniteurs (Le CCA et le RORC) ont dû accepter lors de l'écriture de la règle.

Ce « trou » concerne les quilles non lestées et dérives relevables. La Jauge CCA (américaine) prend historiquement en compte ce style d'architecture, développé sur les plans d'eau de la côte Est des USA, dont la Chesapeake Bay, pour les bateaux de croisière et de régate. Ainsi, sous l'influence des architectes américains, les dérives et les quilles relevables non lestées font l'objet d'un traitement particulier.

Pour autant, cela ne change pas la tendance classique des dessins des carènes... Jusqu'à cette One Ton. En 1974, Bruce King, en dessinant le One Tonner *Terrorist*, inaugure avec un certain succès cette stratégie architecturale en implantant deux dérives à profil asymétrique inclinées latéralement sans que cette idée soit reprise par d'autres architectes.

Les algorithmes de la jauge IOR laissent donc à l'époque une porte ouverte (donc un gain de TCC) aux bateaux équipés de quille relevable non lestée ou de dérive.

La difficulté réside dans l'obligation de supprimer le lest extérieur. Ce qui oblige à dessiner une carène volumineuse avec un lest intérieur conséquent afin de conserver la stabilité imposée par la jauge.

Mais revenons à l'avantage donné par l'algorithme IOR aux dériveurs.

En règle générale, en présence d'une quille rapporté à la coque, le tirant d'eau réel DM est déterminé à partir des mesures à flot. On compare ensuite ce tirant d'eau DM au tirant d'eau de base DB initié par la Jauge IOR ($DB = 0.146 * L + 0.610m$).

On déduit de cette différence un correcteur DC.

Ce correcteur DC est >0 lorsque le tirant d'eau réel est supérieur au tirant d'eau de base. Il est <0 dans le cas contraire. Afin de ne pas être pénalisés, les architectes recherchent DC=0.

Mais le correcteur DC devient <0 dans le cas d'une dérive ou d'une quille relevable non lestée et cela même si le tirant d'eau dérive ou quille en position basse est supérieur au tirant d'eau de base (DB).

Cette particularité découle du fait que la jauge se réfère au creux de coque (qui intervient alors dans le calcul) car la jauge considère qu'avec cette configuration il est possible de naviguer dérive ou quille relevée. C'est un peu tordu comme raisonnement de la part de l'IOR, mais c'est la règle.

Comme le correcteur DC est ajouté ou retranché (s'il est <0) au calcul du Rating Mesuré (MR), une dérive ou une quille relevable non lestée permet de réduire le MR. Ce qui autorise une augmentation importante de la voilure lorsque l'architecte recherche un rating cible comme pour les One Tonner égal à 27.5 pieds.

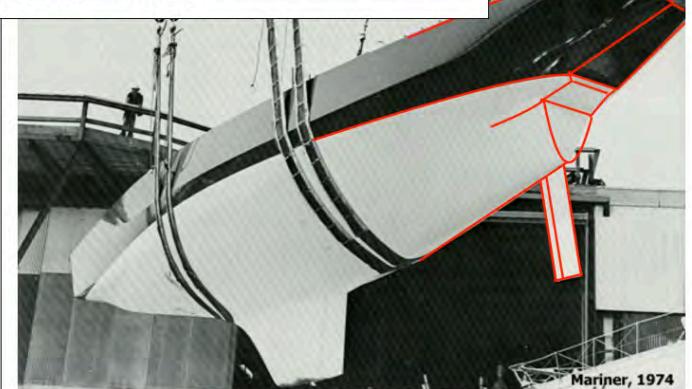
Toutefois la masse de la quille relevable (ou de la dérive) doit être inférieure à $0.05 * DSPL$. Une obligation empêchant de la remplir de plomb.

Britton Chance Jr., connu pour ses dessins quelque fois hasardeux, se lance dans le projet de dessiner un One Tonner, équipé d'une quille non lestée relevable. Défi à la normalité en vigueur.

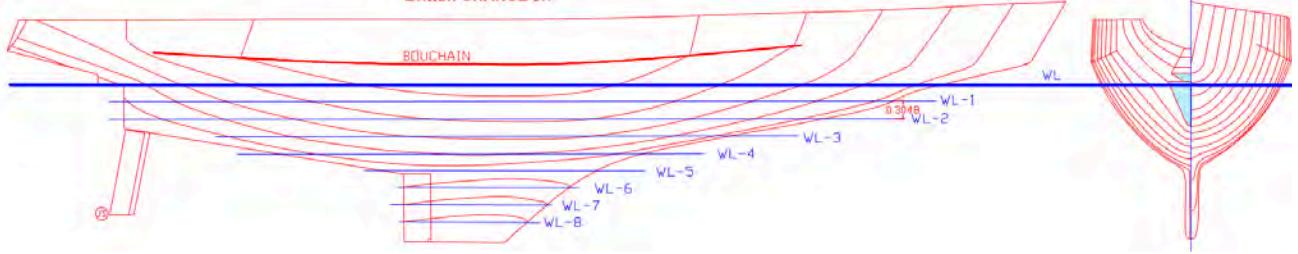
Éclectisme avec les formes arrière surprenantes du 12 MJI *Mariner* obtenues après un travail approfondi en bassin de carène. Mais, dès les premiers bords cette carène se révèle calamiteuse et condamne le bateau.

La cause de ces déductions hasardeuses issues des résultats obtenus en bassin de carène provient de l'effet d'échelle entre la maquette le bateau réel.

NEWPORT, R. I., June 28—Mariner, the million dollar mistake of the America's Cup trials, will undergo major surgery to her hull starting on Monday back where she was built, Derecktor's Shipyard in Mamaroneck, N.Y.



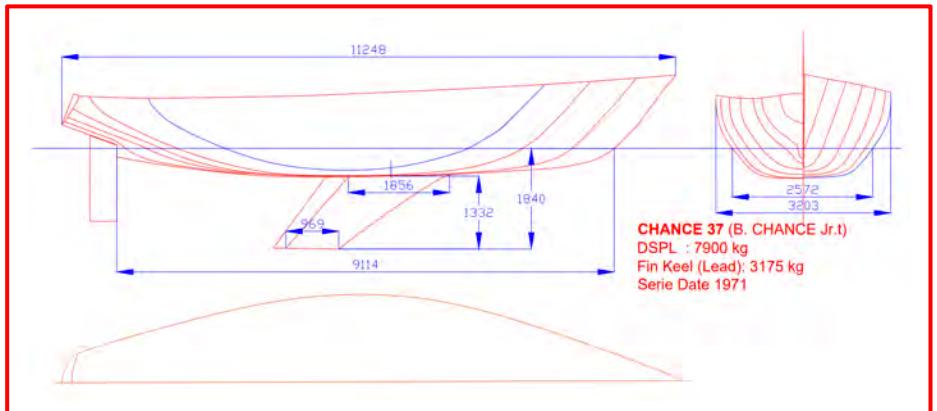
MARINER 1974 "US25"
Britton CHANCE Jr.



En 17 jours, l'ensemble de l'arrière est redessiné en respectant les bases de l'écoulement hydrodynamique, puis reconstruit. Heureusement, la coque fabriquée en alliage d'aluminium permettait ces transformations rapides.

Avec des \$, tout est plus simple, mais Britton Chance Jr. a sûrement entendu ses oreilles siffler.

Mais on doit aussi à B. Chance les « *STARS & STRIPES* America's Cup campaigns en 87 et 88 », puis *ONDINE* (1974), un maxi de 79 pieds hors du commun et l'IOR CHANCE 37, bien connu en Europe car construit en France par le chantier Wauquiez.



Ainsi naît *Resolute Salmon*, quelque peu esseulé, architecturalement parlant, au milieu des autres One Tonners, à la fois les « Classiques » à tendance Peterson, Holland, Carter ou « Légers » comme les Farr.

Le bateau est intéressant, ses formes sont très fluides, absolument pas torturées dans les zones arrière. Les sections successives très marquées en U à l'avant se terminent après la maitre-bau en profil très rond, proches de l'arc de cercle. *Resolute Salmon* affiche un déplacement qui est loin d'être excessif.

La coque (bois moulé en Red Cedar), pontée, lestée et motorisée du bateau est construite à Pont L'Abbé au chantier Pichavant. Elle est ensuite convoyée au moteur vers l'Angleterre afin d'être matée et gréée. Après un passage par Cherbourg, le bateau terminé rejoint Marseille par la route.

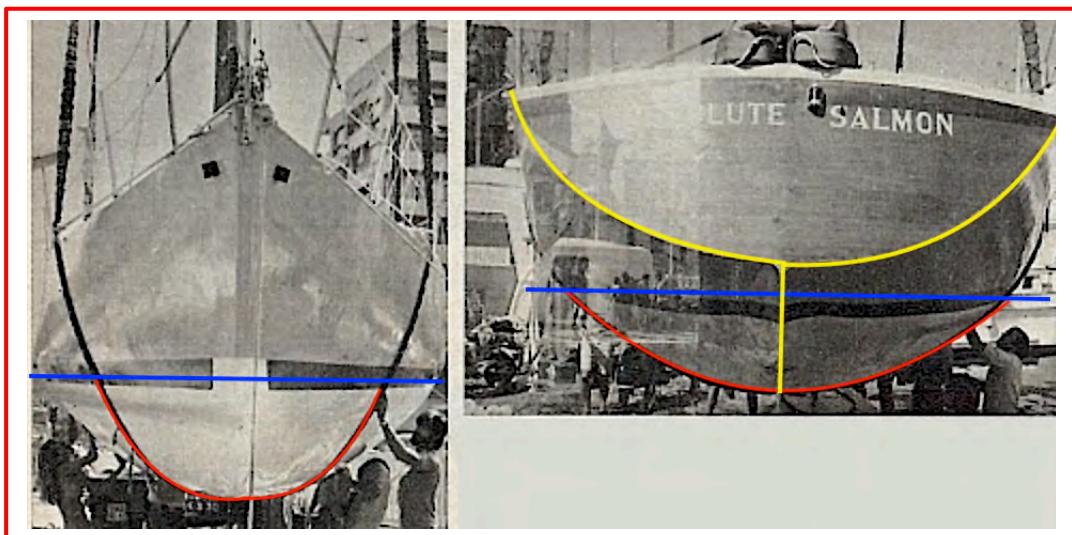
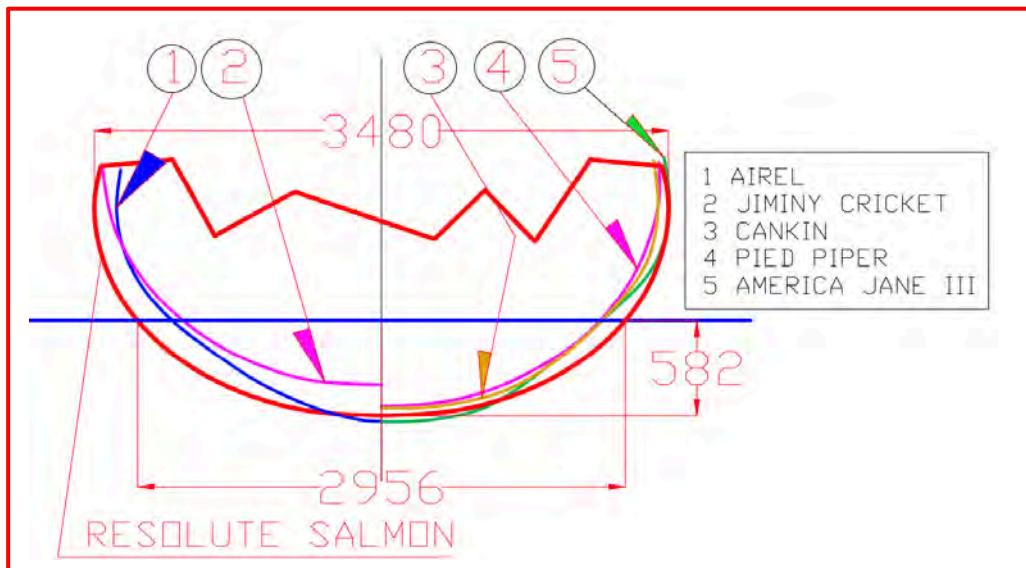
La construction en bois moulé, avec des colles à base urée-formol, colles mises au point dans la fabrication des contreplaqués marine permet d'obtenir une poutre navire (ensemble coque/pont/roof) très rigide avec un échantillonnage plus faible que ne le permet à l'époque la construction en stratifié fibre de verre/résine polyester mis en œuvre par voie humide. On gagne donc à la fois en poids et en capacité de résistance à la flexion (raideur du gréement).

A noter que Le chantier Hervé à La Rochelle est aussi très occupé pour cette One Ton. Ces deux chantiers faisant partie, avec quelques autres en France, des grands spécialistes de la construction en bois moulé.

La dérive relevable de *Resolute Salmon* pèse 175 kg, juste supérieure à la poussée d'Archimède qu'elle génère. Le fait qu'elle ne possède qu'une fonction hydrodynamique, puisqu'elle n'est pas un lest extérieur, permet à l'architecte de choisir un profil (type NACA) de 6% d'épaisseur qui optimise la portance et diminue la trainée (qui est un frein) et réduit un peu la surface mouillée.

L'architecte obtient un centrage des poids optimum par l'absence de lest sous la coque, ce qui réduit la propension au tangage dans le clapot, clapot souvent présent en Méditerranée et notamment en rade de Marseille lorsque le Mistral s'essouffle subitement pour laisser la place à la pétrole.

Le déplacement (environ 7200 kg) génère une énergie cinétique qui permet d'absorber les transitions en cas de chute du vent et de mer chaotique.



	LHT	L Jauge IOR	BMAX	B (Jauge)	D (creux IOR)	B * D	(B*D)^0.5	S (Jauge)	S^0.5	DSPL	LEST	Architecte	S^0.5/ DSPL^1 /3	L(IOR)/ DSPL^1 1/3)	(Lest/ DSPL) %
AMERICA JANE 2	11.78	9.437	3.75	3.508	1.352	4.743	2.178	73.146	8.553	6.799	3.034	O. Stephens	4.515	4.981	44.62
AMERICA JANE 3	11.48	9.116	3.69	3.624	1.29	4.675	2.162	77.37	8.796	6.078	3.402	S. Kaufman	4.820	4.995	55.97
GANBARE	10.44	8.961	3.26	3.234	1.24	4.010	2.003	68.44	8.273	5.659	3.175	D.Peterson	4.642	5.029	56.11
GUNBOOTS	10.85	9.181	3.5	3.426	1.317	4.512	2.124	72.52	8.516	5.475	3.13	D.Peterson	4.832	5.209	57.17
JIMINY CRICKET	10.94	9.523	3.61	3.279	1.063	3.486	1.867	55.85	7.473	3.959	1.451	B. Farr	4.724	6.020	36.65
PIED PIPER	10.34	9.16	3.57	3.423	1.279	4.378	2.092	74.12	8.609	5.307	2.356	D.Peterson	4.936	5.251	44.39
RESOLUTE SALMON	10.92	9.227	3.5	3.49	1.351	4.715	2.171	77.975	8.830	6.658	3.629	B. Chance	4.694	4.905	54.51
YDRA	11.28	9.257	3.74	3.615	1.311	4.739	2.177	76.25	8.732	6.93	2.75	D.Carter	4.580	4.855	39.68

L'analyse du dessin de la carène de *Resolute Salmon* montre aussi que la profondeur de la coque au milieu se prolonge dans la zone avant. Ce qui augmente son volume. Ainsi les formes avant de la carène du bateau en déplaçant la vague d'étrave vers l'avant, diminuent l'élancement avant. Autre conséquence, l'augmentation du volume de la carène ainsi obtenue recule la vague qui se forme sur la voûte.

La conjonction de ces deux phénomènes hydrostatiques augmente la longueur à la flottaison dynamique, donc le potentiel de vitesse.

Chance travaille aussi sur des formes arrière plus volumineuses par rapport au classicisme ambiant. Bien que cette carène ne soit pas une carène planante, le volume arrière permet de déporter, lorsque le bateau gîte, la surface de flottaison sous le vent, et ainsi éloigne transversalement le centre de carène du centre de gravité du bateau, avec pour conséquence d'améliorer le moment de redressement.



Deux interrogations :

- ⇒ *Resolute Salmon a-t-il survolé cette One Ton ?*
- ⇒ *Ce dessin, de par sa conception architecturale, devient-il la martingale des victoires pour les courses à venir ?*

Resolute Salmon gagne cette One Ton Avec 2 victoires (3 si on compte un des triangles qui a été recouru), des places honorables (2 fois 4^{ième}), mais aussi une 20^{ième} place lors de la course de 250 milles.

En réalité les victoires lors de 5 courses se disputent entre *Resolute Salmon* et les deux bateaux de Farr : *45°South* et *Jiminy Cricket*.

A bien regarder la flotte, Peterson arrive à Marseille avec 13 bateaux toujours dessinés dans le même esprit. Depuis sa réussite fulgurante à partir de 1974 et sa domination sans conteste lors de la One Ton Cup de 1975 aux USA (7

bateaux dans les 10 premiers), Peterson se place en position de grand favori. Ce qui rejaillit évidement sur la qualité des équipages qui arment ces bateaux.

Chance et Farr analysent avec beaucoup de minutie le plan d'eau de Marseille afin d'adapter leurs carènes à ce plan d'eau méditerranéen très typé. En effet, comme on l'a déjà un peu abordé, ce plan d'eau (au sens général) se caractérise par des calmes quelque fois associés à un Mistral impétueux, (même en période estivale). Les passages souvent compliqués des cap Sicié, Bénat, Camarat imposent des architectures de bateaux (coque, appendices et plan de voilure) qui passent et se relancent facilement dans un clapot court associé à un état de la mer supérieur au vent réel.

Le choix de dessiner un One Ton aux formes hydro-dynamiquement très fluides induisant moins de trainée et produisant une certaine régularité due à un potentiel d'adaptation très élevé, associée au crédit donné par la Jauge IOR aux dérives ou quilles relevables, s'intègre parfaitement dans l'environnement du bassin marseillais au mois d'août.

Ces analyses fournissent une partie de la clef de la victoire pour Chance et un classement très honorable pour les deux bateaux de Farr.

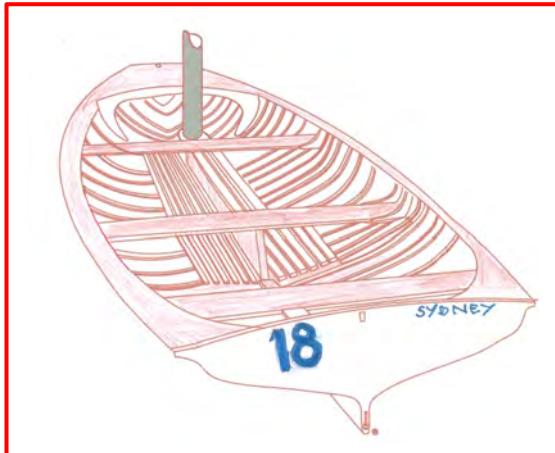
Les plans Farr (4^{ième} et 5^{ième}) montrent leurs indéniables potentiels de vitesse dès que la brise fraîchit. Ils survolent alors le plan d'eau. Ce qui valide ces dessins de carènes à déplacement léger (60% des déplacements des bateaux sont du type classique) initiés lors de leur victoire à la Quarter Ton courue l'année précédente.

Pied Piper (plan Peterson, 2^{ième} et *America Jane III* (plan Kaufman, 3^{ième}) complètent le podium, sans jamais gagner une manche. Les dessins de Peterson et Holland se partagent ensuite les places 6 à 10, dont *Canquin*, un des One Ton représentant la France, qui figure à la 7^{ième} place.

Après cette One Ton, les architectes comprennent qu'il est possible de dessiner un déplacement léger équipé d'une quille fixe, (fut-elle en bois). Ce qui s'est réellement fait.

Mais se pose alors la question : pourquoi utiliser une quille en fonte ou en plomb à profils épais, si on obtient un résultat identique en termes de stabilité vis-à-vis de la Jauge IOR, en remplaçant cette quille par une dérive qui améliore les performances du profil et bénéficie d'un avantage substantiel en rating que l'on peut transposer sur les formes de carène ou sur la surface de voile ?

Acte 23 : Un trio subversif en Nouvelle Zélande



Il est une règle non écrite qui montre qu'une box rule relativement ouverte, permet de dessiner des carènes qui s'améliorent au fil du temps et surtout génère des confrontations extraordinaires en régate. C'est le cas, par exemple des 18 pieds australiens, ces petits dériveurs hyper puissants et rapides qui planent pratiquement en permanence.

Les années 1970 sont considérées comme l'âge d'or des courses de 18 pieds, avec de grandes flottes et des équipages qui s'affrontent chaque semaine dans les ports de Sydney et d'Auckland.

Des marins très talentueux lancent des lots d'innovations incroyables, autant sur les plans de voilure que sur les formes des carènes et les techniques de construction. Après le contreplaqué, apparaît le bois moulé, puis les sandwich balsa et même Nomex, pour aboutir à une coque complète de 80kg.

Cette philosophie du déplacement hyper léger conduira trois passionnés, Laurie Davidson, Bruce Farr et Paul Whiting à se lancer dans l'aventure de l'architecture, alors que ce n'était pas leur formation ni leurs destinées professionnelles.

Leurs analyses architecturales sont totalement déconnectées de l'exploitation des algorithmes de la règle IOR. Elles reposent principalement sur leurs expériences en navigation, notamment sur la pratique des 18 pieds. De ce vécu, Farr conçoit *Titus Canby* (Voir Acte 19).

Ce bateau surprend immédiatement par sa propension à planer et surtout par une grand-voile surdimensionnée par rapport au foc.

Paradoxalement, cette démarche n'est pas sans rappeler aussi les dessins des 15 pieds du GCL⁴⁸ qui régatent à la même époque en Europe (on voit ces types de bateaux dans les premières Quarter Ton Cup). Comme cela a été évoqué précédemment, les dessins des carènes de ces 15 pieds, bien qu'originaux, se sont trouvés bloqués de toutes velléités à s'affranchir du classicisme imposé par la Jauge RORC.

Cela transparaît par exemple avec les gréements en tête (*Challenger* dessiné par Mauric, *Émeraude* par Presles, *Spirit* par Van de Stadt, etc) et cette arrière-pensée qui veut que le près serré représente l'allure reine.

C'est dans cet état d'esprit que Farr extrapole du dessin originel de *Titus Canby* celui de *45°South* pour la Quarter de Deauville avec notamment son gréement 7/8^{ème}.

Paul Whiting se lance dans l'aventure en 1969. Il a alors 17 ans. Il conçoit et construit un petit voilier nommé *Reactor 25*

LH : 7.62m, LWL : 6.40 m, Bau : 2.65 m, Tirant d'eau 1.37 m,
DSPL : 2268 kg, Lest 900 kg,
S : 25 m² (gréement en tête).

Whiting navigue beaucoup, accumule de l'expérience lors des régates en NZ et suit de très près les évolutions des dessins de ses adversaires, dont ceux de Farr avec *Titus Canby* et surtout *45°South*.

Murray Ross⁴⁹, de la même génération que Whiting, régatier de haut niveau en Flying Dutchman (JO de 72 et 76), demande à Whiting de concevoir un bateau qui s'éloigne du classicisme en cours en IOR, comme l'a initié Farr à Deauville (Quarter). Cette évolution reprend le concept du déplacement léger, en recherchant une forme de carène qui améliore les performances dans les petits airs. Une augmentation de la surface de voilure doit résoudre sûrement une partie de ce problème.

Whiting propose le dessin d'un Quarter Tonner qu'il nomme *Magic Bus*, légèrement plus long que le Farr 727, mais plus large au maitre-bau. Il augmente

⁴⁸ GCL : Groupement des Croiseurs Légers

⁴⁹ Murray Ross participera aussi aux Whitbread de 85, 89, 93 et 97 et à la Louis Vuitton Cup en 2000 et 2003.

le creux de la carène dans la partie avant et surtout innove avec une voute arrière absolument plate.

Caractéristiques de *Magic Bus* :

Coque en sandwich Fibre de verre/mousse Airex.

Pont et roof fabriqués en contre-plaqué marine.

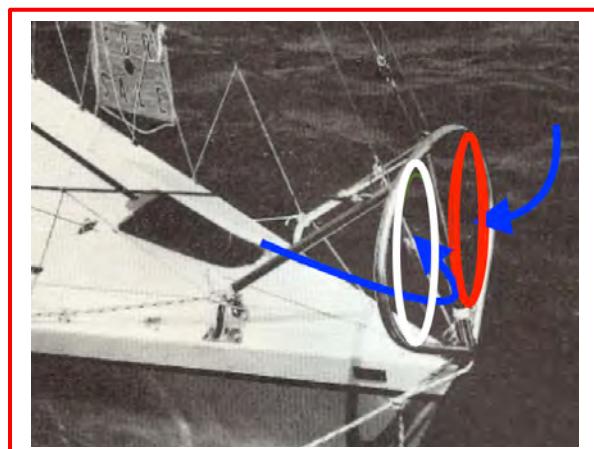
LH 7.25 LWL 6.1 Bau 2.77

TE 1.40 DSPL 1 200 kg

Murray Ross apporte au projet son expertise calquée sur le Flying Dutchman en matière de gréement, de coupe des voiles, de plan de pont (dont deux chaussettes à spi tribord et bâbord intégrées dans le balcon avant).

Magic Bus mis à l'eau au début de l'année 1976, participe aux régates sélectives pour former l'équipe Néozélandaise prévue à Corpus Christi (Texas - USA).

Lors de ces régates, *Magic Bus* domine largement ses concurrents et, après une modification des formes avant afin de combler un « trou » de performance aux allures de reaching, le bateau est envoyé aux USA, avec *Fun* dessiné par Laurie Davidson.



Quarter à Corpus Christi (1976) – 36 bateaux, 12 nations, 18 architectes.

Régates : 3 triangles, offshore 150 et 200 milles. Vent medium.

1 ***Magic Bus***, NZ, prototype, Paul Whiting,

2 ***Business Machine***, US, Eyghene 24, Ron Holland

3 ***Expresso***, US, Prototype, Gary Mull

4 ***Star Eyed Stella***, US, Doug Peterson

5 ***Fun***, NZ, Prototype (Dériveur), Laurie Davidson

....

11 ***Maraspel V***, FR, Ron Holland, (Skipper J.P. ??? Tranchaud)

13 ***Araok Atao***, FR, prototype, Gilles Ollier (skipper Gilles Le Baud)

Ron Holland est aussi néozélandais, a déjà la trentaine et travaille d'abord en Floride puis s'installe à Cork. Gary Mull et Doug Peterson (2^{ième}, 3^{ième}, 4^{ième}),

toujours fervent des carènes classiques, se font surprendre par *Magic Bus*. *Fun* termine à la 5^{ème} place.

VUE TABLEAU AR *FUN*, *MAGIC BUS* et *RANGIRIRI*



Fort de ce succès, Whiting s'intéresse alors aux Half-Tonner puisque l'édition de 1977 doit se dérouler à Auckland. Il dessine *Newspaper Taxi* sur les bases techniques de *Magic Bus*. Concept identique de carène planante associée à un plan de voilure et gréement inspiré des dériveurs de haut niveau.



Ce dériveur, bien que performant, paraît toutefois trop typé. Cela se confirme dans ses résultats à la Half-Ton (11^{ème}).

Son autre bateau, *Magic Dragon*, terminera 10^{ème}.

Toutefois, les formes arrières planes deviennent progressivement un standard architectural (voir *Rangiriri* ci-dessus).

Cette Half-Ton de 1977 (22 bateaux) remportée par *Rangiriri* (plan Farr), ressemble de plus en plus à une régate de dériveurs puisque les 6 premiers sont équipés de dérives et que les architectes adoptent de plus en plus cette configuration (Farr, Holland, Davidson, Kaufman...). Il semble que l'avantage en rating donné par les formules de l'IOR aux dériveurs fausse quand même quelque peu les résultats.

L'équipe Whiting/Ross se lance alors dans un projet de One Ton avec *Smackwater Jack*.

Le concept général de *Newspaper Taxi* est transposé sur *Smackwater Jack*. La dérive est conservée. Les résultats à la One Ton sont toutefois décevants, principalement parce que la gestion relative à la mise au point de ce nouveau bateau n'a pas pris en compte l'effet d'échelle que représente le passage d'un Quarter ou d'un Half Ton puis au One Ton, et donc le passage d'un déplacement de 1 200 kg à 4 600 kg...

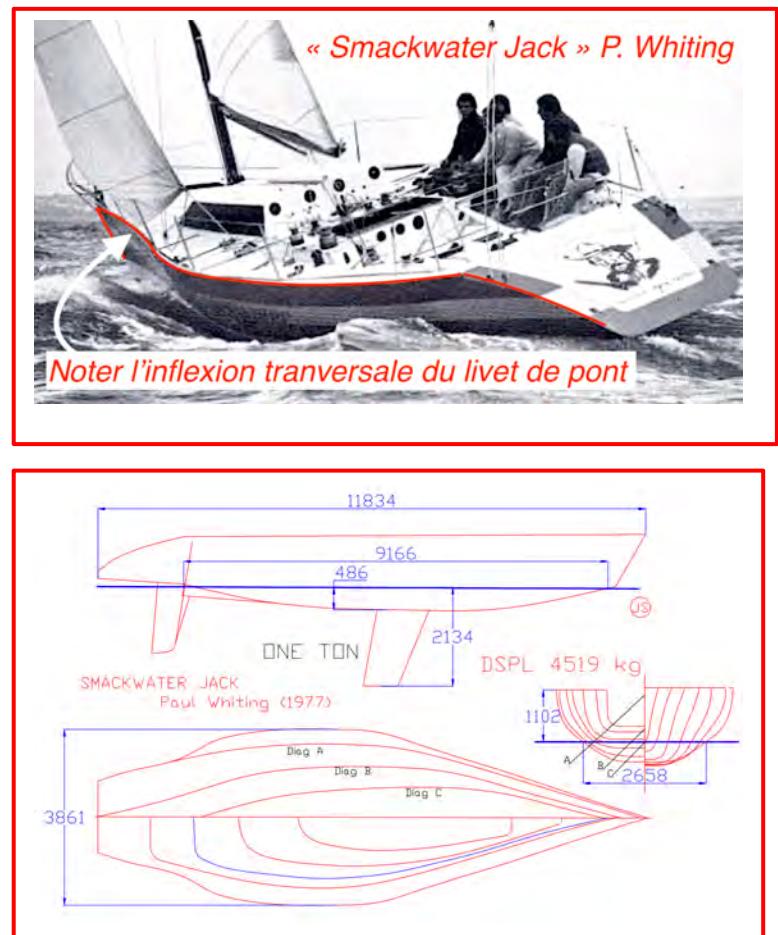
Comme on le verra dans un prochain chapitre, le « virus dérive » se propage de plus en plus lors de cette One Ton Cup (Sur 14 concurrents, 8 bateaux sont équipés de dérives !).

Whiting disparaît malheureusement en mer avec son équipage en Janvier 1980 (Été Austral) lors de la course Hobart-Auckland (course retour de 1500 milles entre Hobart et la NZ après Sydney-Hobart de fin 1979). *Smackwater Jack* a été pris par une dépression devenue un cyclone en mer de Tasmanie.

L'évènement se produit six mois après le Fastnet d'Aout 1979 qui a déjà marqué les esprits. Ce drame alimente, de fait, les discussions sur l'évolution de l'architecture navale en course au large.

A la même époque et toujours en Nouvelle Zélande, Laurie Davidson, qui a aussi beaucoup navigué en Flying Dutchman et surtout travaillé et développé des 18 pieds australiens, se lance dans une analyse des dessins de Farr.

Davidson (1926-2021) est déjà presque cinquantenaire lorsqu'il se lance dans l'architecture navale. Il bénéficie sûrement d'un peu plus de recul que Farr sur les potentiels réels de ces carènes de 18 pieds. Bien qu'il exerce comme comptable dans une société, il se lance à ses heures perdues dans les dessins de Quarter.



Le plaisir de dessiner l'amène à changer de job pour entrer comme concepteur dans un chantier naval installé à Auckland, puis il s'est rapidement installé à son compte comme architecte naval.

Lors d'un déplacement aux USA, il rencontre Olin Stephens qui dirige alors l'ITC chargé d'écrire la version Mark 1 de la règle IOR.

Ce groupe de travail utilise pour la première fois dans l'histoire des jauge un micro-ordinateur PROGRAMMA P101 conçu en 1965 par Olivetti, fabricant italien de calculatrices électromécaniques de bureau.

Davidson, au contact de l'équipe dirigée par Stephens, acquiert la version Béta du programme IOR stockée sur des cartes mémoires magnétiques lisibles sur le micro-ordinateur PROGRAMMA P101.

Rentré en Nouvelle Zélande, Laurie rachète cette même machine à son ancien patron, qui lui permet d'analyser, d'évaluer et de décortiquer la future règle IOR.

Pour avoir œuvré en 1973 avec le modèle suivant P601 plus puissant que le P101, le travail que l'on peut exécuter sur ce type de machine paraît extraordinaire à l'époque, notamment grâce à la fonction enregistrement sur cartes magnétiques. La conception de cette machine permet de programmer des boucles, des tests, nécessaires pour convertir des formulations mathématiques et physiques en algorithmes séquentiels et cela malgré une capacité mémoire de cet « ordinateur » plus que ridicule comparée à celle d'un smartphone d'aujourd'hui. Le clavier se résume à un pavé numérique agrémenté de 5 ou 6 touches de fonctions en plus. Ajoutons qu'il n'y a pas d'écran, mais seulement une imprimante à rouleau de calculatrice de bureau ou s'impriment uniquement des nombres.

En concevant des algorithmes de simulations, Davidson arrive à accorder le concept de déplacement léger avec la philosophie de la règle IOR. Connaissant parfaitement le fort potentiel des carènes planantes, il sacrifie une perte très légère de vitesse réelle au près au profit du planning.



Son dessin de Quarter Ton exploite évidemment la faille de l'IOR sur le calcul du tirant d'eau lorsqu'on utilise une dérive. Davidson arrive à se caler sur le CGF (Stabilité) minimal sans trop de difficulté.

Noter le décaissement qui permet d'extraire le safran.



Fun navigue avec beaucoup de succès en Nouvelle Zélande ainsi qu'aux Quarter Ton Cup (2 places de 5^{ème}) de Corpus Christi (1976) et d'Helsinki (1977).

Fun LH 8.07m. L (Jauge 6.49 m) LWL 7.52 m

DSPL 1225 kg (lest 580 kg) SA 25.3 m².

Certes, *Fun* n'a pas le même impact que *45°South* en 1975 à Deauville, mais il amorce une génération de dessins originaux et performants comme *Drakkar* dessiné par Joubert/Nivelt que l'on retrouve à La Rochelle en 3/4 Ton en 1977.

Fun, construit en bois moulé, est équipé comme *Magic Bus* d'une dérive en bois moulé. Ces deux bateaux restent les premiers dériveurs à déplacement léger de l'époque IOR.

Plus étroite que celle des autres Quarter classiques de Mull ou de Peterson, la carène dessinée par Davidson présente des lignes d'eau extrêmement tendues. Un long tableau arrière d'un quart de la longueur du bateau surplombe une voute absolument plate.

Ce style de dessin reste longtemps la signature des bateaux de Davidson.

La forme transversale de la carène reprend évidemment les tendances de l'IOR, avec deux bouchains arrondis pour le couple milieu et une forme de U marquée pour le couple situé au quart avant.

Le travail d'optimisation de Davidson se situe dans la position spatiale associée à son volume du bustle arrière qui entoure la partie haute du safran. L'objectif recherché est de reculer la position longitudinale de la chaîne arrière intérieure (AIGS), afin de la rapprocher de la chaîne arrière (AGS), ce qui diminuait la pente de la voute (dans le calcul IOR), donc la longueur pour la jauge (L) prise en compte dans le calcul du rating.

Ces gains de rating se transforment alors en dm² de surface de voiles.

Comme tous les autres architectes, Davidson se lance ensuite dans le dessin d'un Half Tonner, *Waverider*, évidemment en version dériveur. Il travaille à partir d'une déclinaison de son Quater Tonner *Fun*. Cette méthodologie lui permet de démarrer sur des bases de performances connues et validées. Pour autant, ce nouveau dessin ne se résume pas à faire une homothétie du plan de Quarter.

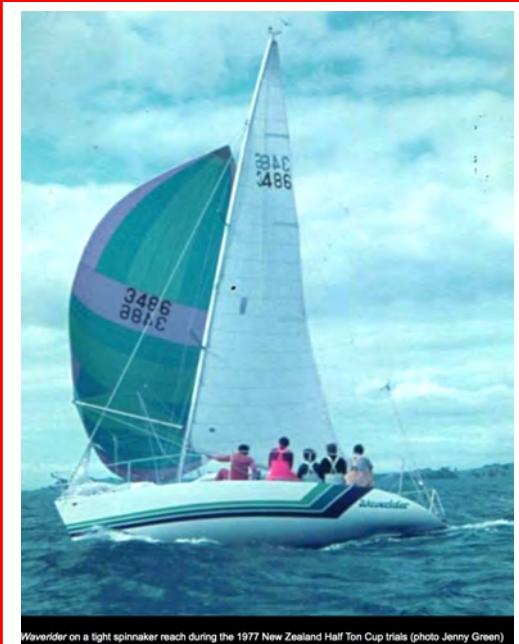
La carène de *Waverider* affiche seulement un déplacement de 2 360 kg avec une dérive de 110 kg.

Comme c'est un dériveur (tirant d'eau de 1.80 m), le lest de 1 200 kg se trouve implanté à l'intérieur, plutôt centré sur l'avant. Afin de loger ces quelques 100 litres de plomb le plus bas possible, Davidson renforce le dessin des formes avant. Cette intervention augmente le volume, et limite l'enfournement lors des périodes de planning. Le tangage se trouve aussi légèrement amorti.

Les francs-bords se situent juste à la limite de la valeur imposée par la jauge : ce qui influe évidemment négativement sur la stabilité au-delà de 40 à 50° de gîte, mais n'a aucun effet pour les angles de gîte en régate.

De l'avis de beaucoup d'architectes, *Waverider* affiche une propension à garder une assiette longitudinale pratiquement stable dans le passage des vagues. Lorsqu'on le regarde naviguer, il semble ne pas ralentir.

Le palmarès de *Waverider* s'avère éloquent. 4^{ème} à Sydney en 1977 (22 bateaux), il s'offre ensuite la première place devant 50 bateaux à Pole (GB) en 1977. Notons que lors de cette Half Ton disputée en Manche, *Anke* dessiné par Joubert/Nivelt et skippé par Bernard Moureau monte sur la troisième marche du podium, Jean Berret place aussi deux bateaux dans le Top10 : *Mélancolie III* et *Jaunac II*. Les dessins des carènes françaises progressent.



Waverider on a light spinnaker reach during the 1977 New Zealand Half Ton Cup trials (photo Jenny Green)

Le triomphe des dériveurs se confirme, comme celui des architectes NZ lors de la Half Ton disputée à Sydney.

Silver Shamrock III redessiné en version dériveur par Holland se trouve encadré à la 2^{ème} place par deux bateaux de Farr.

Cette version dériveur découle du *Silver Shamrock* quillard qui a gagné l'année précédente (1976) la Half Ton à Trieste devant 46 concurrents.

Conséquence, les dessins de dériveurs se propagent dans toutes les séries. La formule de taxation de l'IOR entre pour beaucoup dans cet engouement aux allures d'effet de mode.

Au niveau de l'architecture générale du bateau, toute élévation du CG du bateau diminue l'angle de chavirage (Avs). Cette élévation du CG est évidente puisque le lest passe de l'extérieur de la coque (dans la quille) vers l'intérieur de la coque, entre les varangues ou plus près de la flottaison.

Mais l'époque ne s'intéresse pas à cet angle de chavirage ou le mât se retrouve sous l'eau (gîte 110°, 120°). Pour la majorité des marins, les « Keel Boat » reviennent toujours en position verticale (gîte 0°) lorsque, suite à une erreur de pilotage, ils subissent une gîte importante. Pour les marins, l'angle critique de gîte correspond à l'expression « mât dans l'eau ». Alors la transformation d'un quillard en dériveur ne chagrine pas les skippers mais interroge toutefois les hautes sphères de l'ORC.



Helsinki en 1977

Comme évoqué dans l'Acte 9, le problème se pose autrement. La stabilité se décompose en deux volets. Le premier volet est la raideur à la surface de voile, c'est-à-dire l'aptitude de conserver la plus grande surface de voilure possible aux angles de gîte utilisés en régate lorsque la vitesse du vent augmente. Le deuxième volet est la zone sécuritaire qui tarde le chavirage. On reviendra plus loin sur ce thème.

Farr, Davidson et Whiting évoluent dans la poudrière du milieu des 18pieds, et ne voient que la recherche de la vitesse des carènes. Ils transposent ces évolutions sur des petits bateaux de régates côtières et sur des Quarter.

En Europe, et particulièrement en France et en Angleterre, la plaisance, assez balbutiante en cette fin des années 60, se trouve plutôt concentrée sur de très nombreux modèles de petits bateaux (6, 7, 8 m) fabriqués par une multitude de chantiers. La production en série commence juste à se mettre en place, avec le lancement du Sylphe en 1965 puis de l'Arpège en 1967 par Michel Dufour et celui de l'Écume de Mer en 1969 par le Chantier Mallard.

Lorsque la Quarter apparaît en 1967, les bateaux régatent encore en jauge RORC, une règle de jauge pas vraiment écrite pour dessiner des déplacements légers.

Comme on l'a vu précédemment, huit Quarter Ton Cup rassemblent d'excellents types de bateaux entre 1967 à 1975 : Écume de mer, Biniou, Victorian, Waarship, Samouraï, Téquila, Juliénas, Egythene, Dufour 1300, Challenger, etc... etc...

Au total, en huit années, plus de 200 bateaux régatent dans les Quarter Tons successives.

Pour autant, la conception de ces bateaux reste orientée principalement vers une clientèle peu ou pas intéressée par la régate. Ces propriétaires recherchent principalement des bateaux marins pour naviguer en croisière côtière ou tout simplement à la journée.

Lorsqu'un régatier s'oriente vers un de ces bateaux disponibles sur le marché, ses options de préparation se limitent bien souvent aux modifications éventuelles du plan de voilure. En fait, on ne construit pas de prototypes.

On se retrouve alors très éloigné de la préparation type 18 pieds.

Pourtant, certains architectes comme Jean Berret ou Alain Jezequel perçoivent qu'une évolution traîne dans l'air. Cette intuition les amène à dessiner des bateaux comme *Beneze* et *Charlie Papa* dans le même esprit que ceux dessinés par Bruce Farr à l'instar de *45° South*.

Mais ce succès incontestable de *45° South* ne se transforme pas en raz de marée architectural, dans le sens où les dessins des grands bateaux restent encore pour deux décennies très classiques.

L'idée sommeille alors pendant une quinzaine d'années et lorsque l'IOR s'éteint, concevoir un système de handicap laissant plus de liberté au crayon de l'architecte s'impose... Une autre histoire s'écrira alors.

Acte 24 : Jean-Marie Finot théorise la vitesse des coques de bateaux

Beaucoup d'architectes navals ont théorisé les navires, dont les voiliers. Les premiers doivent être sûrement les Phéniciens (1^{er} millénaire avant notre ère) qui structurèrent la coque et la construction du navire moderne. Mais ces évolutions concernent le domaine technique de la construction.

Il faudra attendre qu'Archimède (272-212 avant notre ère) théorise la loi hydrostatique « *Tout corps plongé dans un liquide.... Etc...* » pour que l'art de dessiner un bateau intéresse les hommes.

Un bateau ne se comporte pas comme un autre objet posé sur terre ou même volant puisqu'il évolue au gré d'un milieu instable dans sa forme spatiale (la surface de l'eau) et réagit automatiquement dès qu'on l'écarte de son point d'équilibre spatial initial (Gîte 0°).

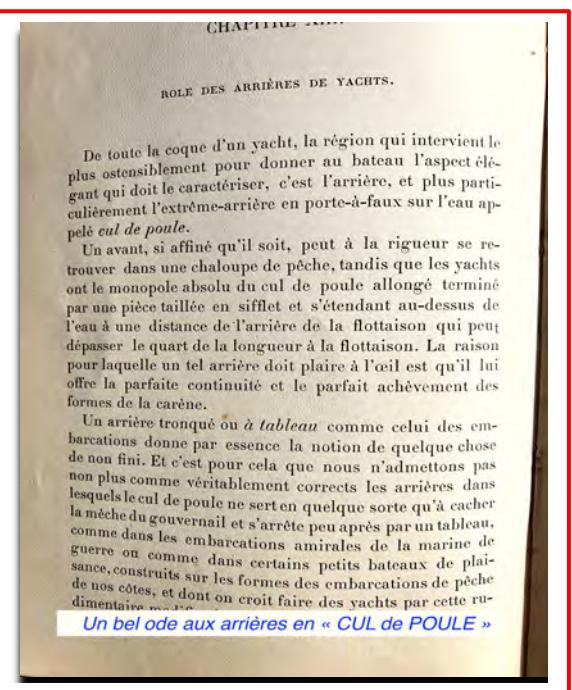
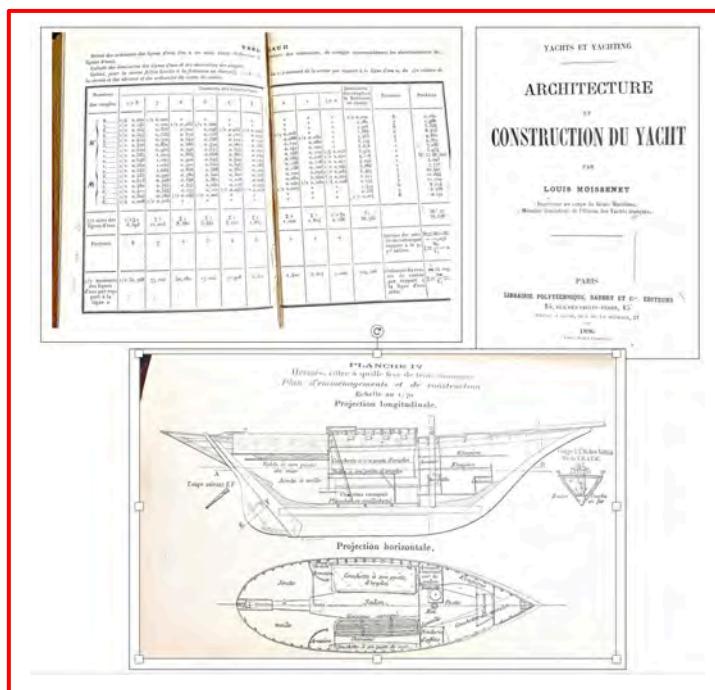
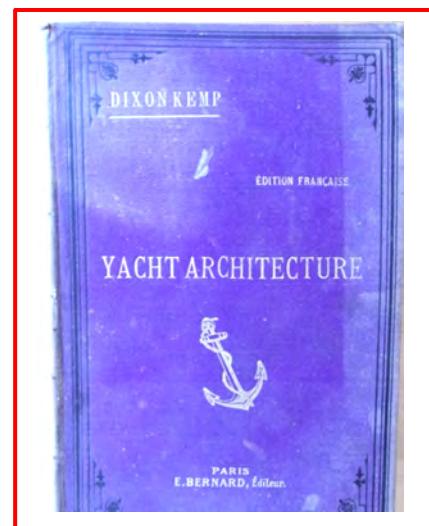
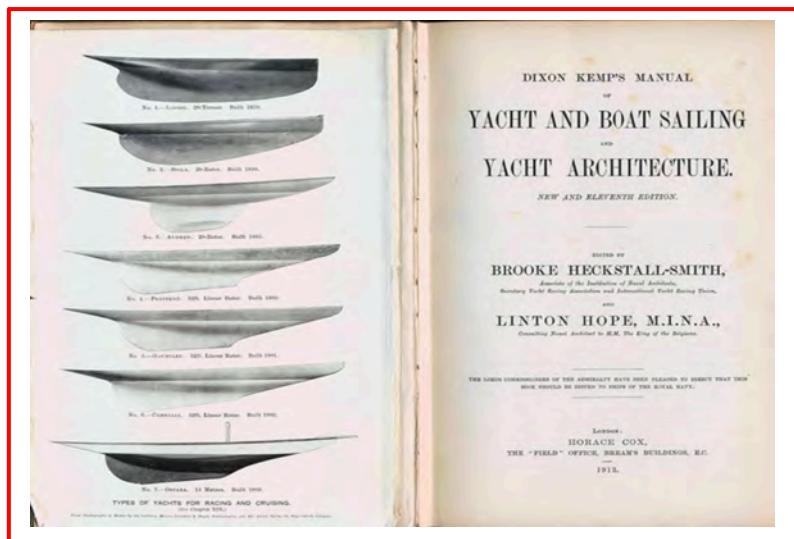
Il existe aussi un autre domaine, l'hydrodynamique, qui traite du passage de la carène du bateau dans l'eau.

Bernoulli établit en 1738 la formulation mathématique des bases de la dynamique des fluides qui permet d'appréhender la réaction des carènes des navires lors de leur passage dans ce fluide. Cette théorie, initialement utilisée pour des fluides en circulation dans une conduite (tuyau), trouve un important champ d'application dans le domaine maritime, puis dans le domaine aéronautique.

Précisons que cette théorie s'applique quel que soit le fluide, bien que l'eau possède une masse volumique de 1 025 kg/m³ et l'air de 1,290 kg/m³ (à l'altitude 0), soit un ratio de 1 000 entre ces deux valeurs.

Durant le XIX^e siècle, de nombreux architectes, dont Dixon Kemp, Nathanaël Herreshoff, Louis Moissenet et d'autres, s'emparent de ces travaux pour poser les bases de l'architecture navale appliquées aux navires en général, dont évidemment les voiliers.

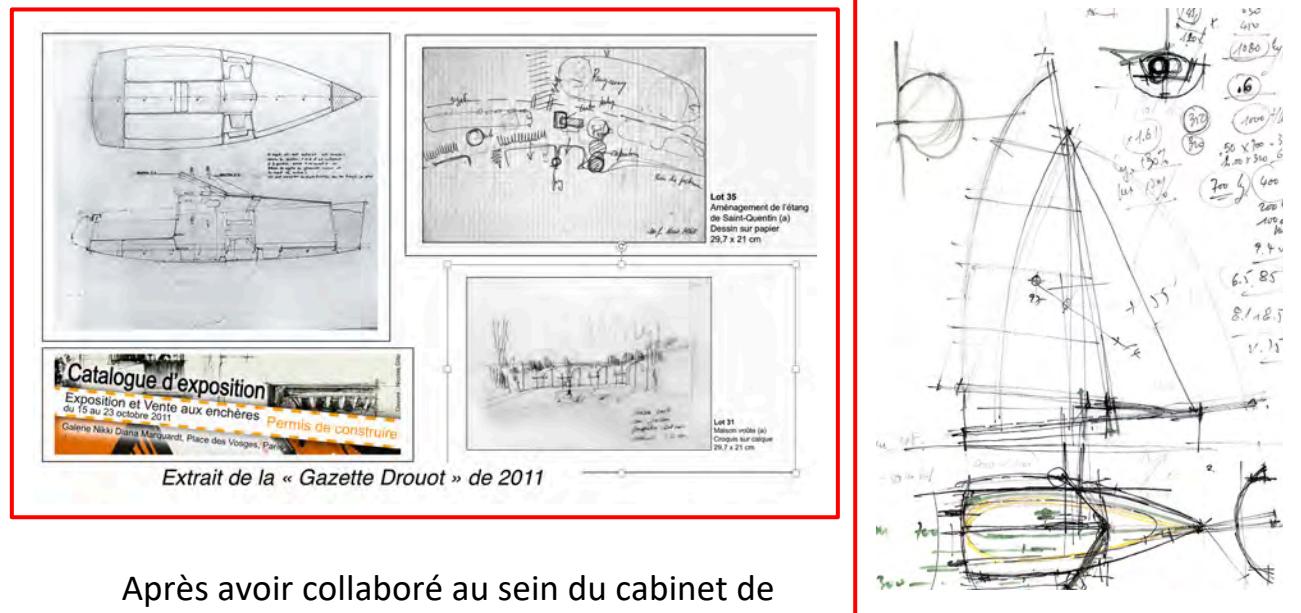
La régate en mer prend naissance vers 1835. Elle intéresse de fait ces hommes de l'art.



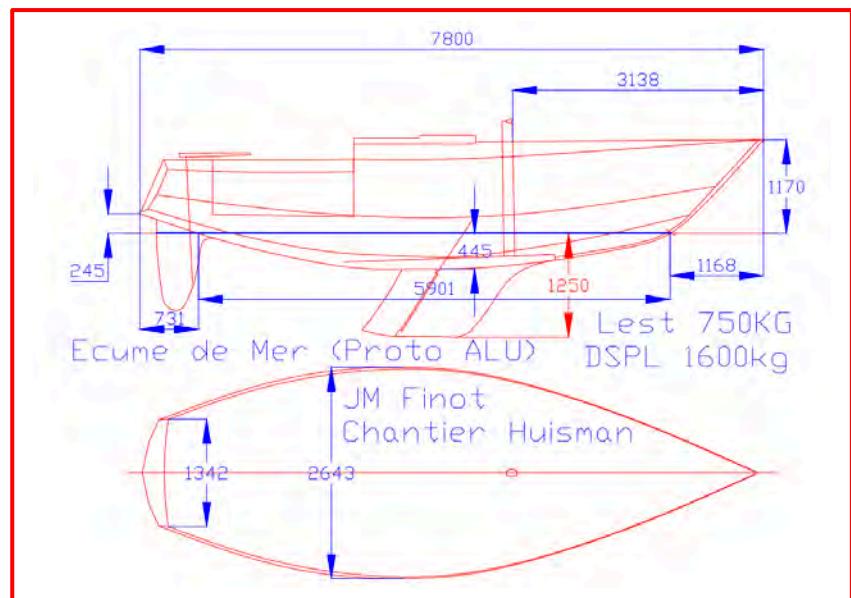
William Froude, qui officie comme architecte naval dans le domaine des navires (marchands et guerre), s'avère être un précurseur. Froude reprend les travaux de Bernoulli et expérimente pour la première fois dans le domaine de la mécanique des fluides une loi de similitude entre une maquette et la même forme à l'échelle réelle.

A cette fin, il construit le premier bassin pour essais de maquettes modèles. A partir de ces travaux, il établit, vers 1840, les premières lois fiables sur la résistance à l'avancement des carènes dans l'eau. Ces lois sont toujours d'actualité.

Jean-Marie Finot fait partie des architectes français qui ont marqué la deuxième moitié du 20^{ème} et le début du 21^{ème}. A l'origine, architecte formé aux Beaux-Arts à Paris, Finot se passionne très tôt pour l'environnement maritime.



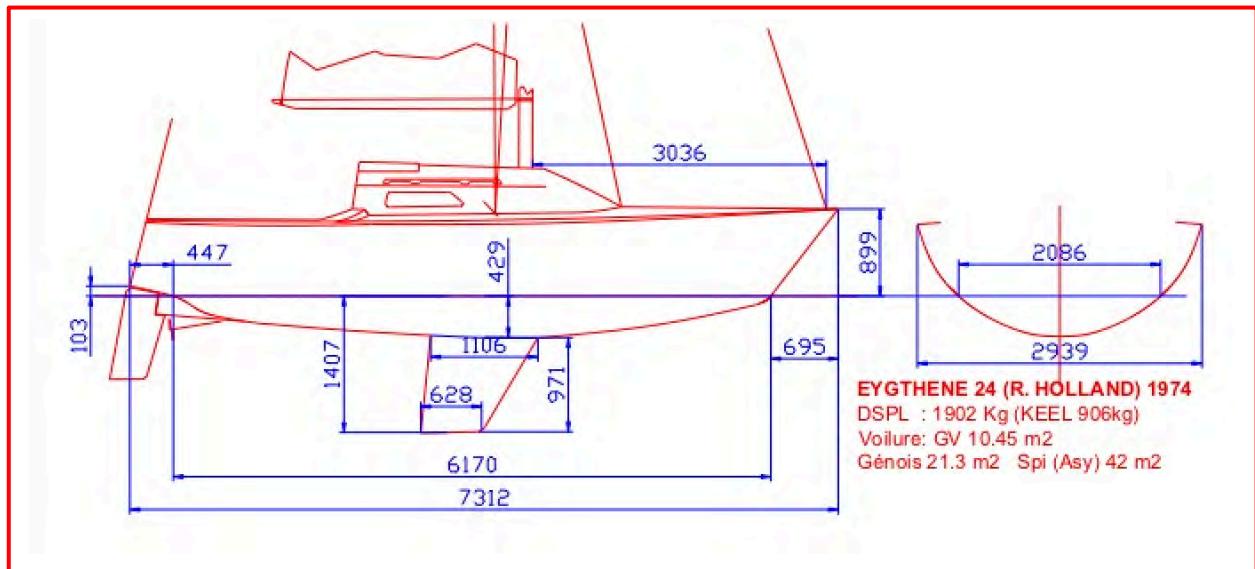
Après avoir collaboré au sein du cabinet de Philippe Harlé (Muscadet, Armagnac, etc...), Finot s'installe à son compte et dessine en 1969 un Quarter Tonner à bouchains vifs en alliage d'aluminium qui termine 4^{ème} et premier français à la Quarter de 1969 à Breskens (NL).



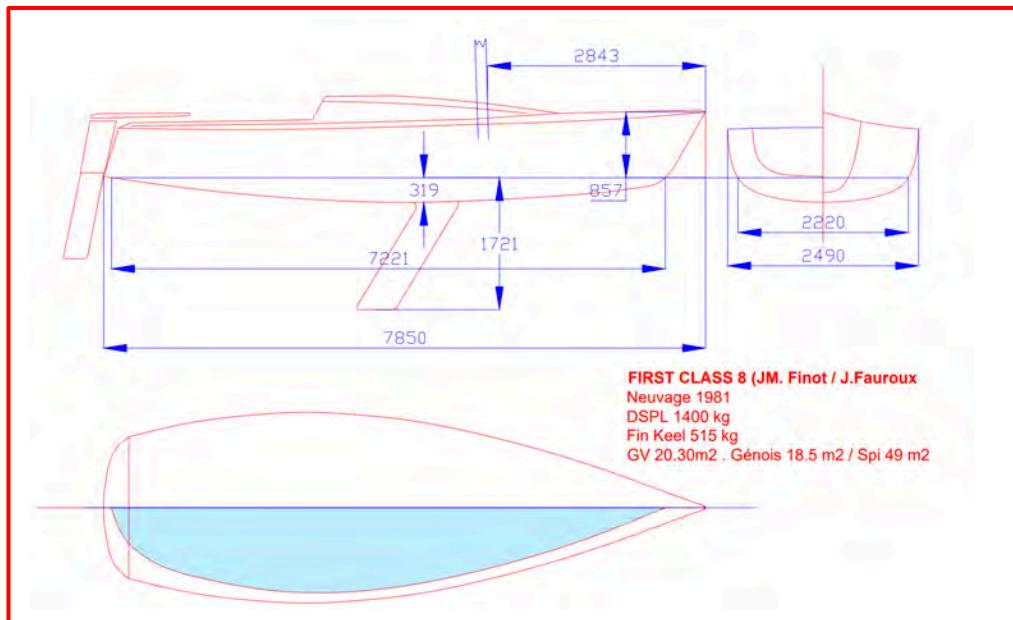
De ce dessin, Jean Marie dérive la même année une version en forme, fabriquée en stratifié verre/polyester sous le

nom d'Écume de Mer. Cet excellent petit bateau marque son époque. De nombreux Écume de Mer naviguent encore. En 1970 et 72, une version flush-deck (peinte en jaune) confiée à Laurent Cordelle remporte la Quarter Ton Cup. En 71 c'est le *Tequila* dessiné par Harlé qui s'impose.

L'année suivante (1973), Cordelle s'incline devant un nouveau plan Ron Holland : *Eygthene 24*.



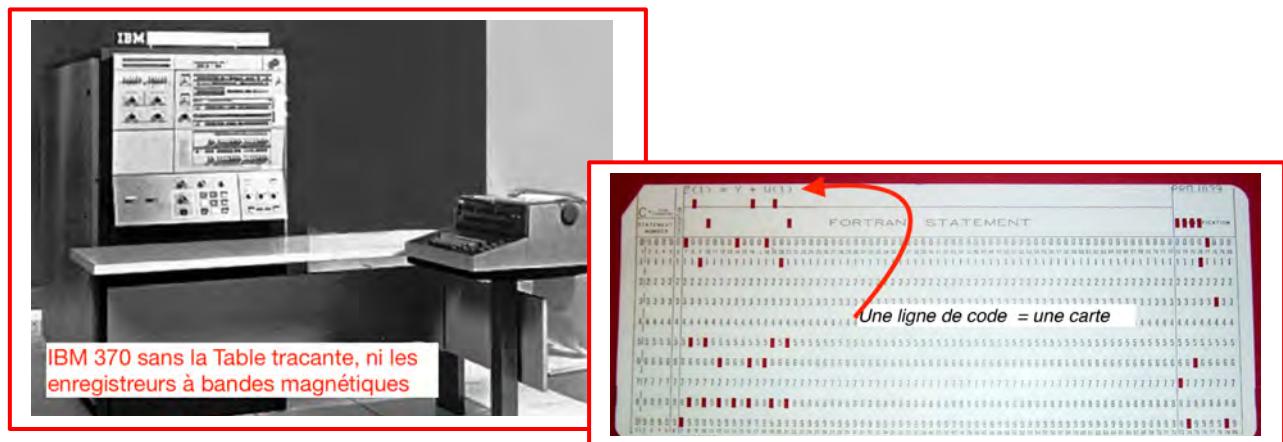
En 1981, Finot dessine le Class 8 en collaboration avec Jacques Fauroux pour le chantier Bénéteau. Ce voilier écume les plans d'eau durant près de 25 années et contribue à la formation d'une ou deux générations de régatiers que l'on retrouve ensuite dans les circuits offshores.



Associé depuis 1985 avec Pascal Conq, le Groupe Finot-Conq produit des dessins de Mini 6.50 innovants et performants, puis se lance avec succès dans l'univers de ce qui deviendra la Classe IMOCA, sans toutefois délaisser ni les bateaux de croisière ni ceux de Course au Large.

Bien que tous les pôles de l'architecture le passionnent, la contribution de Finot à la Course au Large est impressionnante par sa qualité, son originalité et sa vision des performances. Il comprend, au début des années 1970, que les outils numériques s'imposeront dix ans plus tard dans tous les cabinets d'architecture navale.

Pour cela, il acquiert un ordinateur (de mémoire un IBM 370), accompagné d'une table traçante, le tout se programmant en FORTRAN IV⁵⁰.



L'environnement de travail (ergonomie et souplesse d'utilisation) des ordinateurs de cette époque se trouve à des années lumières de ce que nous connaissons aujourd'hui. Durant la décennie 1970 (et encore pour quelques années) toute l'écriture du code de programmation se fait avec des cartes perforées à raison d'une carte pour une ligne de code.

Certes, Laurie Davidson, comme Doug Peterson et l'équipe dirigée par Olin Stephen utilisent déjà des machines programmables ou les services de centres de calcul, mais cela ne concerne que des opérations de calculs destinées à développer les formules de la règles IOR (1970) ou les optimiser. En aucun cas, l'objectif consiste à coupler l'ordinateur à un stylo qui reproduit les formes (la table traçante) du bateau.

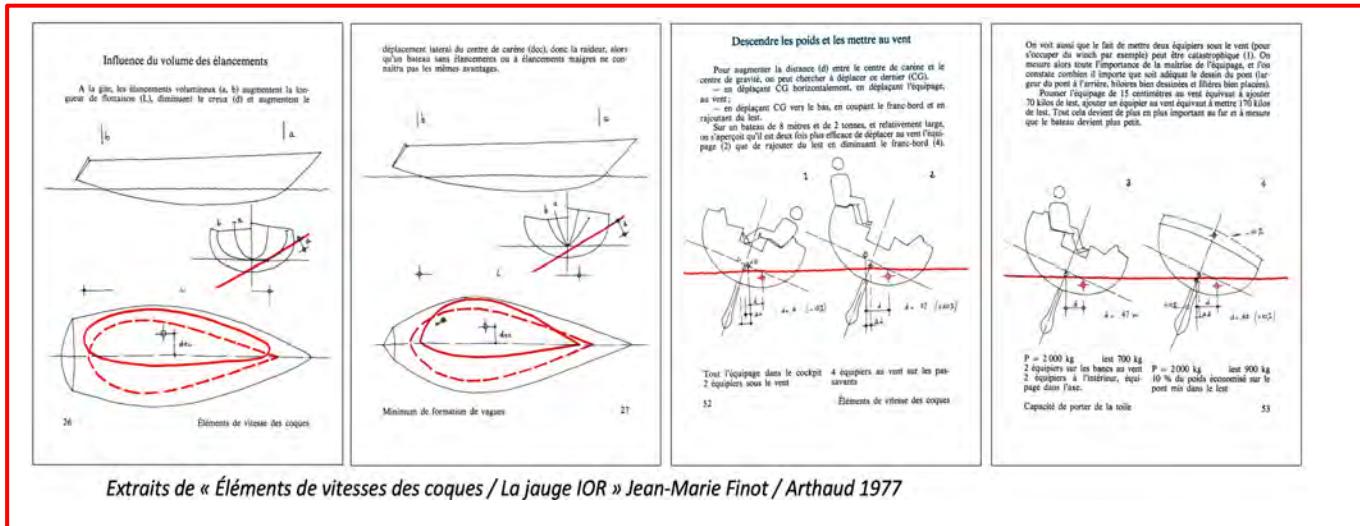
Cependant, on se situe très loin du « Plug and Play » d'aujourd'hui et je n'évoque même pas le coût des investissements.

Je me souviens du Salon Nautique de Paris (CNIT) en janvier 1971, où Jean Marie présentait sur son stand l'ensemble de cet équipement qui dessine devant le public ses confrères et les Chantiers navals les carènes de voiliers de croisière.

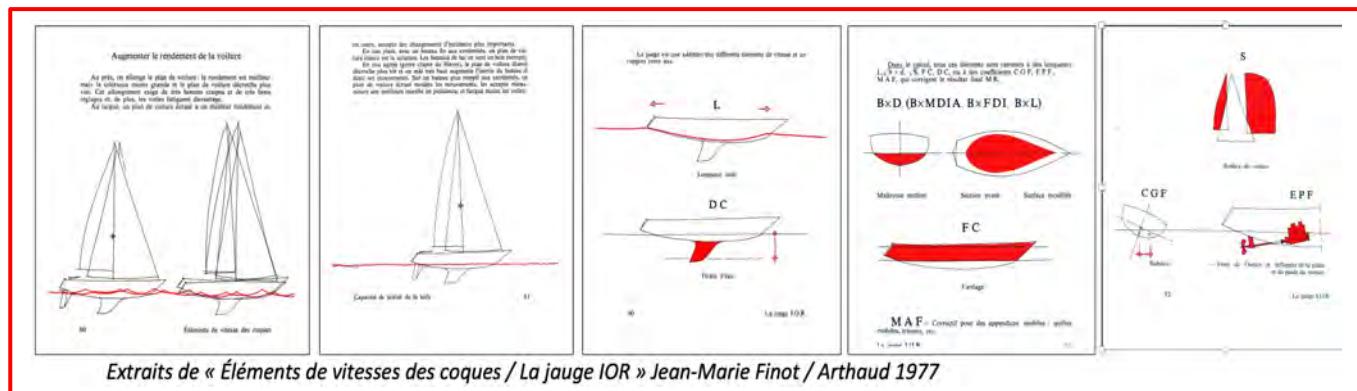
⁵⁰ FORTRAN IV : Langage informatique compilé inventé par John Backus et IBM en 1957.

Certes, ce n'est pas encore de la 3D ou de la réalité virtuelle, mais cela surprend les visiteurs et interroge les professionnels, dont les architectes.

L'éclectisme de Finot le conduit à publier en 1977 un ouvrage qu'il divise en deux parties : **Éléments de Vitesses des Coques⁵¹** et **La Jauge IOR**.



Sur la première partie de cet ouvrage, on peut objecter qu'il n'y a rien de nouveau, que tout a déjà été dit et écrit. C'est sûrement vrai, mais l'auteur présente ses démonstrations, et c'est là son génie, non pas avec des formules mathématiques, mais avec uniquement des dessins très simples, exécutés à mains levées, en deux couleurs (noir et orange).



Dans la deuxième partie, la Jauge IOR est décortiquée, dessins à l'appui, afin de rendre les formules abordables et surtout compréhensibles par les propriétaires, les skippers et ses confrères. La lecture du texte officiel de la règle de jauge étant quelque peu soporifique.

⁵¹ Les écrits de JM Finot, dont « **Éléments de vitesses des coques** » sont téléchargeable sur le site : http://finot.com/accueil/écrits_presentation.htm

La composition de son ouvrage différencie la vitesse et le comportement du bateau, du calcul du handicap nécessaire pour régater contre des adversaires différents en gardant à l'esprit qu'un bateau de croisière doit être performant et agréable en mer. Ainsi Jean Marie Finot conjugue le plaisir de naviguer librement, à sa guise avec son engouement pour la régate offshore.

Les passionnés de régates et de croisières offshores, reconnaissent dans les illustrations de son ouvrage, la ligne directrice de beaucoup de ses bateaux (Écume, Galiote, Comet, Brise de Mer, Lévrier des Mers, ...etc, et *Révolution*)

Finot dessine *Révolution* en 1972 pour Jean Louis Fabry. Ce dernier se permet de ravir la victoire individuelle devant 48 adversaires lors de l'Admiral's Cup de 1975.

Révolution représente typiquement la conception des voiliers telle que Finot la théorise avec talent. Pendant une décennie, le bateau rouge callipyge trustera beaucoup de victoires et de podiums dans les courses offshore du RORC et à l'Admiral's Cup.

REVOLUTION (1972)

LHT 11.46 m

LWL 8.85 m

Bmax 3.93 m

BWL 3.30 m

TE 2.06 m

DSPL 6800 kg

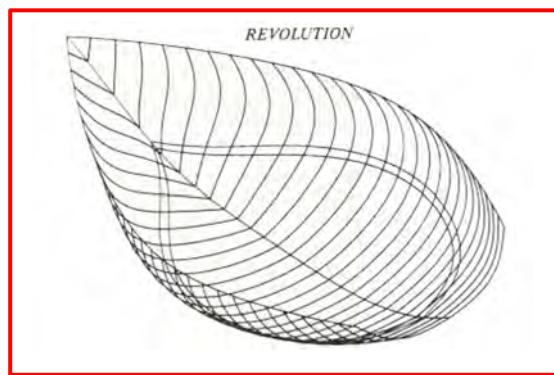
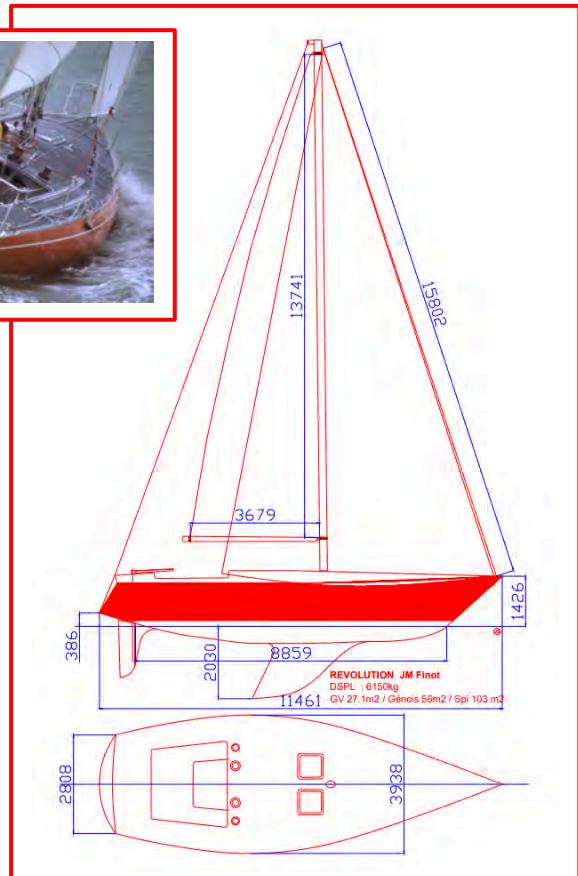
Génois 57 m²

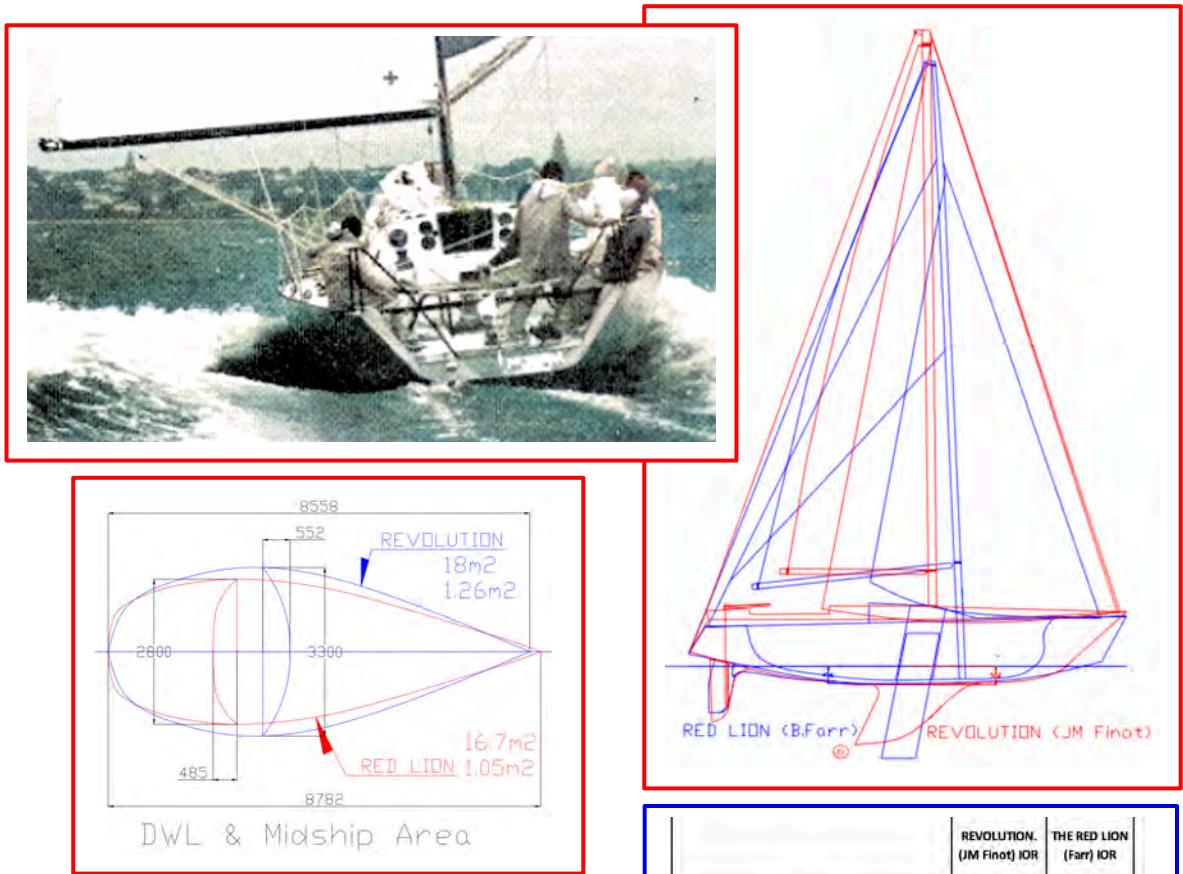
GV 28.82 m²

Spinnaker 103 m²

Ratio = (S Près)^{0.5}/DSPL^(1/3) = 0.492

Ratio = (S Portant)^{0.5}/DSPL^(1/3) = 0.608





Le dessin de *Révolution* date de la fin de la période de la jauge RORC. Ce dessin est un des premiers de la période IOR (version 1).

En termes de ratios surfaces de voile au près ou au portant par rapport au déplacement, les valeurs numériques comparées de *Révolution* et de *The Red Lion* (Farr) apparaissent sensiblement identiques, et laissent augurer des potentiels de vitesse proches. En fait, la différence de vitesse, et elle existe, se trouve dans l'aptitude à planer où le bateau dessiné par Farr s'avère plus véloce.

Bruce Farr initie une tout autre conception architecturale et encore *The Red Lion*, conçu en dériveur intégral, accusait un poids de lest intérieur supérieur à celui d'une quille IOR droite. Ce supplément de déplacement de 10%, 12% est nécessaire car l'absence de quille (lestée) se traduit par une élévation du CG final du bateau. Avec un lest intérieur plus important l'architecte arrive à contrôler cette élévation du CG.

	REVOLUTION (JM Finot) IOR	THE RED LION (Farr) IOR
LHT	11.46	11.47
LFLT	8.85	9.15
DRAFT	2.03	2.42
BAU	3.93	3.84
DSPL Empty	6500	4250
DLR	600	155
DBR	121	147
0.95*Log(DBR)	2.00	2.08
S Portant	130	106
SERIE DATE	1972	1977
3*(Spartant ^{0.5} /DSPL Empty ^{1/3})	1.84	1.91
BEAMFACTOR	0.32	0.32
BEAMFactorCor	0.31	0.31
RMOD	1.119	1.085
DURFLT	213	127
PLA	99.92	156.00
Ajutement	1.000	1.000
PLA/100	1.00	1.56
Vitesse critique de la carène (Archimédienne) Vc = 2,44 (Lflot ^{0.5})	7.26	7.38
Vitesse critique au planing calculée à partir Vpla = 3.96 (Lflot ^{0.5}) et pondérée par l'Aptitude à planer (PLA/100)	7.44	8.86

L'option dériveur diminuant la stabilité (le CG remonte), l'augmentation du déplacement avec un lest intérieur plus lourd que serait une quille extérieure devient nécessaire.

Le ratio (augmentation du déplacement, donc perte de vitesse) / (accroissement de la voilure, donc gain de vitesse) restant, par le jeu des formules de calcul du rating, extrêmement positif.

Les 18 m² de surface de flottaison et 1,26 m² de surface de maître couple pour *Révolution*, sont nettement moins favorables au planning que les 16.7 m² et 1.05m² de *The Red Lion*.

Révolution est conçu en 1972. *The Red Lion* apparaît cinq ans plus tard dessinés sur les bases d'une troisième évolution de la règle de jauge (Version IOR Mk3). Durant ces cinq années, six One Ton Cup, deux Admiral's Cup et les courses annuelles apportent leurs lots d'évolutions dans le tracé des carènes adaptées à cette version Mk3.

Acte 25 : Le conservatisme impose sa loi

Nous avons déjà évoqué que durant les premières années qui suivent la mise en place de la Jauge IOR les tendances architecturales s'alignent naturellement sur celles existantes de la Jauge RORC (déplacement lourd, gréement en tête, ratio LHT/Bmax <2,7 environ).

Les Ton Cup, créées quelques années antérieurement à la Jauge IOR, et notamment celle des Quarter Tonner se traduisent alors par l'apparition de carènes innovantes à Deauville en 1975 (*45°South*) ou par des conceptions originales comme lors de la One Ton Cup de Marseille (1976) avec *Resolute Salmon*.

Toutefois, la tendance, qui se répand en Nouvelle Zélande, Australie, France, Italie, à dessiner des bateaux légers inquiète fortement les hautes sphères de l'IOR (ITC). Paradoxalement, le développement de bateaux équipées de dérives (donc avec un lest intérieur), passe sous les radars de l'ORC et cela malgré un avantage en rating très important.

Lors du congrès annuel de l'ORC de Londres en novembre 1976 (gestion de la Jauge IOR), le développement de ces types d'architectures conduit l'ITC⁵² à stopper ce qui lui apparaît être une déviation (intellectuelle) de ce que doit être l'architecture navale d'un yacht, fut-il de régate.

⁵² **ITC** : International Technical Committee. Ce comité de 8 à 10 membres écrit et modifie la règle IOR chaque année.

Comme on l'a vu dans les chapitres précédents, pour l'ITC, l'image d'un bateau IOR se conjugue avec



un déplacement lourd et une surface de voiles généreuse. Pour s'en convaincre il suffit de regarder la taille et le nombre de winches implantés sur le pont des bateaux.

S'ils adoptent le dogme « déplacement lourd et surface de voiles généreuse », les architectes constatent très vite que les gains de vitesse possibles en jouant sur les formes hydrodynamiques des carènes se trouvent très limités. Dépasser la vitesse archimédienne demeure une gageure. L'augmentation de la surface de voilure ne permet de gagner que quelques petits dixièmes de nœuds, et cela se répercute sur le TCC. Il faut se souvenir que lors de la Whitbread de 73/74 seuls quelques rares bateaux ont réussi 240 milles en une journée et que la moyenne du vainqueur (Swan 65/ 19.81m) sera de 8.11 nœuds. Il faudra cinq éditions de la Whitbread, soit 20 ans, pour que cette moyenne atteigne 10,69 nœuds en 1989/90.

La réponse architecturale se situe dans des dessins tortueux des voûtes arrière (double inflexion de la surface) en jouant sur l'exploitation des mesures imposées par la jauge IOR sur les formes arrières des bateaux et ainsi obtenir un rating plus faible. En fait, on ne cherche plus l'augmentation de vitesse en navigation, mais à être paradoxalement plus vêloce en diminuant le rating, par le jeu d'une diminution du TCC qui se répercute sur le temps compensé pris en compte pour le classement.

Mais pour l'ITC, ce concept d'architecture représente réellement un dogme, dont on ne doit pas s'éloigner. Pourtant, la formule de la jauge IOR permet encore en 1976 de concevoir des carènes bien plus efficaces en termes de vitesse (déplacement léger) ce que les Néozélandais et d'autres ont démontré avec succès. Il est certain qu'en supprimant ces barrières dogmatiques dans la règle, on laisserait libre cours à des bateaux beaucoup plus rapides, ludiques, moins dispendieux.

Cette réaction surprend le milieu de la course qui pense, à juste titre, que les modifications à venir de la règle IOR, porteraient uniquement sur la suppression de l'avantage, que tout le monde trouvait anormal, accordé au calcul du tirant d'eau et que la jauge réserve aux dérives et quilles non lestées relevables.

Rappelons que cet avantage se traduit par un crédit de TCC équivalent à environ 2 à 4 m² de surface de voile. Intégrée dans les algorithmes de calculs du TCC, cette anomalie très bien exploitée par *Resolute Salmon* à Marseille en 76, l'aide à gagner ; bien que ce ne soit pas la seule raison de la victoire du bateau dessiné par Britton Chance.

Architecturalement parlant, le choix d'un déplacement léger s'accompagne de formes arrière porteuses et fluides, de carènes moins creuses et plus larges en flottaison, de structures et d'équipements plus légers. L'ensemble favorise le planning, et procure donc un gain de vitesse très important. On découvre alors qu'un bateau lesté (Keelboat pour les anglo-saxons) peut naviguer presque comme un 505 ou un Flying Dutchman.

Pourtant, à l'issue du congrès de 1976, la nouvelle version de la règle IOR freine, pour ne pas dire bloque, cette tendance vers la fluidité des écoulements en intégrant subtilement dans les algorithmes un ratio déplacement/longueur (identifié par l'acronyme DLR quelques années plus tard).

Fortement attaqué, l'ITC se défend de vouloir décourager les architectes qui recherchent un saut quantitatif réel du potentiel de vitesse des bateaux. Ce qui revient à reconnaître qu'il est possible de dessiner des bateaux plus performants.

D'après l'ITC, l'objectif des nouveaux algorithmes mis en place à partir du 1^{er} Janvier 1977, vise à contrecarrer le détournement de la règle actuelle dont le but est d'obtenir un TCC plus faible. Sur le fond (gain de vitesse), le constat de l'ITC est correct, mais par contre, l'ITC met en place une correction de l'évaluation géométrique de la pente des voûtes arrières totalement inadaptée et d'ailleurs rapidement contournée. La solution passait par une nouvelle écriture de la règle. Ce que le conservatisme régnant interdira.

Comme toujours avec les règles de jauge, le jeu du chat et de la souris se met en place. L'exploitation par les architectes n'est autre que les conséquences d'une règle (en fait une formule mathématique) mal conçue et possédant de nombreuses discontinuités mathématiques.

Cette nouvelle règle ne propose d'ailleurs pas une nouvelle méthode d'évaluation de la longueur de flottaison dynamique (L) en stoppant les dessins des formes arrière torturées, ni celle du calcul de l'évaluation du déplacement (D) ce qui aurait pu permettre d'améliorer la quantification de ces deux paramètres. Elle se contente d'instaurer insidieusement une tentative d'encadrement du ratio déplacement/longueur, et cela sous forme de rustines sur les formules. La méthode fonctionne temporairement, tant que l'imagination ne trouve pas une nouvelle parade.

Rapidement, trois ans après, l'histoire oblige l'ITC à éditer de nouvelles modifications au tout début de années 80, notamment en associant géométriquement la pente des voutes arrière avec le creux milieu. Ce qui revient à l'alternative suivante :

- Creux important = angle de voûte important et voûte courte = diminution de rating
- Creux faible = angle de voûte faible (voûte longue et rasante) = augmentation de rating

La traduction immédiate de ces décisions de l'ITC sanctionne les bateaux légers dès les premiers mois de 1977. Ainsi les formes arrières très fluides associées à des largeurs assez importantes des tableaux arrières se trouvent taxés d'environ 0.5 pied de rating. Les architectes corrigent en partie leurs dessins afin de limiter les effets de cette pénalité qui représente 3 à 5 m² de voilures sur certains bateaux.

Cette taxation frappe principalement les bateaux néozélandais dessinés par Farr, Davidson, Whiting, et aussi ceux des français Berret, Joubert/Nivelt, Finot, Jézéquel, et Fauroux.

La décision de l'ITC de ne pas toucher, lors de ce congrès, au crédit d'environ 0.5 à 0.6 pieds de rating accordé par la règle IOR aux dérives et aux quilles relevables non lestées, se traduit immédiatement par l'arrivée d'une épidémie de dériveurs dans les courses de 1977...

Acte 26 : Une année 1977 bien remplie et innovante.

Au calendrier 1977, figurent deux épreuves majeures : la 3/4 Ton à La Rochelle en août et la One Ton à Auckland en novembre. L'éloignement de la Nouvelle Zélande limite beaucoup les déplacements des bateaux depuis l'Europe et les USA.

La 3/4 Ton à La Rochelle

Cette nouvelle classe de 3/4 Ton, à rating fixe, déclenche lors de sa 3^{ème} édition (1976), un très fort engouement chez les propriétaires et notamment en France. Les deux premières éditions⁵³, confidentielles, rassemblaient des bateaux d'architecture classique.

L'édition de 1976 se dispute à Plymouth (deuxième quinzaine d'août) avec 30 bateaux et 12 nations. Il existe en France un vivier de coureurs et de bateaux qui participent chaque année aux Courses du RORC. On en retrouve bon nombre (une dizaine de bateaux) à Plymouth pour la 3/4. Ce sont pour une partie des Contention 33 (1/4 de la flotte) et des Nicholson 33, bateaux de série très prisés pour leur maniabilité et leurs performances. S'inscrivent aussi quelques prototypes (dont un plan Miller et un plan Peterson achetés aux USA et aussi un plan Holland construit chez Pichavant). En France Berret dessine pour un de ses amis, Jean Émile le Soudéer, une évolution de *Beneze*, le Quarter de Deauville.

L'UNCL officie à Plymouth avec Fabry et Michel Philippe (SRH) afin d'assister les équipages français inscrits à cette 3/4.

Au final, on trouve parmi les 10 premiers quatre *Contention 33* (Peterson) dont deux bateaux français *Bilou Belle* et *Gregal VII* (qui s'imposent au classement des bateaux de série) et deux *Nicholson 33* (Holland). Ensuite, Ed Dubois, Peter Norlin et Tony Castro se glissent dans ce palmarès.

Le vainqueur (inattendu) Finlandais *Fin Fire II*, dessiné et construit par Eivind Still (professeur de mathématiques de son état et aussi jugeur IOR) ne présente pas une carène révolutionnaire.

Les caractéristiques de ce dessin portent sur le pont intégralement flush-deck associé à un cockpit typé *BES* initié lors de la Half Ton de 74 par le champion olympique Pol Elvström. Eivind Still optimise surtout la répartition longitudinale des poids, par la suppression du roof qui autorise une structure générale moins échantillonnée donc plus légère. Ce travail améliore le passage dans le clapot en limitant le tangage. La présence à bord de Bruce Banks, à qui on doit le dessin des voiles, est remarquée et apparemment efficace.

L'édition suivante en 1977 à La Rochelle diffère complètement, puisque les prototypes et les architectes apparaissent en nombre. On retrouve l'ambiance de la Quarter de Deauville.

⁵³ La première édition à Miami en 1974 rassemble 10 participants.

36 bateaux (12 nations) inscrits, partagés en deux tendances architecturales très marquées : l'architecture IOR classique à déplacement lourd et l'architecture d'avant-garde, légère.

Les dessins de Farr, Vallicelli, Frers, Violati, Berret, Le Soudéer, Dubois, Chance, Briand, Joubert-Nivelt, Holland, Peterson etc, remplissent les pontons.

Pourtant, au final, après 3 parcours olympique et côtier et deux grandes courses (150 et 250 milles), aucune de tendances architecturales domine cette 3/4 Ton ; le tableau final sera dans l'ordre :

Léger / Lourd / lourd/ Lourd / Léger ...

Joé Louis/ Argento-Vico/Samsara/Regolo/Œsophage Boogie

Deux dériveurs sont encore présents :

Celui dessiné par Chance, *Northstar II*, bien qu'équipé d'une dérive n'est pas une reproduction intégrale de *Resolute Salmon*.

Il se distingue par un plan de voilure original et gigantesque avec un tube de mât qui dépasse de plus de 4 m le capelage d'étaï. Cela lui confère un guindant de grand-voile (P) de 14m75. Il ne passe pas inaperçu sur le plan d'eau avec son tirant d'air avoisinant 16.5 m.

Les caractéristiques très particulières de son gréement découlent de son déplacement de 4.5 tonnes qui le classe dans les bateaux lourds. *Northstar II* terminera 7^{ième}.

L'autre dériveur se nomme *Drakkar* (attention il y a deux *Drakkar* dans cette 3/4, le deuxième étant un *Kalik 33* dessiné par De Ridder).

Le *Drakkar* dessiné par Joubert/Nivelt se caractérise par une carène hyper fluide et possède une voûte arrière interminable. Et encore, la voûte arrière d'origine doit être modifiée afin d'être conforme aux nouvelles prescriptions de la jauge IOR mise en place le 1^{er} Janvier 1977. Une dérive rectangulaire en bois remplace la quille d'origine. Le lest est implanté dans le fond de la coque pour un déplacement du bateau de 3.1T et un bau de coque de 3.4 m.

Le duo Joubert/Nivelt impressionné par le dessin de Farr, *Titus Canby* pour la Half-Ton de 1974 à La Rochelle et aussi par son Quarter 45°South l'année suivante, travaillent sur la fluidité et la surface mouillée de la carène afin de l'optimiser pour les petits airs. Dommage que *Drakkar* démâte dans la manche 3 (moyenne course de 100 milles) suite à la rupture d'une barre de flèche. Cet abandon se paye par une 10^{ième} place au classement général. Pourtant, avec *Joé Louis* (plan Farr), ces deux bateaux paradaient dans les petits airs.

Berret reprend avec succès (3 manches de 1^{er} avec *Œsophage Boogie*), ses idées de bateaux développées lors de la Quarter de Deauville sur *Beneze*.

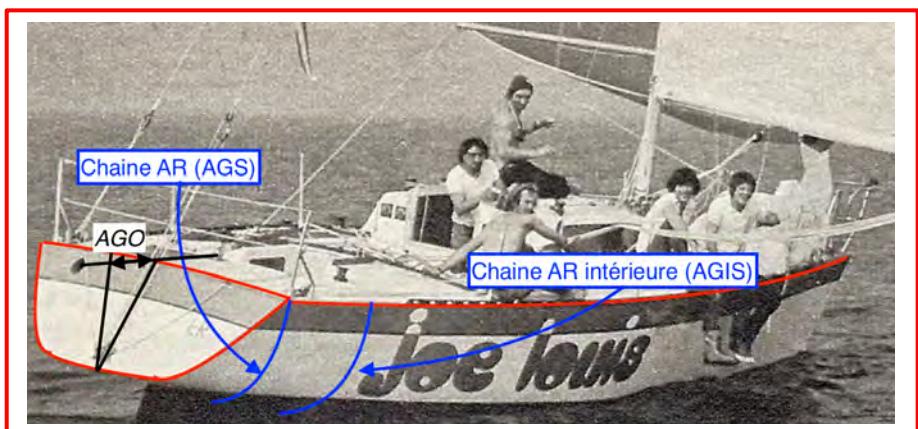
Briand restera par contre très classique avec un bateau typé petit temps et médium, déplacement lourd et gréement en tête.

Le vainqueur, le plan Farr *Joe Louis* barré par Yves Pajot est un quillard dont le dessin de conception a commencé durant l'été 1976 et anticipait sur la disparition de l'avantage donné aux dérives par la jauge IOR.

Ainsi, la position et la forme du tableau AR (mesure AGO) ont pour effet de reculer la chaîne arrière (AGS) à l'angle du livet et au coin extérieur du tableau arrière. La libération de la tension des diagonales dans la partie arrière de la coque rend plus fluide les lignes d'eau et place la fin du bustle au niveau de la chaîne arrière intérieure (AGIS).

Le redressement du tableau arrière (diminution de la mesure AGO) augmente aussi la surface de pont disponible pour les équipiers et permet le recul de l'axe du safran : ce qui améliore le contrôle de la trajectoire.

La construction en sandwich Kevlar⁵⁴, nouvelle pour l'époque, ne permet pas de diminuer les échantillonnages car la résistance à la rupture du Kevlar est sensiblement identique à celle de la fibre de verre. Par contre, sa densité est de 1.38 contre 2.5 pour le verre. Avec un sandwich kevlar/mousse, le poids de la coque pontée et structurée s'allège et la raideur du bateau augmente (le CG descend de quelques petits cm).

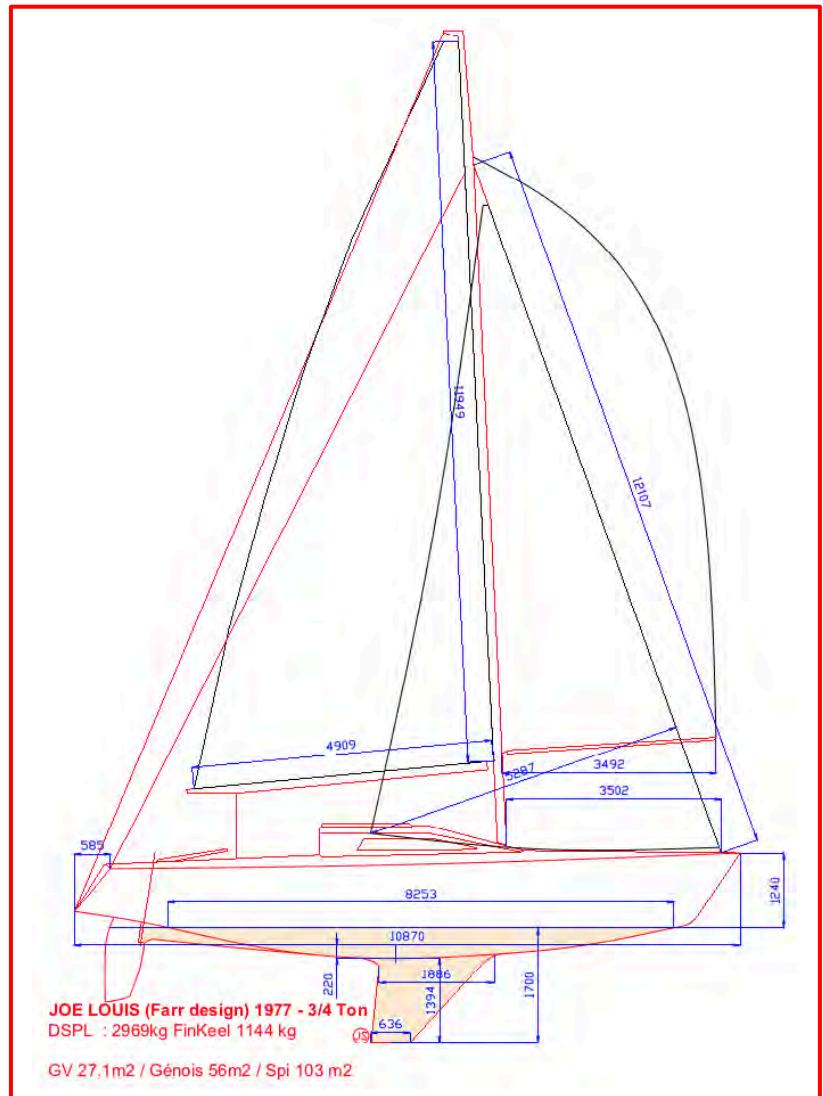


⁵⁴ Kevlar : fibre synthétique inventée et développée par Du Pont de Nemours. Dans un prochain chapitre ces nouveaux matériaux seront examinés à la loupe.

La ligne générale des plans Farr ne change pas énormément.

Joe Louis

LOA: 10.87
DWL: 8.25 m
Beam: 3.405 m
Draft: 1.70 m
DSPL : 2969 kg
Lest: 1144 kg



A La Rochelle, *Joe Louis* rencontre deux adversaires coriaces, *Œsophage Boogie* et *Drakkar*, dont l'architecture est très proche de celle du Farr.

Une erreur de navigation dans la grande course prive *Œsophage Boogie* de la victoire dans cette 3/4 Ton dont il remporte 3 des 5 manches.



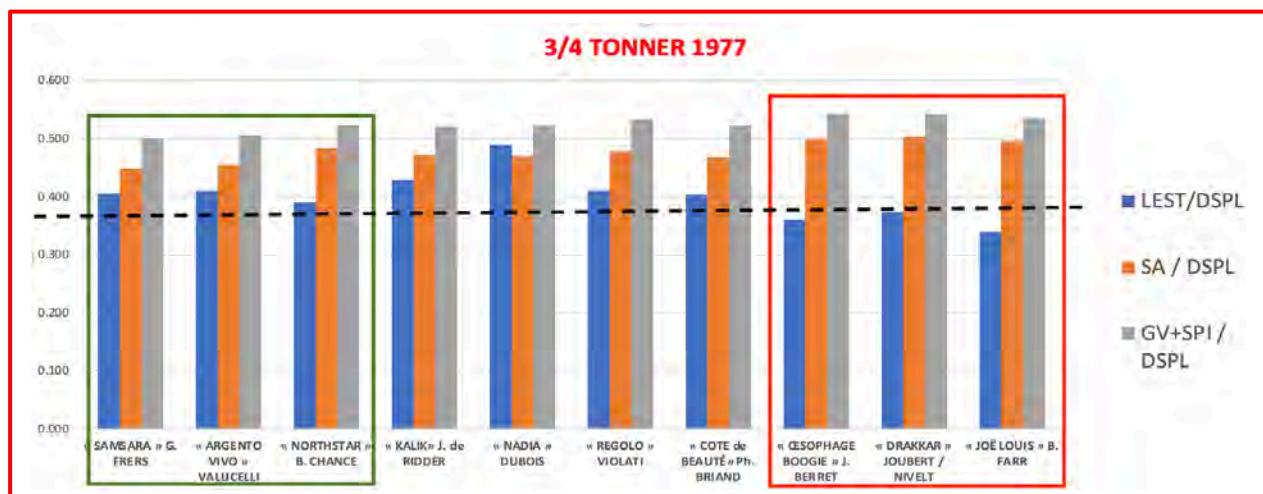
Argento Vivo, dessiné par Andréa Vallicelli, respecte la tradition classique (déplacement lourd, gréement en tête), ce qui en fait un voilier performant au près dans la mer formée. Il termine second malgré deux places de 13^{ième}, compensées par une victoire dans la grande course (coefficient 2) et une place de 5 et une de 4.

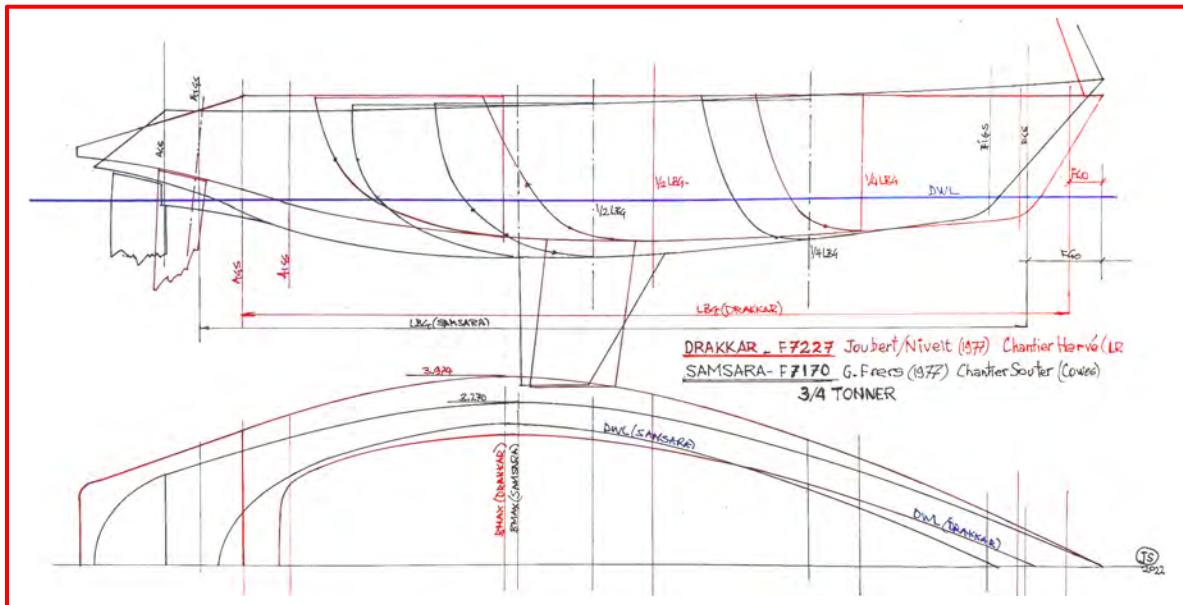
3/4 TONNER 1977	LHT	B max	Lest	DSPL (T)	DSPL + Crew	S (près)	P	E	S Géniois	I	J	MAIN Sail	SPI	Ratio LEST/DSPL	ratio SA^0.5/DSPL^1/3	ratio (GV+SPI)^0.5/DSPL^1/3
« JOË LOUIS » B. FARR	10.87	3.4	1.144	2.7	3.37	55.22	11.35	4.66	26.13	10.73	3.28	29.09	35.31	0.339	0.495	0.535
« SAMSARA » G. FRERS	10.05	3.25	2.2	4.8	5.42	62.09	11.9	3.15	41.48	13.3	4.2	20.62	56.21	0.406	0.449	0.499

Samsara, dessiné par German Frers est une belle carène de 5.4 tonnes en navigation, puissante au près. Dessin classique, très équilibré, très proche des dessins de Peterson ou de Holland. Holland et Frers resteront d'ailleurs les architectes de référence d'un très grand nombre de Swan construits par Nautor.



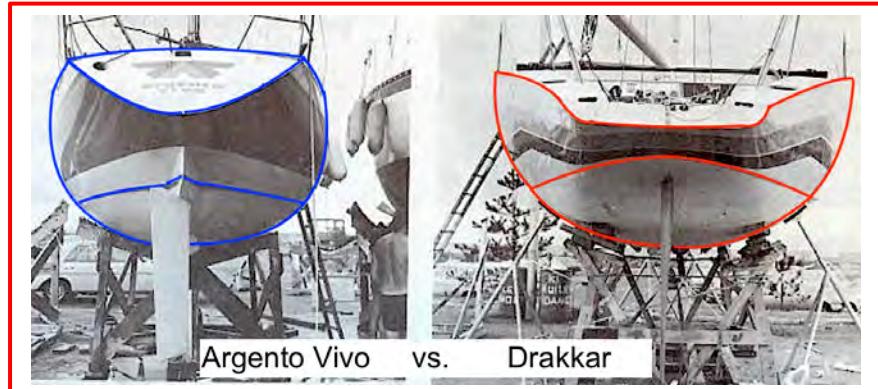
3/4 TONNER 1977	LHT	B max	Lest	DSPL (T)	DSPL + Crew	S (près)	P	E	S Géniois	I	J	MAIN Sail	SPI	Ratio LEST/DSPL	Ratio SA^0.5/DSPL^1/3	Ratio (GV+SPI)^0.5/DSPL^1/3
« SAMSARA » G. FRERS	10.05	3.25	2.2	4.8	5.42	62.09	11.9	3.15	41.48	13.3	4.2	20.62	56.21	0.406	0.449	0.499
« ARGENTO VIVO » VALICELLI	10.08	3.21	2.1	4.5	5.12	61.34	11.6	3.2	40.93	13.25	4.16	20.42	55.43	0.410	0.454	0.505
« NORTHSTAR » B. CHANCE	10.4	3.5	2	4.5	5.14	69.51	14.75	4.45	33.41	12	3.75	36.10	45.24	0.389	0.483	0.522
« KALIK » J. de RIDDER	9.9	3.32	2.15	4.4	5.01	65.09	11.75	3.92	39.76	12.75	4.2	25.33	54.10	0.429	0.471	0.521
« NADIA » DUBOIS	10.25	3.26	2.44	4.36	5.00	64.35	11.88	3.41	42.07	13.27	4.27	22.28	57.11	0.488	0.469	0.521
« REGOLO » VIOLATI	9.88	3.32	1.95	4.15	4.76	64.65	11.9	3.15	44.03	13.54	4.38	20.62	59.81	0.409	0.478	0.533
« COTE de BEAUTÉ » Ph. BRIAND	10.06	3.2	1.9	4.1	4.72	61.72	11.45	3.22	41.44	13.07	4.27	20.28	56.33	0.402	0.468	0.522
« CESOPHAGE BOOGIE » J. BERRET	11.04	3.6	1.4	3.2	3.88	61.30	11.74	4.76	30.56	10.89	3.78	30.74	41.81	0.360	0.498	0.542
« DRAKKAR » JOUBERT / NIVELT	10.45	3.8	1.4	3.1	3.75	61.17	12.65	5	26.38	10.45	3.4	34.79	35.85	0.374	0.504	0.541
« JOË LOUIS » B. FARR	10.87	3.4	1.144	2.7	3.37	55.22	11.35	4.66	26.13	10.73	3.28	29.09	35.31	0.339	0.495	0.535





Ci-dessus, une comparaison des tendances architecturales entre le très classique et performant *Samsara* dessiné par German Frers et le déplacement léger à dérive *Drakkar* de Joubert/Nivelt, qui aurait pu frapper fort sans l'abandon dans la course moyenne.

Comment expliquer des résultats qui montrent cette alternance léger/lourd, lourd/lourd, léger/léger... Pourquoi les déplacements légers n'impriment pas une sorte de suprématie ?



La réponse se trouve dans la complexité d'un bateau ou se juxtaposent trois types de modèles dimensionnels : linéaire L, surfacique S, volumique DSPL.

Il faut aussi ajouter que les Ton Cup se disputent en temps réels (rating fixe) alors que les régates classiques se courent en temps compensé.

En examinant la règle de jauge IOR, on constate que le rating (MR) augmente lorsque les paramètres L et S croissent. Ce qui est logique pour un modèle archimédien (qui ne plane pas).

$$(IOR) \quad MR = 0,13 L \sqrt{\frac{S}{B \times D}} + 0,25 L + 0,2 \sqrt{S}$$

Le produit B*D exprime une image de la carène. C'est pour cette raison que (B*D) se trouve au dénominateur puisqu'il est à la fois la trainée de la carène, sa surface mouillée et l'expression par l'IOR du poids du bateau à déplacer : soit trois éléments qui freinent la capacité à avancer du bateau.

La formule prend la racine carrée et non la racine cubique de (B^*D) . Cette expression (B^*D) représente toute l'ambiguïté de la formule de la jauge IOR pour quantifier le déplacement du bateau. En effet les voiliers possédant une carène profonde, donc un déplacement lourd, possèdent une valeur de D importante, ce qui augmente l'expression B^*D et diminue le résultat MR (rating mesuré). C'est l'inverse pour un déplacement léger où les mesures aboutissant à D sont plus faibles.

Comme dans une série de bateaux qui régatent avec un rating fixe, les longueurs et les largeurs des différents bateaux sont très voisines, le paramètre D se retrouve prépondérant. Pour rétablir l'équilibre, la racine cubique du volume de la carène devrait apparaître au dénominateur à la place de ce paramètre (B^*D) .

Ce que fera plus tard la règle IRC :

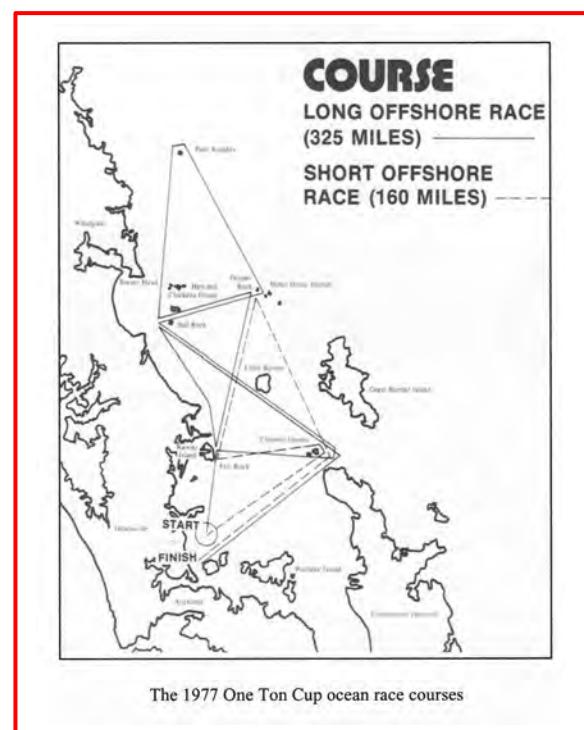
$$MR = 0.162 * (L * S^{0.5}) / (DSPL^{1/3}) + 0.25 * L + 0.22 * S^{0.5}$$

Avec la formulation IOR, les ratios voilure/déplacement et longueur/déplacement pour le rating imposé sont réellement plus favorables sur les déplacements lourds que sur les bateaux légers. Pour pouvoir exploiter 100% du potentiel de la fluidité de sa carène, un déplacement léger devrait posséder une surface de voilure plus importante que celle autorisée par le calcul du rating imposé (24.5).

(1977) Une One Ton aux antipodes... Auckland (NZ)

La One Ton suivante (1977) se déroule en Nouvelle Zélande. Un éloignement qui influe sur la participation du fait de l'inversion des saisons et du transport aux antipodes depuis l'Europe ou les USA. Seulement 14 bateaux participent à cette One Ton : 6 NZ, 4 Australiens, 1 Canadien, 1 USA, 1 Grande-Bretagne, 1 Français (Farr quillard loué).

La météo musclée qui sévit durant pratiquement les deux courses au large (160 et 325 Milles), associée à des parcours très compliqués entre les îles, rend cette Ton Cup exténuante pour les équipages et dure pour le matériel.



Ensuite, il faut remarquer que lors du Congrès de l'ORC de novembre 1976 à Londres, la question relative au crédit donné aux dérives n'a pas été évoquée, alors que tout le monde attendait que l'ITC⁵⁵ reprenne la main.

Surprise, d'autant plus que cette édition de la One Ton se dispute en Nouvelle Zélande, jardin privé de Farr, Whiting, Davidson.

On trouve ainsi sur la ligne de départ 8 dériveurs sur 14 bateaux engagés :
5 plans Farr, 1 Whiting, 1 Young et 1 Peterson.

J'emploie le terme « dériveur » afin de se démarquer de la conception initiée par B. Chance avec *Resolute Salmon*. Le choix de Chance consistait principalement à bénéficier de la détaxe donnée par la formulation mathématique du calcul du tirant d'eau corrigé par la règle IOR et de convertir cet avantage en surface de voilure et en dessinant une carène toutefois moins torturée. Compte tenu des particularités du plan d'eau méditerranéen, ce choix s'est montré payant.

A Auckland, l'architecture du dériveur arrive à maturité sur des One Ton, qui sont des bateaux d'assez grande taille. L'orientation consiste, comme Joubert/Nivelt l'ont réalisé par exemple sur *Drakkar*, à dessiner des carènes aux lignes extrêmement tendues à faible déplacement. La trainée se trouve réduite et l'aptitude à planer devient une réalité. L'option dérive autorise, aussi grâce à cette règle IOR, un tirant d'eau de 2.42 m pour le même rating recherché, alors que le tirant d'eau du même bateau (caractéristiques absolument identiques) équipé d'une quille en plomb se limite à 1.85 m ! Le dessin d'une telle dérive permet un allongement (aspect ratio) important qui, associé à une épaisseur de profil de l'ordre de 9 %, améliore le ratio portance/trainée et les performances au près.

Le concept de dériveur apparaît aux yeux de beaucoup d'observateurs comme impossible à réaliser à cause des critères de stabilité (ce critère est assez mal perçu) mais surtout parce qu'un bateau de régate en haute mer, doit être un « Keelboat », et comme son nom l'indique posséder un lest extérieur.

Rappelons que *Resolute Salmon* déplace environ 7 200 kg en navigation, contre seulement à 4 400 kg à *Jiminy Cricket* doté d'une quille en plomb rapportée. La différence de déplacement⁵⁶ se retrouve dans le creux de la carène (0.582 m pour le voilier américain et 0.383 m pour le Kiwi). Autre exemple : en 3/4Ton, *Drakkar* pèse 3 100kg comparés aux 4 800kg de *Samsara*.

⁵⁵ ITC pour International Technical Committee. Comité de l'ORC qui gère les algorithmes et donc les orientations de la jauge IOR

⁵⁶ Ce sont tous les deux des One Tonner.

En réalité, l'arrivée des dérives, c'est-à-dire de bateaux conçus sans lest extérieurs, représente la partie visible de l'iceberg quant à l'évolution des carènes. La partie cachée se trouve dans l'association de cette dérive avec un déplacement léger qui amplifie le potentiel de performances, surtout matérialisé par l'aptitude à planer. Sans oublier, que l'option déplacement léger correspond à une surface de voiles plus réduite et à une moindre surface mouillée. Le faible déplacement permet aussi à l'équipage de décoller les formes arrière de la carène en jouant sur l'assiette longitudinale et ainsi réduire la surface mouillée.

Le bateau devient aussi plus facile à gérer, car soumis à des sollicitations mécaniques plus faibles. La poutre navire s'allège, comme le gréement, les échantillonnages, et le prix du bateau diminue.

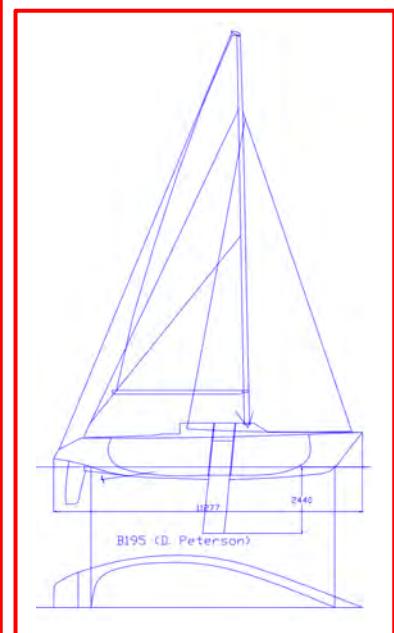
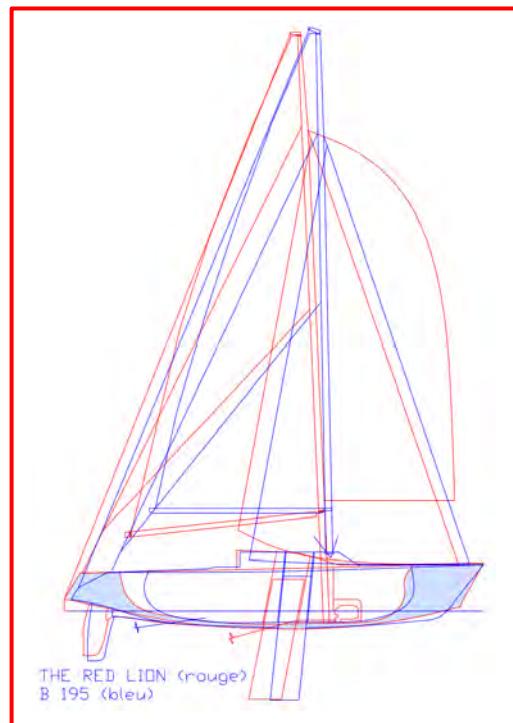
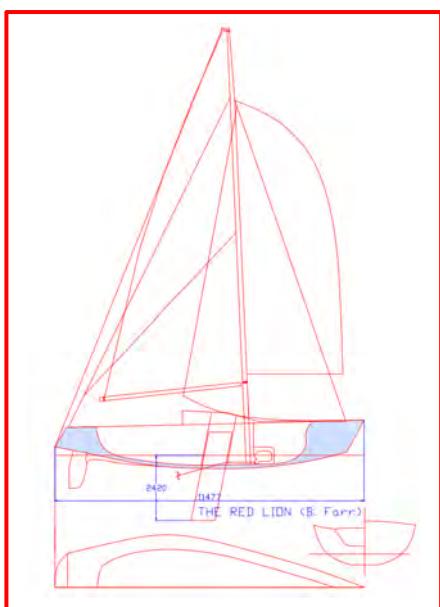
Cette option représente la voie du futur mais sur une route difficile, remplie d'obstacles.

Autant le dire immédiatement, cette One Ton de 1977 aux Antipodes se traduit par une suprématie sans partage des dériveurs. Ils trustent les 6 premières places, avec 3 plans Farr sur le podium dont *The Red Lion* (1^{er}) et un dessin Peterson, *B195*, à la 4^{ième} place puis un plan Young et encore un Farr...

Le dessin de *B 195* est intéressant car il montre que Peterson peut se convertir rapidement au concept de déplacement léger et évidemment en version dériveur. Mais contrairement aux bateaux dessinés par Farr, bien fiabilisés et armés par des équipages hyper entraînés, *B 195* est mis à l'eau tardivement et manque sérieusement de préparation.



	THE RED LION (Bruce Farr)	B 195 (Doug Peterson)
LHT	11.48 m	11.28 m
DWL	8.91 m	9.09 m
Bau Maxi	3.84 m	3.73 m
Tirant d'eau	2.42 m	2.44 m
Déplacement	4151 kg	4082 kg
Lest intérieur	1860 kg	1995 kg
Hauteur capelage (I)	12.02 m	12.04 m
Base Triangle AV (J)	3.6 m	3.84 m
Guindant GV (P)	13.02 m	13.03 m
Bordure GV (E)	5.19 m	4.69 m



THE RED LION

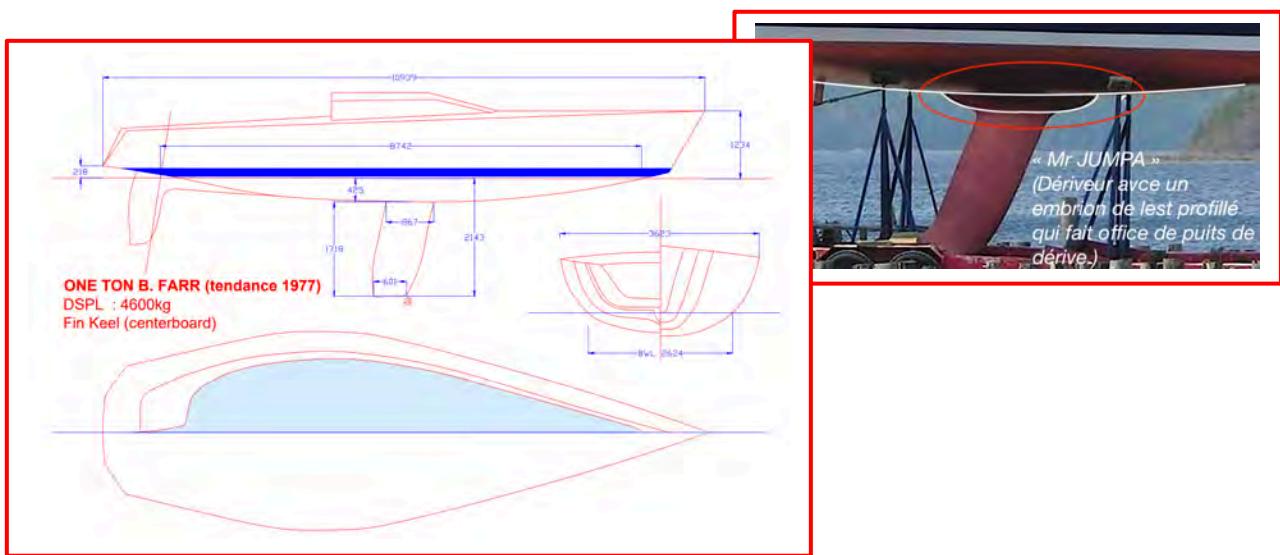


Mr JUMPA (Bois moulé type « commode LOUIS XV »)

ONE TON AUCKLAND 1977:
 1^{er} **THE RED LION** 2^{ième} **Mr JUMPA** 3^{ième} **SMIR-NOFF-AGEN**
 Tous les trois dessinés par B. FARR.

Durant la période des contrôles préliminaires à cette One Ton Cup, un conflit se développe au sujet des 8 bateaux équipés de dérives. L'ORC et le Cruising Yacht Club of Australia (CYCA) s'interrogent au sujet de ces configurations en dériveur. Non pas vis-à-vis de la jauge, mais par rapport aux risques de chavirage.

Ils assimilent ces bateaux à des dériveurs qui naviguent en baies fermées, et pensent que cela va se traduire par une hécatombe lorsque ces voiliers navigueront au large, confrontés à une mer désordonnée et à des vents forts.



On peut d'ailleurs se demander pourquoi le CYCA intervient dans une compétition organisée par les instances nationales néozélandaises qui agissent au nom de l'ORC.

Cette One Ton se déroule début novembre (c'est l'été dans l'hémisphère austral), un mois et demi avant le départ de Sydney-Hobart. Or, les Australiens apparaissent toujours très tendus lors de l'organisation de Sydney-Hobart à cause de la traversée souvent « musclée » du détroit de Bass.

Ce détroit est un bras de mer qui sépare le Sud de l'Australie de la Tasmanie (port d'Hobart) et qui jouxte l'océan Indien. La navigation dans cette partie du parcours, soumise très souvent à des conditions de vents (effet Venturi), de mer et de courants forts sur des fonds peu profonds (50 mètres), sur une distance de 80 à 100 milles, ne manque pas d'inquiéter le CYCA quant au comportement de ces dériveurs dans le mauvais temps.

Alors, comme souvent, l'Australie décide d'écrire ses propres règles. L'autorité australienne (CYCA) impose une épreuve de stabilité complémentaire à celle imposée par l'IOR. Ce test consiste à lever un poids appliqué au capelage de l'étai, alors que le bateau est gité à 90°. La valeur de ce poids utilise une formule peu scientifique concoctée par l'Autorité Australienne. Il faut aussi prendre en compte, à la décharge du CYCA, qu'en 1977, seul l'architecte a réalisé (normalement) un calcul de stabilité théorique basé sur son devis de poids avec un tracé de la courbe de stabilité. Aucun pays impose une mesure réelle de la stabilité pour les bateaux de plaisance. Les règlements de sécurité de l'ORC imposent simplement que les bateaux doivent être « Self-Righting ».

En 1977, les carènes ne sont évidemment pas numérisées (3D). Ce qui pose le problème du calcul de la masse⁵⁷ installée en tête de mât. Un vrai calcul de cette masse dépend des formes volumiques du bateau. Faute de formes 3D, une méthode de calcul empirique est appliquée. Très aléatoire, elle conduit à des résultats peu exploitables. Dans la formule utilisée on remarque par exemple que le DSPL (volume du bateau), n'apparaît pas dans le calcul.

En réalité, ce n'est pas tant l'avantage en rating qui ennuie les Australiens, mais l'éventuel manque de stabilité de ces dériveurs et le risque de chavirage, impossible à détecter par la mesure de stabilité IOR. Tous ces débats et initiatives apparaissent très confus, car les protagonistes confondent une mesure de la stabilité initiale aux faibles angles (par la jauge IOR) dont l'objectif est d'évaluer le potentiel de chaque bateau à porter de la surface de voiles (facteur de vitesse) avec la position réelle du centre de gravité du bateau qui détermine l'angle de chavirage (Avs).

A ce jeu, un « keel boat » équipé d'un lest extérieur peut posséder le même Avs qu'un dériveur et donc se retrouver dans les mêmes conditions de risque vis-à-vis d'un éventuel chavirage. Seule une réflexion générale sur ce sujet du chavirage pourrait permettre d'imposer un angle Avs raisonnable. Cette analyse n'est pas encore à l'ordre du jour.

D'ailleurs le CYCA, en imposant ce test uniquement aux dériveurs, met en évidence l'idée préconçue et très largement répandue qu'il n'a aucune raison de suspecter le manque de stabilité des voiliers quillard.



⁵⁷ Masse en Kg = $1.6 * ((L * B^2) + (P - D/2) * (5 * P - 110) + 35 * R) / (1 + 0.67 * D)$

L'ordre de grandeur obtenu varie de 140 à 160 Kg pour un dériveur à déplacement léger. Les paramètres L, B, D, P, R sont pris dans le certificat IOR.

Mais comme toujours dans ces types de conflits, les raisons sont plus obscures. Pour les Australiens, les régates qui se déroulent à Auckland montrent que la direction de l'ORC et son bras armé l'ITC semblent avoir perdu le contrôle des dessins des bateaux. D'autres que les Australiens s'accordent sur cette même idée, partant du principe qu'un bateau sain, sûr, doit être à déplacement lourd et que la mission de l'IOR consiste à préserver ces fondamentaux.

Le bateau dessiné par Chance a surpris, mais respectait cette philosophie malgré sa quille relevable. L'ingéniosité de Farr, avec *45°South*, marque déjà les esprits lors de la Quarter de Deauville. Simultanément l'intrusion de Whiting, Davison, Berret, Joubert/Nivelt, Jezequel avec des bateaux de plus en plus légers et radicaux, apparaît comme responsable de ce dévoiement architectural.

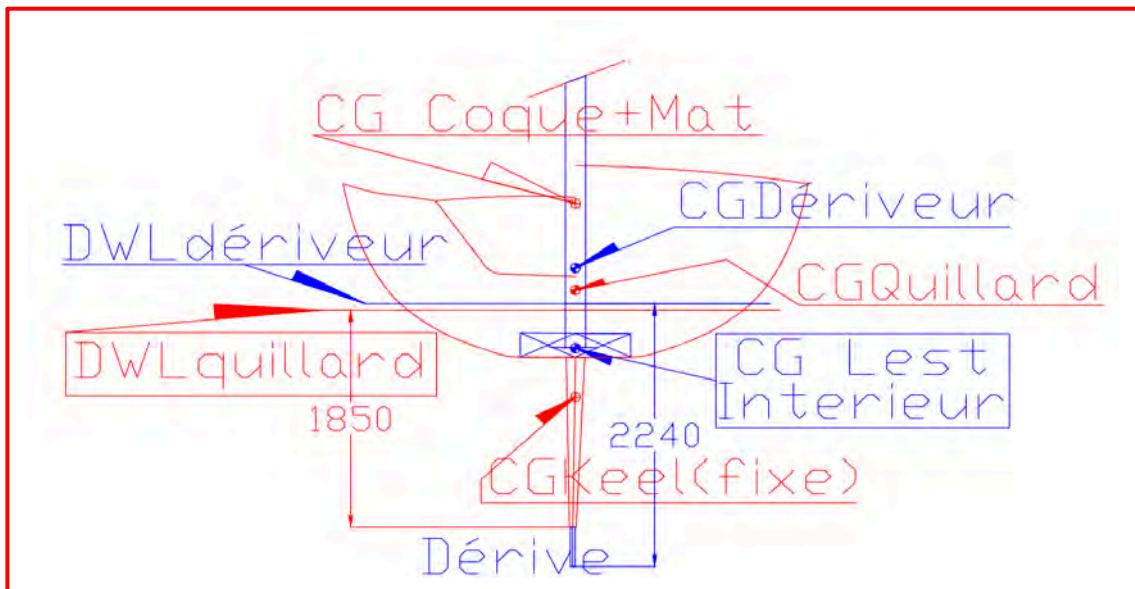
Ajoutons à cette situation que la présence de 8 dériveurs au départ de cette One Ton ressemble à une sorte de provocation générationnelle. En effet, pour beaucoup d'architectes, de skippers, de propriétaires, un gréement fractionné (7/8) avec son faible échantillonnage, ses doubles bastaques et sa souplesse, associé à une grand-voile volumineuse génère des bateaux de moins en moins sûrs pour des courses au large. Sous-entendu aussi que le planning équivaut à naviguer sur un toboggan fatal.

Quelle est la réalité sur l'évolution verticale de la position du CG entre un quillard et un dériveur ?

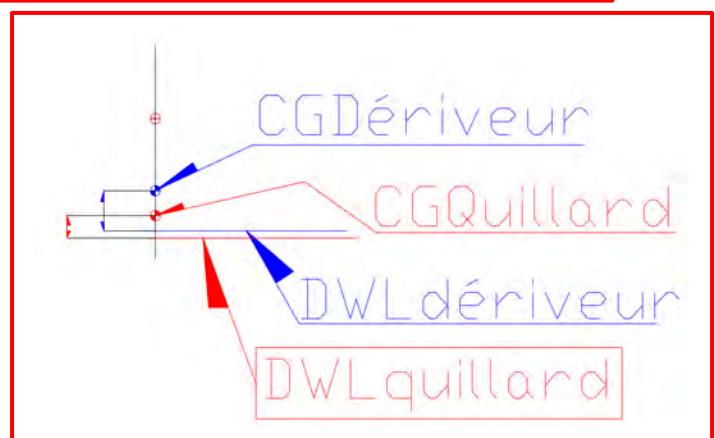
Les résultats obtenus en utilisant le modèle 3D du bateau et un logiciel de calculs montrent effectivement une élévation du CG dériveur, malgré une augmentation du déplacement.

Pour les quillards IOR, les architectes partagent déjà en deux parties le lest nécessaire à la mise en assiette prévues lors de la conception :

- La quille en plomb trapézoïdale extérieure et
- Un ballast intérieur sous forme de gueuses utilisées pour enfoncer le bateau sur le nez (mesure du creux avant plus favorable lors de la jauge), et obtenir la stabilité qui correspond au TCC IOR minimal. Cela permet aussi des épaisseurs de profils de quille (9 à 10% de la corde) plus performants (portance).



Finalement, tout ce bruit au sujet de la stabilité des dériveurs et de leurs dangersités potentielles, ressemblait fort de la part des instances australiennes à une pression sur l'IOR et son bras armé l'ITC pour écarter les dériveurs des courses au large.



Revenons à cette One Ton Cup de 1977 qui se dispute dans le nord-est d'Auckland en 5 manches composées de trois parcours côtiers ou olympiques, une course moyenne de 160 milles et une grande course de 325 milles.

Dire que les One Ton dériveurs ont survolé ce championnat est un euphémisme. Ils ont tout simplement remisé les dessins classiques dans la classe Vintage.

Avec des vents médium (15 à 18 noeuds), les moyennes sur l'ensemble des bords de près et portant flirtent avec les 10 noeuds. Durant les cinq courses, le vent est au rendez-vous. Le départ de la grande-course (325 milles) est donné par force 7 établi et se renforce jusqu'à des rafales à 40 noeuds dans une mer très forte du fait des courants violents opposés au vent. Les bateaux, les voiles souffrent beaucoup (les équipiers aussi), occasionnant pas mal de casse. Trois bateaux abandonnent.

Toujours est-il que les varangues, les bordés, les mâts et les voiles encaissent de rudes épreuves durant ces navigations. Notons que *Smir-Noff-Agen* tentera de naviguer sous spinnaker par plus de 40 nœuds et une mer creuse... L'expérience dure 2 minutes et se termine mât et spinnaker dans l'eau. Le bateau (Farr, version dériveur) se redresse, l'équipage fait le ménage et termine la grande-course plus sagement.

On peut regretter que le transport des bateaux en NZ ait été aussi onéreux et compliqué, d'autant que la 3/4 Ton se disputait au mois d'août précédent déjà en NZ. Toujours est-il que l'architecture IOR/déplacement léger en mode dériveur impressionne.

L'idée de bateaux équipés uniquement de dérives, disparaît définitivement après cette One Ton car les nouvelles contraintes imposées par l'IOR rendent impossible de conserver le niveau de performances atteint à Auckland (avec l'aide des algorithmes IOR). Mais rien n'est jamais perdu, car tout ce travail et ces recherches ouvrent une porte vers des dessins de carènes permettant d'améliorer à la fois les performances, la gestion physique des bateaux et la diminution des échantillonnages.



Acte 27 : L'expectative

Régater aux quatre coins de l'hémisphère avec des bateaux de 12 mètres (ou même avec des Half ou des Quarter Tonner) limite les participations et rend difficile l'observation de l'évolution de l'architecture des bateaux, puisque les pays hôtes sont surreprésentés.

L'Europe regroupe globalement le plus grand nombre de concurrents potentiels dans sa zone de navigation. Ce qui se traduit par des nouveaux dessins.

En 1978, la One Ton Cup se déplace à Flensburg (RFA) à la frontière entre l'Allemagne et le Danemark. Trois architectes français présentent des bateaux nouveaux :

- Briand avec un dessin extrapolé du 3/4 Ton *Côte de Beauté*, et construit en alliage d'aluminium (Chantier Pouvreau à Vix- 85).
- Berret propose deux bateaux, dont *Tapacenbal* construit en bois moulé à Paimpol.
- Joubert/Nivelt dessinent un One Ton à quille relevable (l'avantage de ce type de quille est encore d'actualité pour un ou deux ans suivant le bon vouloir de l'ORC). Deux exemplaires de ce modèle sont construits en bois moulé mais avec des procédés un peu différents. Un des bateaux, construit en Suisse, présente la particularité d'avoir la coque structurée par des membrures en aluminium, l'autre, *Gregal*, construit chez Pichavant, conserve les structures transversales en bois moulé et contreplaqué marine.

Holland (1^{er} et 2^{ième}) et Farr (3^{ième}) se partagent le podium. Les Français se placent 6^{ème} (*Bermudes* - Briand), 8^{ème} (*Gregal* - Joubert/Nivelt) et 11^{ème} (*Tapacenbal* - Berret)

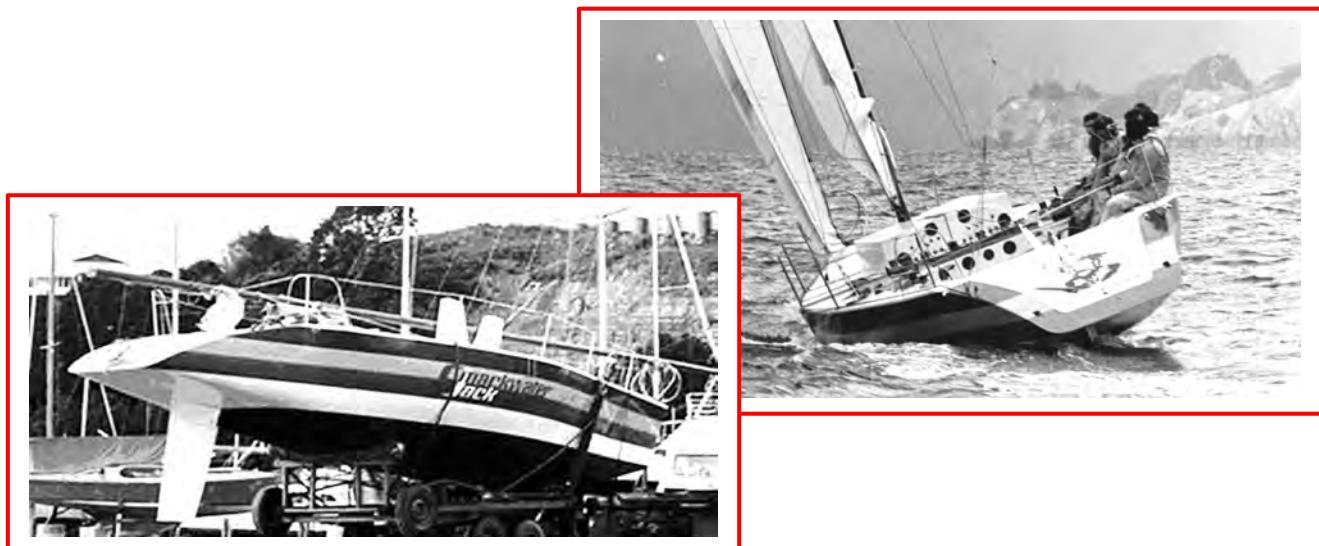
L'équipage Danois s'impose avec *Tilsag*, qui s'avère un excellent bateau aux formes très classiques propres à Holland, et bénéficie de leur parfaite connaissance du plan d'eau parsemé d'îles et de chenaux qui compliquent les régimes de vent.

Ce dessin de Holland toujours très classique reste très éloigné des formes arrière des bateaux de Farr, Davidson, Whiting ou Peterson.

La comparaison entre les formes arrière de *Smackwater* dessiné par Whiting, dont la carène est une des plus extrêmes de l'époque IOR avec le dessin de *Tilsag* met en évidences ces deux styles architecturaux.



« *Tilsag* » dessiné par Ron Holland



La décision de l'ORC, de supprimer l'avantage donné aux dérives, rebat les cartes. L'épopée de l'hémisphère sud ne se reproduit pas en 1978 à Flensburg (RFA).

Le retour des carènes classiques (à déplacement lourd) sur les podiums n'existe que parce que les taxations des carènes planantes par l'IOR ne sont pas sauvables. Cette règle est tellement corsetée qu'elle ne permet plus d'améliorer en vitesse les dessins de ces déplacements légers. Un changement de paradigme devient nécessaire pour que l'architecture des bateaux franchisse alors la marche qui débouche réellement sur un bond en avant de la vitesse. Pour que cela se produise il faut attendre presque deux décennies.

La radicalité n'étant pas possible, la communauté de la Course s'oriente alors vers le compromis avec des déplacements modérés certes plus fluides et des gréements fractionnés qui se stabilisent au 9/10^{ème}.

Le gréement fractionné (7/8^{ème}) que l'on retrouve sur les petites classes (Quater, Half, 3/4 et One Ton) utilise un léger avantage donné par la règle IOR pour le calcul de la surface de la Grand-Voile. En effet, le coefficient 0,55 de la formule usuelle du calcul de la surface de la grand-voile triangulaire est remplacé par 0,35. La longueur des lattes étant limitée, ainsi que celle des têtières, les ronds de chutes sont obligatoirement minimaux, ce qui produit sensiblement un triangle rectangle.

L'objectif de cette décision est de limiter la tendance des dessins des plans de voilure en tête de mât, où les architectes optimisent l'allongement (aspect ratio) de la grand-voile, donc ses performances aérodynamiques.

Cela se traduit par des tirants d'air de plus en plus importants avec évidemment des gréements dormants qui suivent. Une limite apparait rapidement sous la forme du poids du tube, mais surtout du gréement qui représente un volume d'acier (la densité du Rod étant de 7.8, un hauban en Rod de 14mm et 30 m de long pèse 37 kg sans les ferrures et les ridoirs) : ce qui diminue la stabilité.

Sans l'invention des tubes et gréements carbone, aucun maxi de 100 pieds (30.48m) avec 42 mètres de mât et de gréement n'existerait.

Les plans de voilure IOR s'orientent ainsi vers une voile d'avant motrice (le corps de l'aile) et un volet arrière, la GV, réglable en incidence et cela toujours dans le but de faire du près serré.

Les petits bateaux tournent le problème à l'envers. Ils avancent le mât et compensent en augmentant la longueur de la bôme : ce qui se traduit par des grand-voiles plus volumineuses et des doubles bastaques... nécessaires au contrôle du cintrage du mât.

Traduction en m² pour un Swan 44 (TE 2.32) de 1977 :

Gréement en tête

GV Réelle : 40.04 m ²	Génois maxi : 75.7 m ²	Total en navigation : 115.7 m ²
GV Jauge : 25 .48 m ²	Génois maxi : 75.7 m ²	Total en navigation : 101.2 m ²
Différence 14.5 m ² soit 12.5%		
Ratio voilure/déplacement : $(101.2^{0.5}) / (12700^{0.33}) = 0.431$		

Traduction en m² pour un Half-tonner de 1978 :

Gréement 7/8

GV Réelle : 25.57 m ²	Génois maxi : 46.73 m ²	Total en navigation : 72.30 m ²
GV Jauge : 16.20 m ²	Génois maxi : 46.73 m ²	Total en navigation : 62.90 m ²
Différence 9.4 m ² soit 13 %		
Ratio voilure/déplacement : $(62.9^{0.5}) / (2700^{0.33}) = 0.570$		

Acte 28 : la culture Anglo-Saxonne : l'Admiral's Cup

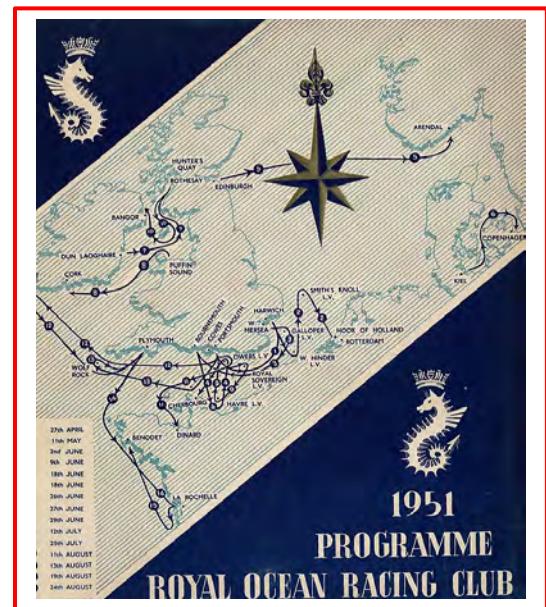
Comme nous l'avons précédemment évoqué, la transition de la jauge RORC (50 années de règne) vers l'IOR concerne principalement les architectes de culture anglo-saxonne.

Cette hégémonie de la culture architecturale anglo-saxonne ne date pas de cette période de transition. Elle se superpose, pour une grande moitié du début du 20^{ème}, à la puissance maritime du Royaume-Uni sur les mers du globe et sur ses places coloniales.

Le RORC, fondé par des Officiers de marine, suit cette histoire coloniale. Ainsi, plusieurs générations de membres du RORC essaient l'art de la régate dans tous les ports stratégiques sous pavillon britannique et diffusent tout naturellement la Jauge RORC puis celle de l'IOR, bien que la jauge IOR corresponde à l'époque postcoloniale de la Grande-Bretagne.

En Europe, comme sur la côte Est des USA, le modèle du club britannique avec sa structure sociologique perdure d'autant plus facilement que le Yachting reste un sport de classe et de propriétaires fortunés.

Dès 1951 (et même avant la Ww2) le programme annuel des courses Offshore organisées par le RORC constitue le programme européen des régates internationales. Certes, il existe la Bermuda Race, Sydney Hobart et quelques autres compétitions, mais le lieu d'échanges se situe à Cowes pour les régates et à Londres pour les décisions.



La création de l'Admiral's Cup en 1957 par le RORC procède de cette volonté d'être le pôle mondial des régates offshore.

L'Admiral's Cup reflète parfaitement, pendant toute la période des jauge RORC et IOR, l'évolution d'une architecture qui s'appuie exclusivement sur les propriétaires et leurs architectes. Il existe d'ailleurs souvent une solide relation de fidélité entre le propriétaire et son architecte.

L'Admiral's Cup, c'est d'abord 14 ans d'architecture sous influence conservatrice de la Jauge RORC, puis 23 années avec la Jauge IOR.

Durant ces 23 années, l'Admiral's Cup devient le championnat du monde biannuel de la Course au Large.

Jusqu'à 19 équipes nationales de 3 bateaux se sont confrontées dans le Solent pendant la première quinzaine d'août en même temps que la Cowes Week ou régatent 600 à 800 bateaux.

Couru sous l'égide du très sélect Royal Yacht Squadron créé en 1815, l'évènement rassemble, en plus des régatiers, le yacht royal *Britannia* (en service de 1957 à 1997) et les « mamy » anglaises assises dans leurs fauteuils pliants sur Queen's Road ou Egypt Point, accompagnées de l'incontournable thermos de thé, pour ne rien rater du magnifique spectacle des bateaux en régate dans le Solent.

L'Admiral's Cup devient, avec l'entrée en vigueur de l'IOR et l'arrivée d'une nouvelle génération d'architectes aguerris par les Ton Cup, une excellente vitrine des recherches architecturales et de l'innovation dans l'accastillage. Précisons que le financement de ces agapes véliques est complètement assuré par les propriétaires.

Les nouveaux matériaux disponibles, autrement plus performants que ceux dont on disposait à la fin des années 70, favorisent aussi beaucoup la mise en œuvre de ces idées.

L'apogée de l'Admiral's Cup se situe autour du milieu des années 80. Elle se calque sur l'influence de la Jauge IOR dans le monde. L'arrivée de la publicité (Sponsors) et celle des équipages réellement professionnels perturbent les habitudes des propriétaires et peuvent parfois choquer.

La France participe, avec les USA et les Hollandais à toutes les éditions, sauf à la première en 1957. La France se place deux fois sur la troisième marche du podium en 59 et 93 et gagne brillamment en 1991 avec les « Corum Boys ».

L'idée originelle du RORC lors de la création en 1957 de Admiral's Cup, se résume à un face à face direct entre les Britanniques et les Américains (sur un mode qui rappelle celui de l'America's Cup du 19^{ème} siècle). Après une première confrontation en Manche (la Channel Race), les deux équipes de trois bateaux s'affrontent dans le Solent durant la Cowes Week et achèvent l'Admiral's Cup par la course du Fastnet, longue de plus de 600 milles avec le contournement du fameux « caillou » situé à vue de la côte SW irlandaise.

2. Miller Kaufman Nicholson-Brown Gwynnolds	1989 G.B. JAMARELLA JUNO INDULGENCE	GOLD CORP. KIWI PROPAGANDA 1991 FRANCE. CORUM SAPPHIR CORUM RUBIS CORUM DIAMANT
Carter Nye Watson ster n. E. Heath Watson seil. Schumann nheim. Anney A. Ainslie enitez.	1993 GERMANY. CONTAINER RUBIN XII. PINTA.	M. Canning P. Walker Barry Tatham A. Gray M. Pascoek G. Walker R. Del Bono Corum Sailing Ltd. L. Dewulf U. Schutz H.O. Schumann W. Illbruck
	1995 ITALY	Rinaldo Del Bono Pasquale Landolfi Pantò Gaia
	CAPRICORNO BRAVA Q8 MUMM A/MIA	Vainqueurs Admiral's Cup Affichage au Royal Yacht Squadron (Cowes)

Lors de la première édition (Jauge RORC) *Myth of Malham*, *Jocasta* et *Uomie* forment l'équipe anglaise pour affronter les trois bateaux US : *Carina*, *White Mist*, *Figaro*, préalablement jaugés CCA.

Les 3 bateaux US ne possèdent pas de jauge RORC et doivent donc être remesurés à Cowes par des jaugeurs anglais qui tiennent les deux extrémités du mètre...

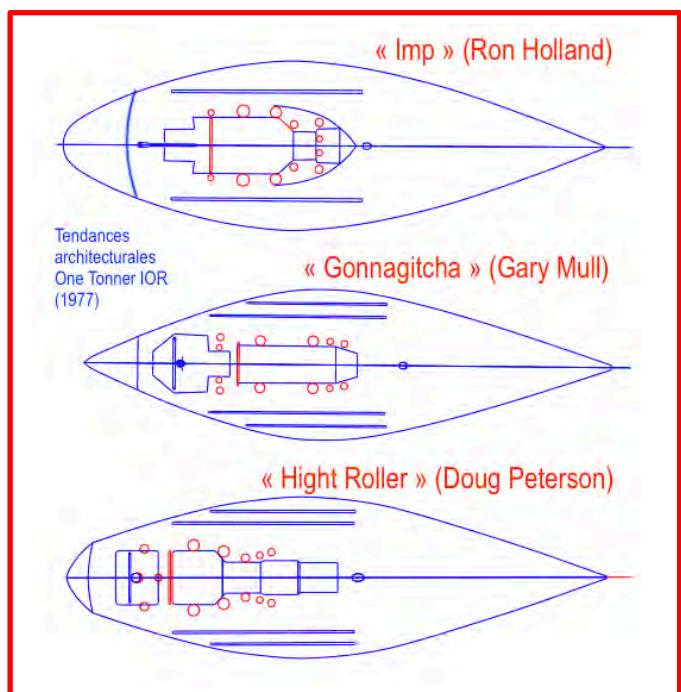
Quelque peu surpris par les TCC attribués par le Rating Office du RORC, les propriétaires américains réagissent quand même (l'Angleterre gagne), mais ils boycottent la seconde édition de l'Admiral's Cup prévue en 1959.

Le RORC, modifie alors le format de l'Admiral's Cup afin de l'ouvrir à toutes les équipes nationales de 3 bateaux. Une équipe hollandaise et une équipe française s'inscrivent en 1959.

La France termine troisième, victime d'une casse matérielle et de son abandon suite au mauvais temps durant le Fastnet. En s'ouvrant à tous les pays, la deuxième édition marque le véritable début de l'Admiral's Cup.

Après l'introduction de l'IOR en 1971, l'Admiral's Cup connaît une renommée mondiale pour devenir « The Event » biennuel. En 1979, de sinistre mémoire à cause de la tempête qui traverse la flotte en mer celtique, on recense 19 équipes de 3 bateaux à Cowes. La revue Yachting World évalue alors à 20 millions de Pounds (22 M€ en 2022) le parc de bateaux concurrents inscrits à cette édition. Ce qui n'est pas rien...

Mais cette affluence génère d'importantes contraintes techniques d'organisation à terre, la marina de Cowes devant faire face notamment à de très nombreuses demandes de manutentions. Les difficultés apparaissent aussi en mer. L'époque où l'Admiral's Cup s'intégrait relativement paisiblement parmi les 800 bateaux de la Cowes Week et faisait le spectacle paraît révolue. Toutes ces contraintes se traduisent par une augmentation rapide des coûts et conduisent le RORC à bousculer les traditions.



Ce retour de la réalité économique se traduit par l'arrivée d'un sponsor d'épreuve et la transformation du nom de l'évènement en Champagne Mumm Admiral's Cup. Pour une première fois dans ce monde très fermé du Yachting Anglo-Saxon, une entreprise commerciale, qui plus est française (mais c'est du Champagne), assure une partie du financement de l'organisation de la compétition. La course open, notamment en France sera un incubateur de ce développement, au grand dam de la fédération internationale (World Sailing de l'époque) qui rivalise en interdictions pour éliminer les noms publicitaires sur les coques et/ou les voiles des bateaux.

Rapidement World Sailing revient à la réalité et autorise ce type de publicité moyennant une taxe, non négligeable payée par chaque bateau. Le comble sera que World Sailing publie une règle qui accorde aux organisateurs le droit de disposer des deux ou trois mètres des œuvres mortes situés à l'étrave des bateaux, pour afficher le ou les noms des sponsors de l'épreuve.

Le RORC se trouve alors rapidement confronté à l'arrivée d'équipiers professionnels (quelque peu mercenaires) payés par les propriétaires. Pour cette institution, cela représente un sérieux caillou dans la chaussure. Bien que cette pratique existe depuis très longtemps, le monde du yachting se cache derrière son petit doigt et ne parle que de compétiteurs amateurs. Il devient donc nécessaire d'endiguer cette dérive. Le RORC impose alors qu'au moins la moitié de l'équipage soit résident ou ressortissant du pays compétiteur. Cette règle interdit finalement à certains pays d'être présent à Cowes.

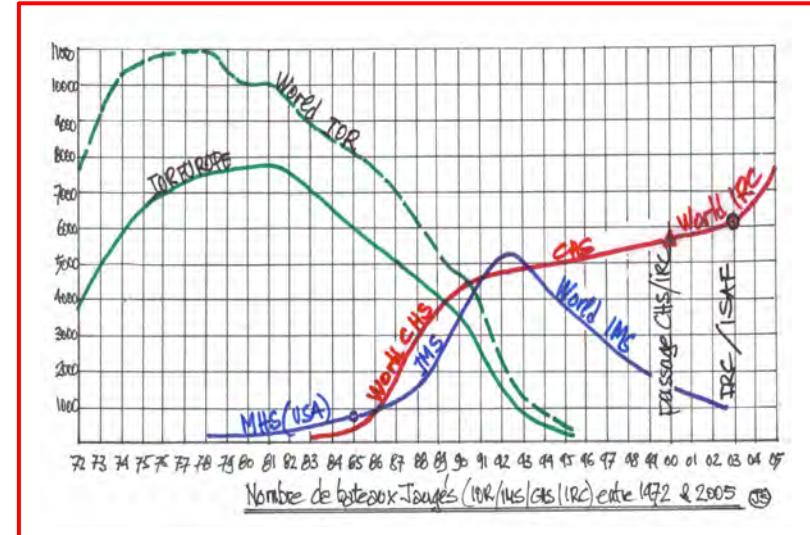
Cette réduction des effectifs s'explique aussi par l'inflation des technologies qui se répercute sur les coûts de construction, sur le budget voiles (composition de panneaux Dacron, Pentex et Kevlar), et sur les dépenses de logistique et d'entraînement des équipages (Il y a déjà un certain temps que l'on ne dort plus sur les bateaux). D'une moyenne de 17 à 19 équipes entre 1971 et 1981/83, l'Admiral's Cup voit le nombre d'entrées chuter à 14 puis à 8 voire 7.

Afin de redonner un nouveau souffle à l'épreuve, le RORC décide en 1990 d'imposer un nouveau format pour les équipes, entraînant une diminution de la taille des voiliers. Désormais, chaque équipe doit se composer d'un One-Tonner, d'un Two-Tonner et d'un 50 pieds. Décision, dictée par l'élitisme et l'aura sportive de haut niveau qui enveloppe au fil des années l'Admiral's Cup.

Avec ce choix, le RORC oublie que le monde des One Ton et des Two Ton, certes des voiliers hyper performants, reste très restreint.

Cette décision se retourne contre le RORC, car beaucoup de pays ne possèdent pas de one tonner ni de two tonner. Tout au plus, existe-t-il une quinzaine de one tonner et une toute petite dizaine de two tonner compétitifs dans le monde.

Pourtant, au milieu des années 80, près de 8 000 bateaux sont jaugés IOR (800 en France !!). Toutefois, les ratings ne sont pas orientés vers des bateaux de Ton Cup à rating fixe qui demandent des investissements financiers très élevés.



Conséquence : seulement huit équipes s'inscrivent en 1991, le plus bas niveau en nombre d'inscrits depuis l'Admiral's Cup de 1965. Et encore en 1965, la courbe de participation était ascendante, alors qu'en 1991, cette courbe plonge. Paradoxalement, le faible nombre de participants (24 bateaux au total) n'entache pas le niveau technique des régates. Au contraire, l'élitisme des équipages associé à la technicité des bateaux (dans chaque équipe il y a un One Tonner et un Two Tonner) produisent une édition de très haut niveau et très intéressante pour les connaisseurs.

En 1993, la Champagne Mumm Admiral's Cup sera le dernier événement à utiliser la règle IOR et cela après 23 années d'utilisation durant lesquelles le format de régates ne change pratiquement pas. Pourtant, déjà en 1983, en remplaçant les parcours dans le Solent au milieu des participants à la Cowes Week, par des parcours construits à l'entrée des Needles ou devant Ryde, l'Admiral's Cup avait déjà abandonné quelque peu son côté spectaculaire.

Après 1997, la descente aux enfers commence, le nombre de bateaux atteint péniblement 7 nations. La nouvelle jauge ORC/IMS qui remplace l'IOR loupe complètement son implantation mondiale : ce qui conduit le RORC à incorporer des monotypes dans les équipes. Le format de trois semaines de courses est alors réduit à deux semaines, puis à deux bateaux par équipe et enfin l'Admiral's Cup devient une course entre des Clubs en remplacement des nations. L'Admiral's Cup s'éteint avec le siècle.

Bilan : 15 Admiral's Cup se disputent durant les périodes RORC puis IOR avec les résultats suivants :

Durant les années fastes, l'engouement est si fort autour de l'Admiral's Cup, que beaucoup de propriétaires franchissent l'Atlantique après avoir participé aux régates du SORC en février à Fort Lauderdale et Key West.

Sans oublier la clôture la saison avec la Sardinia Cup à Porto-Cervo.

Quelques propriétaires programment aussi Sydney-Hobart : ce qui sous-entend 10 000 milles en cargo.

Tout cela représente l'âge d'or d'une certaine conception de la course au large.

Et l'Équipe de France dans ce monde de culture maritime Anglo-Saxonne ?

Comme on l'a vu précédemment l'équipe de France participe à toutes les Admiral's Cup depuis la 2^{ième} édition. Malgré ce record de participation, la formation d'une équipe homogène, soudée, clef de voûte de la victoire, reste hors de portée des tricolores. Certes des victoires individuelles mettent en valeur les propriétaires, les équipages et les architectes, mais elles restent des performances isolées.

Révolution participe à quatre Admiral's Cup ce qui représente déjà un exploit, gagne la Channel Race lors de deux Admiral's Cup, et se place brillamment dans les différents Fastnet.

En 73 et 75 l'Équipe de France termine 7^{ième} /16 et 10^{ième} /19, le meilleur résultat 6^{ième} / 18 est obtenu en 1977.

En 79, la sélection française comprend toujours *Révolution*, associé à *Jubilé VI*, plan Peterson (Two Tonner) construit en 1975 et à *Accanito*, plan Joubert/Nivelt, déplacement léger équipé d'un des deux seuls gréements au 7/8 dans cette flotte d'Admiralers de 79.

Paradoxe ou nouvelle jeunesse, « *Révo* » se place 7^{ième} au classement individuel de l'Admiral's Cup 79... Lors de cette édition, endeuillée par les pertes de vies humaines consécutives à la dépression qui a balayé la flotte en mer

PAYS	Nombre de victoires
GRANDE-BRETAGNE	5
ALLEMAGNE	4
AUSTRALIE	1
NOUVELLE ZELANDE	1
FRANCE	1
ITALIE	1
USA	1
HOLLANDE	1

celtique, la casse des équipements, et principalement les mèches de safrans frappe beaucoup de bateaux. Déjà lors de la « Channel », *Morning Cloud* abandonne sur rupture du safran, puis lors du Fastnet ce sera le tour de l'équipe Irlandaise dont deux bateaux abandonnent pour la même cause.

L'innovation avec les mèches en carbone paraît alors manquer sérieusement de mise au point. Au final les australiens gagnent et montrent qu'ils s'accommodent très bien de ces conditions de navigations très difficiles avec *Police Car*, *Impetuous* et *Ragamuffin*.

Police Car est un 42'pieds à déplacement medium et gréement 7/8 dessiné par Dubois et construit en aluminium. Ses lignes d'eau très fluides l'orientent pour les allures portantes. Il innove aussi par son accastillage, notamment avec l'introduction originale d'une écoute de grand-voile double, contrôlable aussi bien à bâbord qu'à tribord. Ce système devient rapidement universel.



« *Police Car* » dans le Solent lors d'une Inshore à l'AD' Cup 1979

Quatre années plus tard l'Admiral's Cup de 1983 est brillamment remportée par une équipe d'Allemagne composée de deux bateaux au rating minimal (30.0ft IOR), *Outsider* et *Sabina*, et de *Pinta*, un 43 pieds dessiné par Judel/Vrolijk (*Pinta* est le sistership de *Container*). Stratégiquement, les petits airs de la Channel Race et du Fastnet favorisent les petits ratings. Finalement l'équipe allemande devance l'équipe italienne, deuxième et celle des USA.

L'équipe de France Admiral's Cup 83, se compose de *Diva* (30.5 pieds IOR), nouveau bateau du team Pascal Faure/Bernard Moureau, de *Passion*⁵⁸ (32.0 pieds IOR) et d'*Ossian* (32.4ft IOR), dessiné par Peterson (ex- *Mea Culpa*).



⁵⁸ *Passion* est un dessin de Joubert/Nivelt pour Alain Forgeot, construit au chantier Hervé, pour la Two Ton Cup programmée au Havre (elle sera annulée).

Diva reprend la philosophie des formes arrière tendues déjà expérimentées par Joubert & Nivelt sur des bateaux comme *Accanito*. La coque est un peu plus courte, bien que ce soit un One Tonner (39 pieds), mais surtout l'infexion de la courbe qui conduit à la voûte, se situe au-dessus de la fin de la flottaison statique afin de réduire la surface mouillée et ainsi améliorer les performances dans le petit temps. Ajoutons le travail approfondi sur les formes avant, qui augmente le déplacement IOR (pour le calcul), bien que *Diva* possède le plus faible DSPL de la flotte des Admiralers (1983). Ce choix des formes avant plus prononcées améliore normalement aussi le passage dans le clapot.

Quelques paramètres de *Diva* :

Coque

LOA = 12.085 m

LBG (entre la chaîne avant FGS et la chaîne arrière AGS) = 9.887

B (IOR) = 3.707 m

GD = 0.741 m (GD représente la différence entre la mesure du pourtour de coque en AGS et 0.75*B.)

En fait, GD évalue le volume de la forme arrière du bateau à la fin du pont de travail. Ce point est facilement identifiable sur tous les bateaux avec l'implantation du balcon arrière.



Déplacement (DSPL) :

Évaluation du creux avant et milieu : FDI = 0.410 m et CMDI = 0.512 m

L(IOR) = 10.13 m (évaluation en fonction des élancements de la longueur à la flottaison dynamique par l'IOR)

BWL = 3.015 m

D = 1.219 m DSPL = 5592 kg

CGF = 0.9701

Gréement / Voiles :

I = 14.68 J = 4.30 P = 15.59 E = 5.45 S(IOR) = 8.96 (environ 80 m² IOR)

Construction :

Sandwich mousse Klegecel/Verre-Kevlar sur une structure en carbone, lest plomb

Diva survole par ses performances cette Admiral's Cup et cela malgré des aventures rocambolesques comme se prendre la quille dans un câble au départ de la Channel Race (voir la manœuvre de désengagement ci-contre) et une réclamation portant sur une histoire de feux de navigation soit-disant peu visibles lors du Fastnet.



Pour revenir sur cette réclamation pour le moins tordue d'Harold Cudmore, skipper de *Justine IV* de l'équipe Irlandaise, battu à plates coutures par le voilier français lors du Fastnet (une heure d'avance dans le retour du Fastnet par 30 nœuds de vent), le jury quand même un peu anglo-saxon inflige à *Diva* une pénalité en temps.

Malgré cela, les performances (1er au classement individuel) du dessin de Michel Joubert et de Bernard Nivelt impressionnent tout le monde. Le RORC attribue d'ailleurs cette même année, la distinction « Yacht of the Year » à *Diva*.

Diva est immédiatement acheté par un propriétaire allemand⁵⁹.

Comme toujours avec l'équipe de France, il n'y avait pas trois *Diva*. L'équipage qui arme *Ossian* peine et n'arrive pas à trouver le rythme. Sur *Passion*, une mutinerie à terre (les performances ne sont pas celles espérées par le propriétaire) interrompt sa participation à l'Admiral's Cup, ce qui contraint l'équipe de France à courir le Fastnet avec seulement deux bateaux et à terminer cette Admiral's Cup 12^{ième} sur 15 nations.

Pour l'édition de L'Admiral's Cup de 1987, l'UNCL (Union Nationale pour la Course au Large), club parisien auquel appartient la majorité des coureurs au large, trouve pour la première fois un vrai partenaire industriel (Thompson) pour sponsoriser l'équipe de France.



⁵⁹ *Diva* coulera au large de la côte sud de la Norvège à la fin des années 80, suite à une voie d'eau fatale. L'équipage est récupéré après quelques heures passées dans le radeau de sauvetage.

Ce sponsor finance entièrement l'opération à l'exception des bateaux : cela comprend l'organisation, les régates sélectives en France, les infrastructures à Cowes, mais aussi l'assistance technique (matériel, jauge, personnel), et l'hébergement durant les WE entre mars et août.

Lors du Salon Nautique de Paris (au CNIT à la Défense) en Janvier 1986, l'UNCL présente officiellement cette organisation, ce qui laisse plus d'un an pour la conception, la construction, la préparation des bateaux.

Une quinzaine de syndicats regroupant des skippers et propriétaires venant du monde des Half Ton ou des 3/4 Ton se lancent alors dans des projets d'Admiraler.

Au Salon suivant, les principaux chantiers (Bénéteau, Jeanneau, Gib Sea) exposent un ou plusieurs Admiralers. L'IOR représente alors à cette époque une valeur attractive auprès du grand public pour la vente de bateaux de croisière hauturière.

L'UNCL organise les qualifications sur la base de régates Inshore, Offshore et Triangles. Quatre sites, Port du Crouesty (Base d'entraînement et de préparation), La Trinité-sur-mer (Spi Ouest), Perros-Guirec (départ Grande Course au Large), Lymington (entraînement dans le Solent), sont choisis, ce qui tend à démontrer que le niveau de préparation paraît être à la hauteur de l'évènement.

A l'issue de ces sélectives l'équipe de France de trois bateaux est constituée. Cette sélection a été polluée par beaucoup de temps passé devant le Jury afin de modifier les résultats acquis sur l'eau, en utilisant la procédure et les arguties juridiques contenues dans les règles de course.

On oublie alors que le bateau gagnant sur le tapis vert ne devient pas nécessairement plus performant.

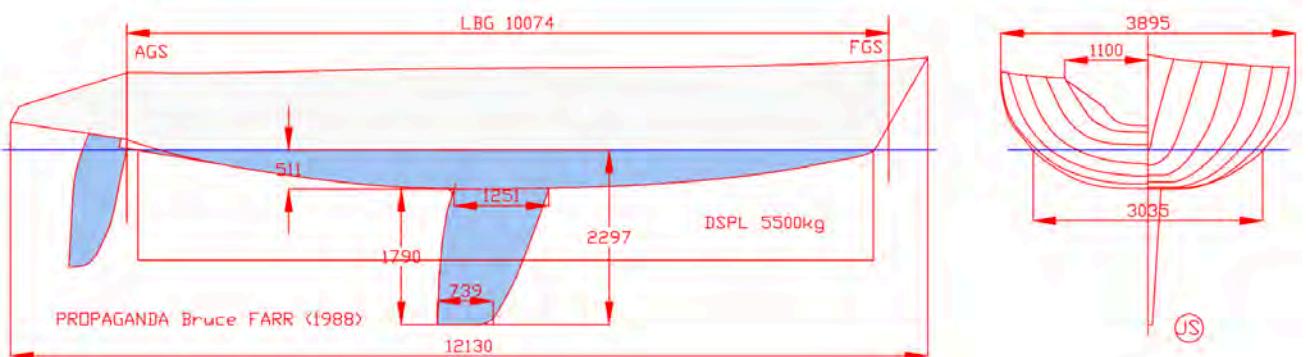
- *Xeryus*, rating 30.3 pieds – plan Berret/Fauroux/Finot - skipper Bruno Troublé.
- *Centurion*, ex. *Jade*, rating 30.45 pieds – plan Humphreys, skipper Jean-Pierre Dick/Laurent Delage.
- *Corum*, rating 34.63 pieds – plan Briand- skipper Philippe Briand

Les bateaux dessinés par Daniel Andrieu pour ces sélections, *Indulgence* et *CGI*, n'ayant pas été sélectionnés, intègrent l'équipe Belge.



Briefing à Perros-Guirec avant le départ de la grande Course (Sélections) et dernières mesures de jauge sur *Val Maubué* (plan Ribadeau-Dumas)

	CORUM	XERYUS	CENTURION
LOA	13.256	11.99	12.046
L (jauge)	11.308	10.026	10.025
B(Jauge)	3.873	3.668	3.441
DSPL	7.394	5.322	5.469
S (Jauge)	8.824	8.918	9.836
S en M2 (Jauge)	77.9	79.53	96.76
Ratio S / DSPL	0.453	0.511	0.558
MDIA (évaluation par l'IOR de la section du creux milieu)	0.329	0.282	0.309
Rating IOR	34.63	30.3	30.45



Le grand jour arrive et quatorze nations se présentent à l'Admiral's Cup 1987, soit 42 bateaux sur la ligne de départ du Squadron devant Cowes.

A la fin, la Nouvelle Zélande l'emporte avec *Propaganda*, *Goldcorp* et *Kiwi*.

Afin de stopper l'hégémonie des One Tonner et donc de diversifier l'accès à l'Admiral's Cup, les organisateurs exigent que la somme des Rating atteignent désormais au moins 95 pieds.

Cette photo montre très bien que les carènes IOR, même à vitesse élevée, n'arrivent pas à se sustenter.

En effet les formes avant enfournent et ne soulèvent pas la carène comme cela apparaitra quelques décennies plus tard avec des formes plus évasées.

Mais l'époque et les formules de la jauge IOR voulaient que le choix des parcours privilégie la performance au près, et que les surfaces de flottaison épousent la forme d'un losange... Ce qui n'est plus (ou moins) le cas aujourd'hui.

Dans la foulée de l'Admiral's Cup, se dispute la One Ton à Kiel. Les contrôles de jauge montrent alors que le « matossage » (action de déplacer les poids à l'intérieur ou à l'extérieur pour améliorer l'assiette du bateau), qui est interdit, devient un sport plus moins généralisé. On apprend ainsi que *I-Punkt* (équipe allemande à l'Admiral's Cup et japonaise lors de la OneTon) améliorait ses performances au près serré en demandant aux équipiers assis dans les filières, de porter des sacs en plastique remplis d'eau. Sacs qui étaient ensuite lacérés et jetés à la mer ! En novembre 1987, des sanctions très sévères tombent et se traduisent par la disqualification de *I-Punkt* pour l'Admiral's Cup et pour la One-Ton.

L'équipe de France ne trouve toujours pas la cohésion nécessaire pour briller dans ce type d'épreuve. Elle termine 8^{ième} sur 15, malgré les financements mis à sa disposition par le sponsor. Trop d'égos polluent l'ambiance et conduisent à une sélection des trois bateaux français peu représentative des potentiels réels de la flotte des bateaux inscrits aux sélectives.



Acte 29 : L'équipe de France décroche le Graal

En 1991, la rigueur et la précision suisse permettent à la France de monter sur la plus haute marche du podium de l'Admiral's Cup.

Jean-René Bannwart, diplômé de l'école d'art de Düsseldorf, dirige l'entreprise horlogère familiale Corum Watches installée à La Chaux-de-Fond en Suisse. Sa passion pour le Tour de France à la Voile l'amène à monter un team France de trois bateaux Corum à l'assaut de l'épreuve britannique : *Saphir*, *Corum Diamant* et *Corum Rubis*. Aussi, il s'entoure des meilleurs spécialistes, à la fois, dans la course au large et dans la préparation technique des bateaux.

Corum Rubis (Two Tonner) et *Corum Saphir* (50') sont deux dessins de Philippe Briand. Le 50' est construit chez Goetz (USA) et le Two Ton chez Bénéteau. *Corum Diamant* (One Tonner) est un dessin du cabinet Judel/Vrolijk.

En 1991, toutes les équipes en lice travaillent sur l'optimisation des bateaux. En effet, exploiter d'hypothétiques mini-trous de jauge existant encore dans la règle IOR relève du rêve. Alors, puisque la règle de jauge bloque les carènes, il reste des domaines, encore peu exploités, dans les recherches sur les plans de voilure (formes 3D et matériaux), le centrage des poids, notamment dans la répartition et la quantification des échantillonnages que permettent les nouveaux matériaux.

Concernant les plans de voilure, l'approche informatique basée sur des simulations utilisant des modèles numériques apparaît comme une piste intéressante et novatrice. Cette optimisation se trouve toutefois freinée par le manque de puissance des ordinateurs accessibles à l'époque. Ce qui influe sur la pertinence et la fiabilité des résultats obtenus.

Cependant, un monotype comme le Soling (série olympique trustée par les meilleurs équipages), qui n'est pas un déplacement léger dessiné pour planer peut apporter des idées.

En effet, le plan de voilure de ce quillard à trois équipiers est original. Il possède une grand-voile avec un allongement (ratio Guindant² / Surface) de 4.80 : ce qui est faible par rapport à la tendance des bateaux IOR des années 90 où la performance s'obtient avec des allongements assez importants (gréement en tête).

Sur ces IOR, dessinés avec leur surface de flottaison en losange, la gestion du tangage représente le casse-tête des architectes et des voiliers. L'association du mouvement de tangage et d'une grand-voile élancée se traduit par une vitesse

périphérique en rotation de la tête de mât qui provoque le décrochage des filets d'air, donc une perte de puissance propulsive.

Sur un Soling dont le mât est posé sur le pont, le contrôle du tangage au près se fait en jouant sur la quête de mât en fonction du vent. On modifie ainsi la longueur de l'étai : ce qui suppose une adaptation immédiate de la tension des haubans et bas-haubans.

Luc Gelusseau (Air Method Group) associé à Philippe Pallu de la Barrière (directeur du CRAIN), Jean Pierre Maréchal, concepteur et fabricant de mâts, et Hervé Devaux en charge des calculs, innovent sur le Two Ton Corum Rubis avec un nouveau profil de mât très allégé, extrudé en aluminium nuance 7000. Ce mât n'est pas implanté sur la quille mais posé sur le pont, ce qui permet de le pivoter d'avant en arrière (quête) en jouant hydrauliquement sur la tension des haubans. On arrive à une plage de rotation de -2 à +5°.

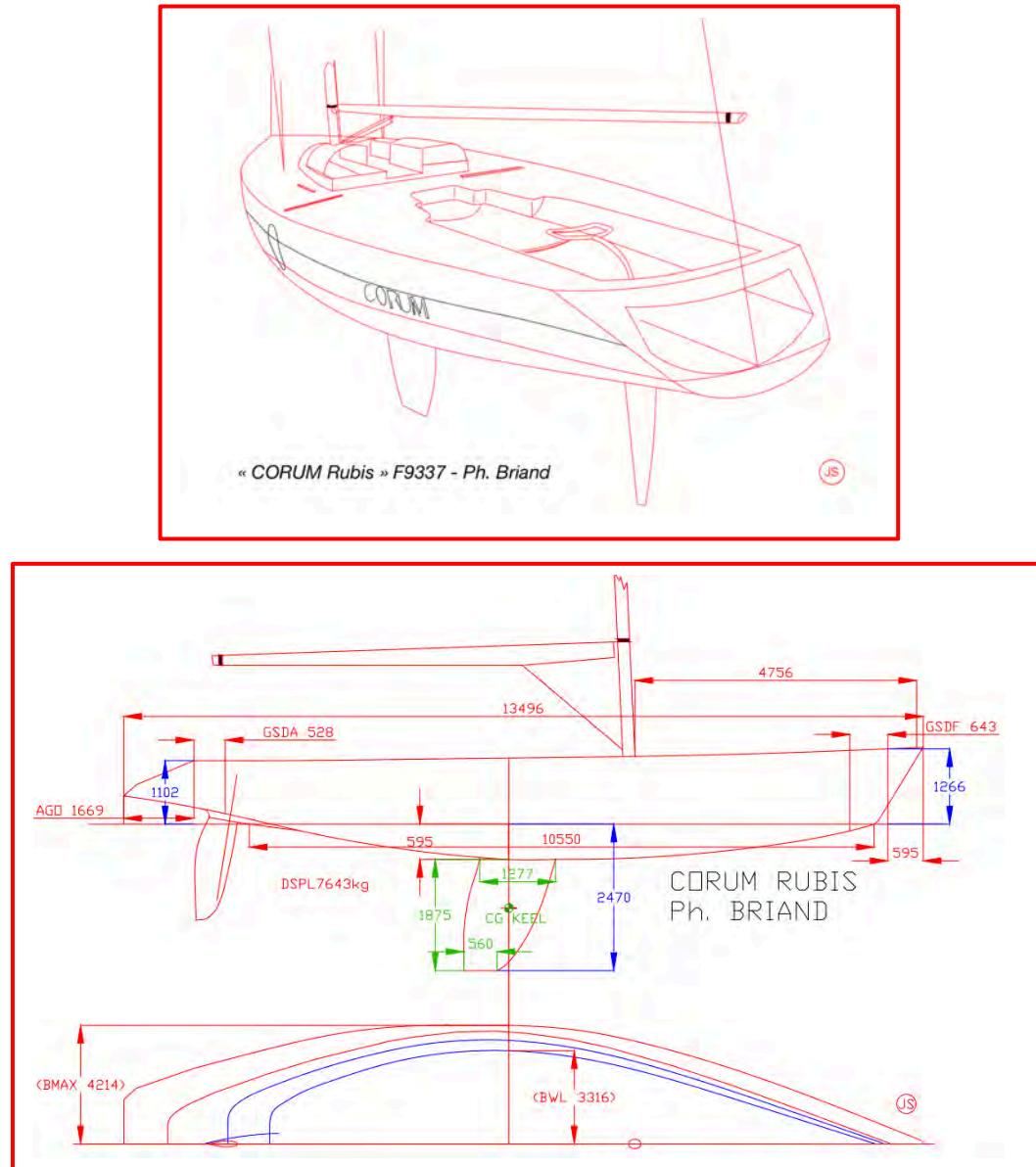
Le profil de mât allégé possède évidemment moins d'inertie transversale et longitudinale : ce qui diminue sa résistance au flambage et augmente le risque de démâtage. Hervé Devaux, grand maître en calculs de structures et de dimensionnements, gère cette difficulté en inventant un ingénieux système hydraulique, précurseur des « mast jack » d'aujourd'hui (au lieu de tendre ou détendre le haubanage latéral, on monte ou descend le pied de mât à l'aide d'une pompe hydraulique) qui assure au gréement dormant, sous le vent ou au vent une tension permanente afin de rigidifier la poutre formée par le tube et le gréement.

L'utilisation originale du « hook » (crochet au point de drisse commandé à distance), supprime aussi la charge mécanique produite par la drisse.

Le choix de la forme elliptique des appendices représente à cette époque la marque de Philippe Briand. Cette forme elliptique améliore la manœuvrabilité et les transitions lors de changement de trajectoires, elle rappelle les ailes des célèbres chasseurs Spitfire durant la Ww2.



Il faut remarquer qu'en 1991 les formules IOR ne permettent plus de gains de TCC en dessinant des formes arrière (voûte) en escalier, comme cela apparaissait dans les années 75 et au début de la décennie 80.



En conséquence, les dessins adoptent des volumes beaucoup plus fluides, mais sans pour autant abandonner les formes avant en U et les formes centrales à bouchains imposées par l'IOR, formes obligatoirement profondes car nécessaires pour obtenir le déplacement autorisant un TCC minimal.

Le travail d'optimisation des formes volumiques sur la table à dessin (en 2D) n'est plus possible. Il faut alors s'orienter vers une autre piste d'analyse.

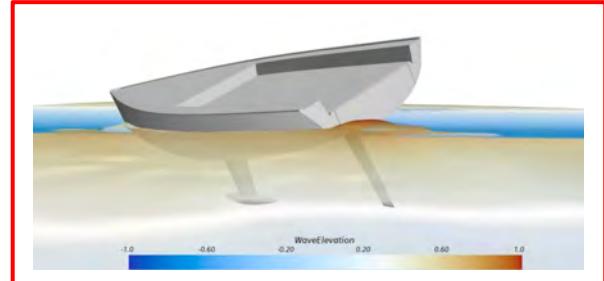
Analyser le comportement des carènes dans un bassin de carène date de près d'un siècle, mais le process est compliqué et onéreux. Il est aussi peu applicable aux voiliers qui tanguent et gîtent. Construire des outils de simulations numériques flotte alors dans l'air. Pour faire simple, il faut construire un bassin de carène numérique.

Le CRAIN⁶⁰ associé à d'autres équipes de recherches, est, dès 1992, un pionnier de l'application de la CFD (Computational Fluid Dynamic) à l'étude hydrodynamique des voiliers.

Pour autant, les problèmes à surmonter sont nombreux, dont la valeur de la résistance visqueuse de l'écoulement de l'eau sur la surface de la carène qui représente une donnée majeure dans les algorithmes de CFD.

La CFD progresse rapidement avec l'accélération des performances des ordinateurs. Il devient alors possible d'étudier le comportement d'une carène en navigation en simulant l'état de la mer, la gîte, le tangage etc... Les architectes de bateaux de la Coupe America utiliseront sans retenue la CFD pour tenter de gagner ces 0.25 à 0.4% de vitesse qui donnent la victoire.

Toutefois, ce ne sont pas les algorithmes qui freinent les développements en 1991 mais les capacités de calculs des machines (ordinateurs abordables) disponibles sur le marché. Même l'optimisation par calculs de la surface mouillée à la gîte obtenue en modélisation numérique des carènes reste encore assez balbutiante.



	CORUM SHAPIR	CORUM RUBIS	CORUM DIAMAND
Architectes	Ph Briand	Ph Briand	Judeil / Vrolijk
LHT	15.47	13.50	12.03
LWP	12.87	11.34	12.03
LFLOT	12.87	11.34	10.12
DRAFT	2.84	2.53	2.29
BMAX	4.60	4.21	3.83
BWL (mesure ou surrogate N°2)	3.72	3.32	2.96
(BWL/LFLOT)	0.289	0.292	0.293
Coefficient de ratio BWL/LFLOT	1.049	1.051	1.051
T (surrogate)	0.55	0.44	0.34
DSPL Empty	12000	7643	5559
DISP IRC	12959	8480	6305
WETTED AREA (m2) (surrogate)	40.69	31.77	25.11
WETTED AREA / T	1.169	1.276	1.478
Coefficient de surface mouillée / creux de carène	1.048	1.056	1.070
"V" Carène (Angle)	147	150	154
Coefficient de "V" de la carène	1.010	1.010	1.011
DLR (DISP IRC/LFLOT)	169	162	170
Facteur DLR	1.19	1.20	1.19
Surface BWL*LFLOT	31.08	24.44	19.48
I (capelage)	18.138	15.813	14.100
J (Triangle avant)	5.527	4.786	4.122
BAS	1.999	1.936	1.781
LP (Foc)	8.290	7.114	6.117
P (GV)	19.285	17.188	15.300
EGV	7.010	6.880	5.735
S GV	77.06	67.40	50.01
S Foc	78.60	58.77	44.93
Allongement GV	4.826	4.383	4.680
S SPI	100.56	75.870	58.100
S Prés	155.65	126.17	94.94
S Portant	177.62	143.27	108.11
SERIE DATE	1991	1989	1990
(Sprés ^{0.5} /DSPL Empty ^{1/3})	0.547	0.572	1.77
(Spontant ^{0.5} /DSPL Empty ^{1/3})	0.584	0.609	0.589
(Spontant ^{0.5} /Wetted area ^{0.5})	2.089	2.123	2.075
Facteur Surface portant / Surface mouillée	0.91	0.91	0.90
PLAFATOR (DISP)	1.14	1.16	1.17
Vitesse critique de la carène (Archimédienne) Vc = 2,44 (Lflo*0,5)	8.75	8.22	7.76
Vitesse cible (théorique) de planing (ou survitesse) calculée à partir de l'aptitude à planer (PLAFATOR)	10.00	9.55	9.06

⁶⁰ CRAIN : le Centre de Recherche pour l'Architecture et l'Industrie Nautique dirigé par Philippe Pallu de la Barrière est installé à La Rochelle.

La préparation de cette équipe de France de 1991 reste assez inédite à cette époque. Une synergie de recherches communes de performances prend le pas sur des comportements individuels. Il ne faut pas oublier que l'Admiral's Cup est une course par équipe de 3 bateaux...

Ce choix très dirigiste du RORC d'imposer un One Tonner et un Two Tonner se traduit par des niveaux techniques des bateaux très élevés avec comme corollaire des vitesses de bateaux excessivement proches.

Finalement, cette édition de 1991, malgré seulement 8 équipes, sera une des plus intéressantes sur l'eau, tant le niveau des équipages était élevé.

L'équipe de France arrache la victoire dans cette Admiral's Cup de 1991 grâce à une stratégie météo géniale conçue par Jean-Yves Bernot, embarqué sur *Corum Rubis*, notamment durant le Fastnet. Ainsi l'équipe de France passe alors de la quatrième place, son classement après les cinq premières épreuves, à la victoire en franchissant la ligne à Plymouth.



Acte 30 : 1980/1991/92, le royaume des Maxi

La décennie qui débute en 1980 conjugue une sorte d'insouciance, de pouvoir tout oser et de l'argent roi, malgré un contexte économique mal en point.

En voile, les courses « Open », sans limites ni contraintes du genre « Laissons l'imagination prendre le pouvoir », fleurissent de partout. De nouvelles revues consacrées à la Course au Large apparaissent tous les mois dans les kiosques. En France, Bateaux, Les Cahiers du Yachting, Neptune Nautisme, Course au Large, Régates, Voiles et Voiliers présentent l'existant et les projets à venir. Et, paradoxe suprême, proposent aux lecteurs des articles hyper techniques sur l'architecture navale, la jauge, les types de constructions, les chantiers, le tout accompagné de pages de formules, de tableaux de comparaison, d'analyses à faire pâlir aujourd'hui un rédacteur en chef...

Tous les équipiers pratiquant la course au large pouvaient immédiatement vous nommer les noms de quinze architectes mondiaux du moment. Tous les chantiers s'appuyaient sur un architecte (français ou étranger) réputé pour proposer un nouveau bateau.

Les Maxi ne dérogent pas à l'ambiance de cette époque. Des propriétaires fortunés se lancent dans l'aventure des Maxi avec des équipages en très grande partie professionnels.

La fonction de « Boat Captain » apparaît alors vraiment. Les noms de baptême des bateaux font majoritairement appel aux poètes, à l'histoire ou sont un peu provocateurs.

Le circuit des Maxi s'installe en s'appuyant sur les régates du SORC en Floride au mois de Février, puis sur une escapade aux West Indies afin de participer à la Semaine d'Antigua avant de traverser l'Atlantique pour rejoindre Porto-Cervo et Saint-Tropez, puis courir le Fastnet voire participer à Sydney-Hobart.

Cette classe des Maxi, s'appuie sur une monotypie à restriction assez large basée sur le rating maximal établi par la jauge IOR, soit 70 pieds et les algorithmes IOR. Indirectement, la longueur hors-tout se trouve, par le jeu des réglementations maritimes, limitée à 25 mètres.

Techniquement, la jauge IOR gère très bien les évolutions architecturales de ces Maxi, d'autant plus que les initiatives architecturales consistant à déformer les arrières des carènes, dans le but d'améliorer le rating, se trouvent gommées par le triptyque : longueur, creux et déplacement de la carène. On aboutit ainsi à des carènes plus tendues améliorant l'écoulement hydrodynamique.

	MILENE. (G. Vaton)	IL MORO (G. Frers)	UBS SWI (B. Farr)	HELI SARA (G. Frers)	OBSSESSION (S & S)	BOOMERANG (G. Frers)	SORCERY (G. Mull)	CONDOR R. Holland	KIALOA (G. Frers)	NIRVANA. (D. Pedrick)
Age DATE	1985	1987	1985	1980	1986	1984	1983	1891	1986	1982
Rating	68.770	69.570	67.600	69.200	62.420	70.000	69.800	69.000	69.820	69.900
LH	24.390	24.288	24.496	23.148	21.150	24.494	25.088	24.494	24.003	24.680
BMAX	6.202	6.242	5.630	5.550	5.349	6.002	19.810	5.779	5.977	5.779
B	5.530	5.850	5.440	5.443	5.321	5.916	5.797	5.685	5.831	5.593
BWL	4.926	5.126	4.671	4.808	4.743	5.288	5.426	5.120	5.232	5.111
DSPL	35568	35513	28756	31000	27329	36297	37607	37910	36135	37948
Masse Fin Keel	16000	16000	14000	17000	13500	19000	21000	20000	19000	20000
L	21.630	21.430	20.620	20.219	19.143	21.298	21.586	21.375	20.952	21.357
CGF	0.979	0.983	0.970	0.978	0.974	0.976	0.967	0.967	0.981	0.971
DM	4.276	4.021	3.913	3.539	3.581	3.943	3.830	4.057	4.106	3.944
I	26.100	28.138	25.985	29.720	28.079	31.063	30.791	30.495	31.343	30.489
J	8.170	8.160	7.700	8.990	8.010	9.004	9.101	9.306	8.778	9.229
LPG	12.220	12.200	11.610	13.490	12.009	13.442	13.655	13.807	15.210	13.746
SL	25.900	27.800	25.720	29.470	27.337	30.724	30.297	30.023	30.968	30.206
P	28.800	30.700	28.980	27.430	25.369	28.407	27.859	27.773	28.764	27.731
E	10.295	10.990	10.280	7.810	8.406	8.900	9.022	9.159	8.662	9.144
BAS	2.026	2.634	2.350	1.830	2.118	2.115	2.454	2.225	2.313	2.076
CMDI	0.998	0.879	0.823	0.894	0.850	0.936	0.927	0.954	0.917	0.966
Genois (m2)	183.8	196.6	173.1	230.4	192.9	239.1	241.1	242.1	272.3	240.8
GV (m2)	220.8	236.7	207.8	277.1	228.9	288.3	288.4	289.9	315.4	290.1
Spinnaker	213.7	229.1	200.0	267.6	221.2	279.4	278.5	282.2	274.6	281.6
$(GV+Foc)^{0.5}/DSPL^{1.3}$	0.612	0.633	0.637	0.717	0.682	0.694	0.687	0.687	0.733	0.686
$(GV+Spi)^{0.5}/DSPL^{1.3}$	0.634	0.657	0.659	0.743	0.704	0.720	0.711	0.712	0.735	0.711
Stab de forme (1/2' tranverse)	1.034	1.155	0.841	0.899	0.817	1.260	1.379	1.148	1.200	1.141
BWL/L	0.228	0.239	0.227	0.238	0.248	0.248	0.251	0.240	0.250	0.239
$V_c = 2.44 * L^{0.5}$	11.348	11.295	11.080	10.972	10.676	11.261	11.336	11.281	11.169	11.276

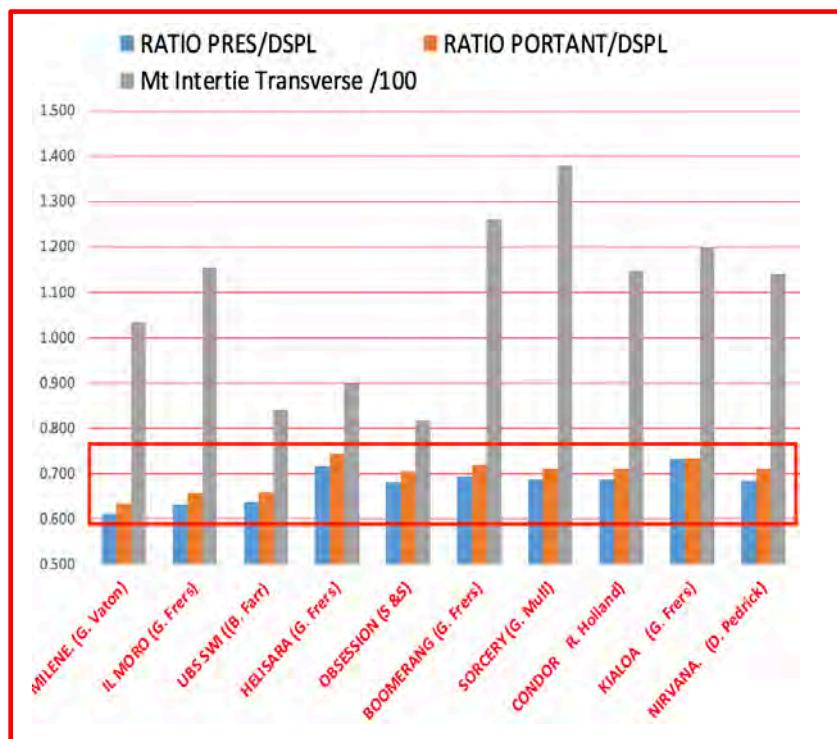
Pendant une douzaine d'années, on assiste alors à une confrontation des meilleurs architectes internationaux du moment, dont Frers, Holland, Farr, Vaton, Peterson, etc.... Pour former une flotte d'une vingtaine de Maxi sur la scène vénique internationale.

Les déplacements de ces Maxi oscillent entre 35 et 38 T en navigation, architecture IOR oblige, pour 21 à 25 m de long. Les contraintes de la règle IOR conduisent à dessiner les lestes sans bulbe (Fin Keel) contrairement à ce qui se pratique sur les bateaux Open.

Certes, les derniers plans Farr possèderont un très petit bulbe, mais, à mon avis, l'objectif de ce micro bulbe se situe plus dans la limitation de la trainée à l'extrémité du Fin Keel, plutôt que d'améliorer la stabilité initiale. En effet, la présence de ce bulbe ne descend que de quelques petits centimètres le CG du bateau. Les masses de ces quilles de Maxi oscillent aux alentours de 15 à 20 T, soit un ratio lest/déplacement de l'ordre de 50%. Globalement cela produit des moments de redressement (RM) maximal assez voisins (RM max exprimé en T*m) pour tous les bateaux.

Seuls les moments d'inertie transversaux de la surface de flottaison (*Stabilité de forme*, voir Acte 8) montrent des variations importantes (échelle grise du graphe ci-contre).

Suivant les carènes, les BWL évoluent entre 4.5 à 5.3 m (soit 20% de variation). Dans le calcul (évaluation approchée) du moment d'inertie transversal (It) de la surface de flottaison, le BWL intervient à la puissance 3.



La formule approchée du calcul de $It = 0.0395 * L * BWL^3$ met en évidence l'effet du BWL^3 sur It. Les 20% de variation du BWL se transforment à la puissance

3 en 62% du moment d'inertie. Mais cela ne concerne que la stabilité de forme, qui n'intervient qu'aux faibles angles de gîte.

L'architecture d'un voilier peut se décomposer en 3 parties : Le lest rapporté, la coque aménagée et structurée et le gréement (mât + gréement dormant et courant).

La règle IOR, par sa méthode de calcul de l'évaluation de la stabilité (facteur CGF qui influe sur le rating), impose aux architectures des lests rapportés sans bulbe. Ce qui se vérifie par une uniformité des poids des lests autour de 15/18 tonnes.

Les tirants d'air sont aussi pratiquement identiques (28 à 32 mètres). A cette époque, les seuls matériaux disponibles pour le gréement se résument à l'alliage d'aluminium (densité 2.7) pour les tubes de mâts, au rod (barre d'acier à haute limite élastique de densité 7.8) pour le gréement dormant et à la tôle en inox 316L (densité 7.8) pour les ferrures.

Les mâts en composite carbone, comme les gréements composites ne sont pas utilisés en IOR pour deux raisons. D'abord les caractéristiques mécaniques du carbone disponible nécessitent des épaisseurs de composite qui plombent le poids de l'espar. Les fibres de carbone à haut module d'élasticité ne sont pas encore commercialisées. Par ailleurs, la taxation par la jauge d'un mât en composite carbone est excessive.

Il faut aussi ajouter que la fabrication de câblerie en fils de carbone pour le gréement dormant n'existe pas sur le marché. Les gréements en fibre apparaîtront d'abord en PBO (fil kevlar) puis en carbone à partir de 2000. On en reste donc au mât en alliage d'aluminium extrudé et aux gréements en rod.

Les conséquences liées à l'utilisation de ces deux types de matériaux ne sont pas anodines.

- Un gréement en Rod (diamètre 16.7 mm, poids au mètre 1.6 kg, sur un Maxi) avec ses terminaisons représente pratiquement 450 Kg à 550 kg sur un Maxi ...
- Le tube de mât en alliage d'aluminium extrudé oscille entre 16 et 20 kg/m soit quelques 500 à 600 kg...
- Il faut ajouter dans les 200/250 kg de ferrures et renforts divers et 500 m de gréement courant, sans évoquer les 2 tangons en aluminium, un jockey pole et 50 m de bras de spi (2) qui sont pour partie en câble en acier galvanisé...

On arrive finalement pour un mât de 28 à 32m à 1,5 T (à minima) X 17 m soit à un moment de 22 T.m (17 m pour la hauteur du CG de l'ensemble par rapport à la flottaison).

Avec de tels échantillonnages de gréement, les limites admises en termes de stabilité (dont l'angle de chavirage) sont atteintes pour des bateaux IOR dont les voiles de quille ne portent pas de bulbes. Il faut être conscient que sans le carbone, aucun 100pieds (30.48 m) parmi ceux apparus dans les années 2010, n'aurait vu le jour avec un mât de 41m de haut et 5 ou 6 étages de barres de flèche. La seule issue eut été d'utiliser un gréement en ketch, qui ne permet toutefois pas d'obtenir les mêmes performances aérodynamiques que le gréement en sloop.

Dans ces conditions, le poids de la coque ne devient alors que la seule variable d'ajustement. Ainsi, durant les 12 années où cette classe Maxi IOR existe, les architectes recherchent, en collaboration avec les chantiers, toutes les méthodes de construction permettant de diminuer le poids de la poutre navire (coque, pont, structures internes et aménagements). Mais pourquoi alléger la coque ?

Deux raisons :

- Limiter les masses situées dans les extrémités afin de réduire leurs effets dynamiques qui intensifient le tangage en navigation.
- Utiliser le gain de poids ainsi obtenu pour le transformer en gueuses de plomb (ou en batteries), implantées autour du centre de gravité du bateau et posées dans le fond de la coque. Ainsi, le bateau conserve le déplacement et les paramètres dimensionnels IOR prévus lors des études préliminaires et gagne en stabilité.

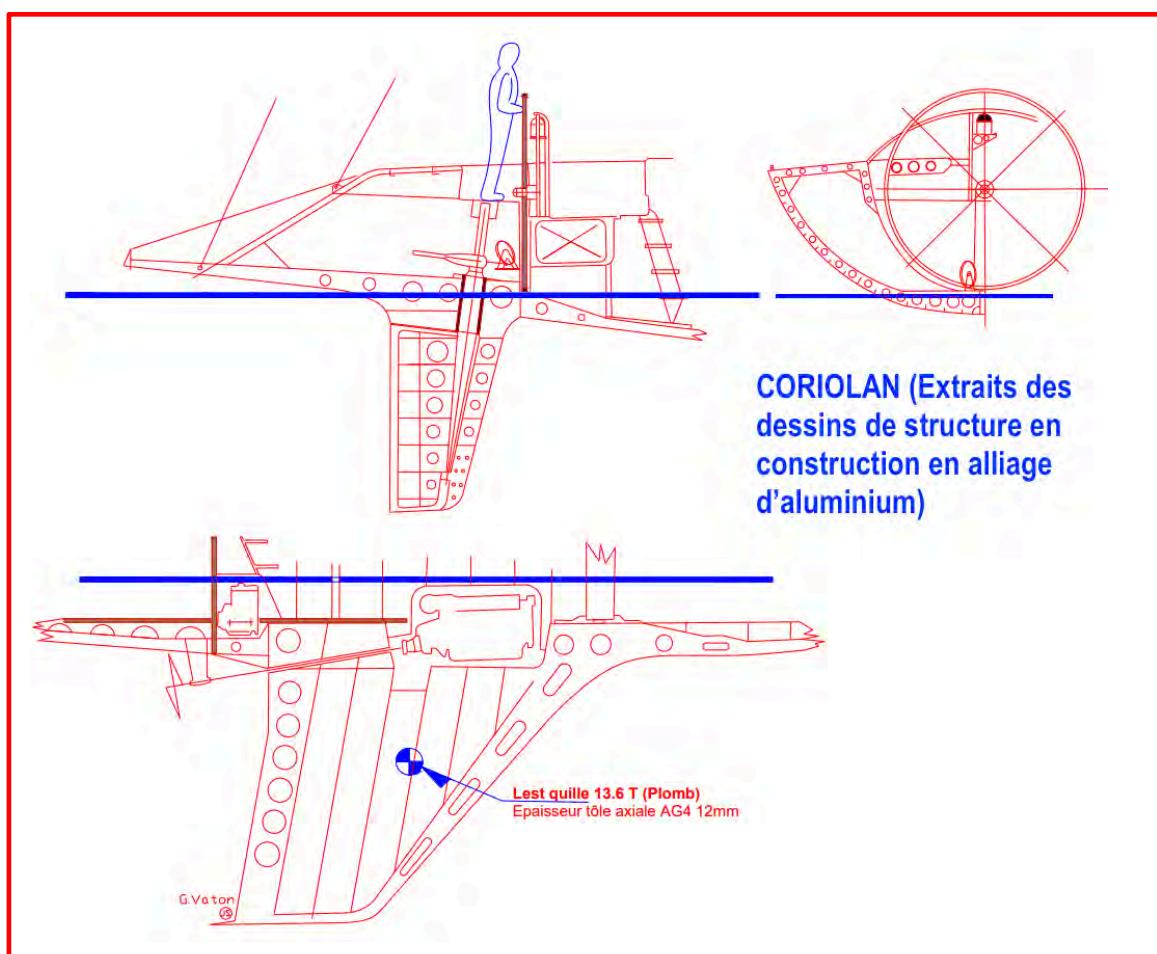
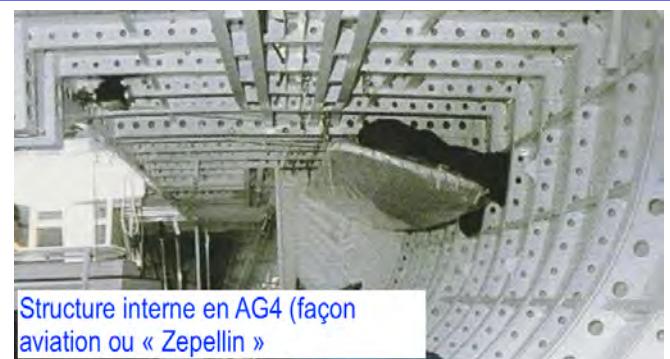
Quelques exemples des masses transportées, nécessaires pour aboutir au déplacement IOR prévu.

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| ▪ <i>IL MORO di VENEZIA</i> | 520 kg (plomb) |
| ▪ <i>BOOMERANG</i> | 500 kg (plomb) |
| ▪ <i>KIALOA</i> | 250 kg (plomb) |
| ▪ <i>SORCERY</i> | 3500 kg (plomb) |
| ▪ <i>HELISARA</i> | 850 kg (plomb) |

Il n'y a pas de restrictions établies. Du coup, ces Maxi transportent beaucoup de plomb pour des performances absolues assez moyennes par rapport aux critères d'aujourd'hui.

Cette course à l'optimisation de la construction des coques et de leurs structures conduit dans un premier temps à développer les coques en alliage d'aluminium qui passent de huit tonnes (coque pontée nue) à sept tonnes avec l'utilisation de structures rapprochées ajourées et des tôles fines.

Cette technique issue de l'aviation augmente évidemment le nombre d'heures de fabrication.



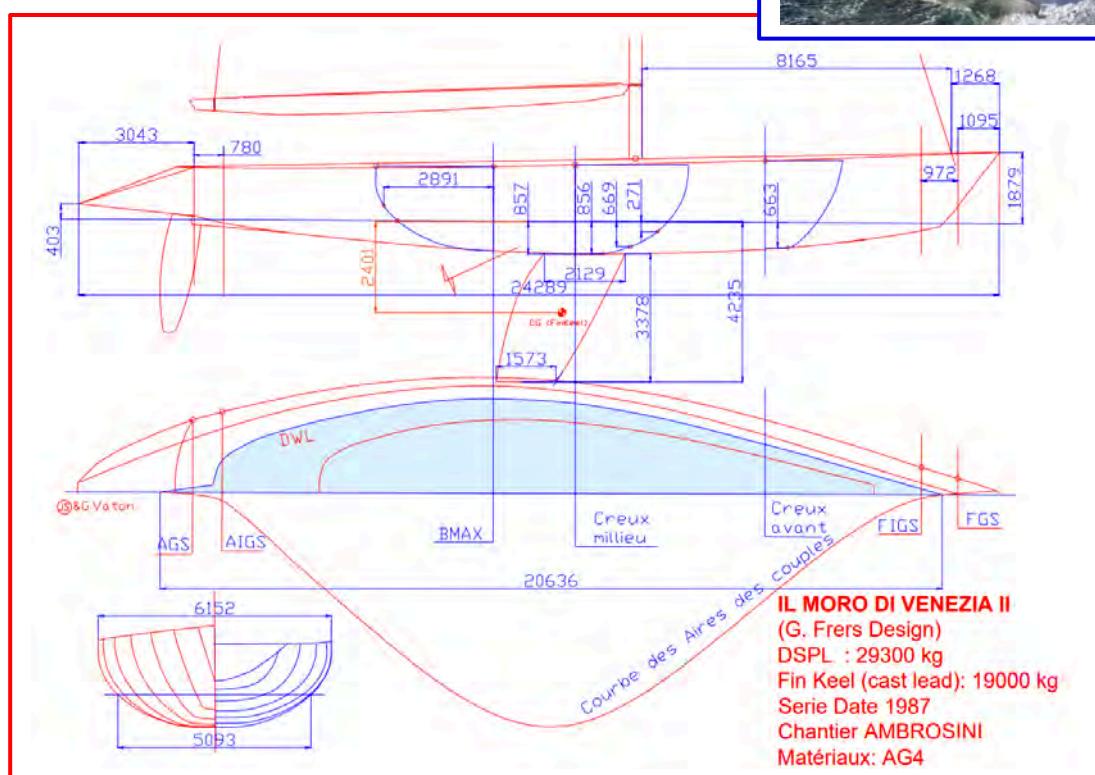
Ensuite et assez rapidement, le composite (Sandwich) s'implante. Toutefois, les premières tentatives ne permettent pas un gain de poids important sur la coque.

En fait, l'histoire se répète, comme lors du passage de la construction classique en bois au profit de la construction en stratifié monolithique en verre et polyester. On avait simplement dupliqué les structures et échantillonnages en bois alors qu'il fallait repenser entièrement la conception des coques en composite et surtout redimensionner l'ensemble des structures et du cloisonnement.

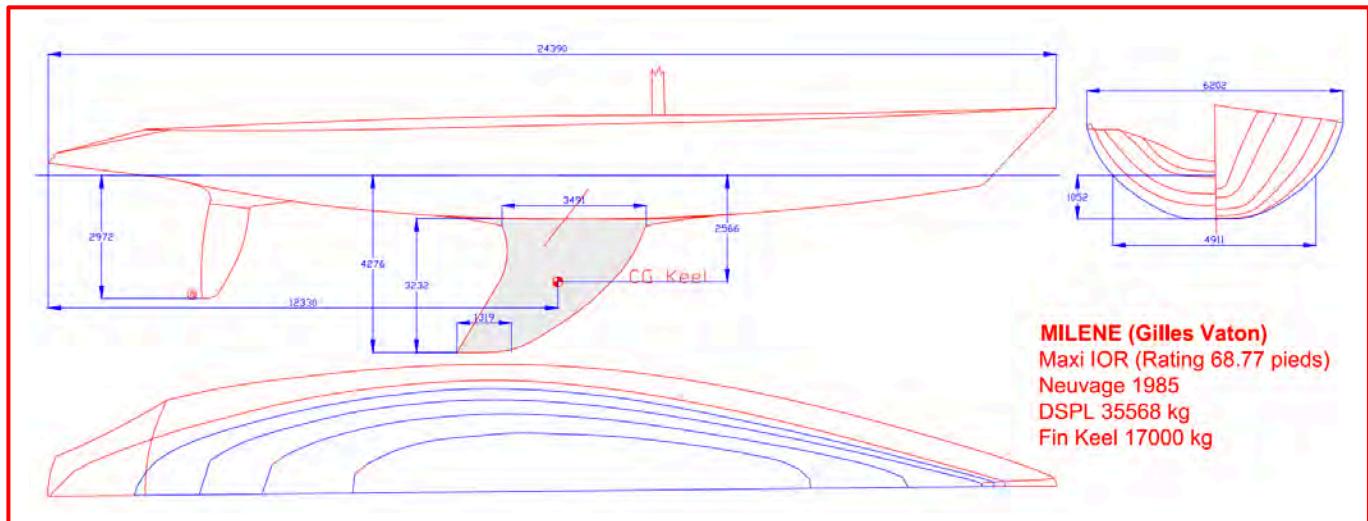
L'utilisation du composite verre/polyester n'arrive pas à concurrencer la construction optimisée à base d'alliage d'aluminium. Elle est abandonnée mais la technique reprend le dessus avec les fibres de carbone et la résine époxy, puis avec les tissus pré-imprégnés. La construction des coques, pont, structures en composite de hautes performances se développe avec toutefois une difficulté de taille que représente la cuisson de ce type de matériau pré-imprégné.

La technique de l'infusion n'arrivera qu'au début des années 2000.

Il Moro Di Venezia II propriété de Raoul Gardini, représente l'esthétisme Italien dessiné par un architecte Argentin.



En France, la construction au CMN (Construction Mécanique de Normandie à Cherbourg) de *Milène* dessiné par Vaton pour Albert Mirlesse, permet de produire une coque pontée en sandwich carbone/mousse de 4.5 T.



Les dessins de carènes issues implicitement de cette monotypie à restriction basée sur la formule de l'IOR, apparaissent au final excessivement voisins. On le remarque très bien à travers les ratios exprimant le potentiel de vitesse au près ou au portant sous la forme de la formule « Racine carrée (surfaces de voiles) / Racine cubique (déplacement) ».

Dans ces deux cas de navigation (près et portant), la vitesse de ces carènes archimédiennes de Maxi s'appuie à 95% sur la longueur à la flottaison dynamique. En aucun cas, on effleure l'idée du planning. Afin d'imager le régime archimédien, rappelons qu'un bateau de 35 T déplace 35 m³ d'eau à chaque fois qu'il parcourt sa longueur à la flottaison dynamique LFLOT, soit 20 m environ pour ces Maxi.

$(GV+Foc)^{0.5}/DSPL^{1.3}$	0.612	0.633	0.637	0.717	0.682	0.694	0.687	0.687	0.733	0.686
$(GV+Spi)^{0.5}/DSPL^{1.3}$	0.634	0.657	0.659	0.743	0.704	0.720	0.711	0.712	0.735	0.711
Stab de forme (Izz' transverse)	1.034	1.155	0.841	0.899	0.817	1.260	1.379	1.148	1.200	1.141
BWL/L	0.228	0.239	0.227	0.238	0.248	0.248	0.251	0.240	0.250	0.239
Vitesse Archimédienne = 2.44 * L ^{0.5}	11.348	11.295	11.080	10.972	10.676	11.261	11.336	11.281	11.169	11.276

Cette épopée des Maxi IOR, prend fin au début des années 90 avec l'extinction de l'IOR.

La diffusion de nouveaux matériaux (principalement le carbone haut module) pour les mâts et les gréements, les taxations réalistes des bulbes, des tirants d'eau, des formes de carènes arrière, mais aussi l'incorporation des

ballasts et des « canting keel » (quille pendulaire), puis dans une certaine mesure celle des foils dans le calcul des TCC (IRC) génèrent rapidement, dès les débuts des années 2 000, des dessins de nouveaux Maxi, d'abord de 80, 90, puis de 100 pieds (30 mètres) de long (la limite à 25 mètres est supprimée).

La diminution des poids des gréements et mâts obtenue grâce au carbone permet alors de dessiner des sloops avec des mâts de 45 mètres, au lieu de ketchs, et ainsi d'améliorer les performances aérodynamiques.

Pour les Maxi, la Whitbread 1989/90 sera le réel⁶¹ dernier tour de piste autour du monde pour les voiliers IOR (21 bateaux classés). Elle rassemble un beau plateau de 13 Maxi IOR. *Steinlager II* (skipper Peter Blake) l'emporte et parcourt les 33 000 milles de route directe à la moyenne de 10.70 nœuds. Il devance *Fisher and Paykel* (skipper Grant Dalton) et *Merit* (skipper Pierre Fehlmann). Pour cette édition, Tracy Edwards reprend et rénove *Disque d'Or* (plan Farr de 58 pieds⁶²) ; elle rassemble un équipage entièrement féminin et s'adjuge deux étapes.

A noter que *L'Esprit de Liberté*, skippé par Patrick Tabarly, (ex *L'Esprit d'Équipe*, plan Ph. Briand) gagne dans sa classe (moyenne 8.34 nœuds) - ce sera la deuxième victoire française dans les Whitbread IOR - et que *Charles Jourdan*, skippé par Alain Gabbay, termine 6^{ème}.

Malgré la participation remarquable de 13 Maxi, l'architecture IOR apparaît en fin de cycle. L'esprit est ailleurs, vers de nouvelles carènes plus rapides à l'image des bateaux du BOC Challenge et des premiers Vendée-Globe.

Les organisateurs de la Whitbread et les skippers souhaitent une évolution de cette course en insérant plus d'équité et en diminuant les coûts (bateaux, équipages) des campagnes. L'orientation vers la monotypie apparaît comme le chemin idéal. Le choix se porte sur un monotype à restriction le W60⁶³ (pour Whitbread 60).

Lors de l'édition de transition de 1993/94, 10 W60 participent et se confrontent à 4 anciens Maxi : *NZ Endeavour*, *Merit Cup*, *La Poste* et *Fortuna*⁶⁴.

Yamaha (W60 dessiné par Farr) skippé par Ross Field, se place après 120 jours de course, à seulement 9 heures du Maxi vainqueur skippé par Grant Dalton, malgré un déficit de 4 mètres de longueur à la flottaison dynamique.

⁶¹ Lors de l'édition 93/94, 4 Maxi seront admis dans la nouvelle version de la Whitbread.

⁶² Whitbread 77/78 et 81/82

⁶³ Soit 7 dessins de Farr. Bouvet-Petit et Robert Humphrey signent chacun un bateau.

⁶⁴ *Fortuna* perd, 3 heures après le départ de Portsmouth son mat d'artimon construit en stratifié verre/polyester ????, son sponsor se retire et Laurie Davidson son skipper abandonne.

Tout le monde comprend alors que l'architecture vient de faire un pas notable en avant.

Il faut noter qu'à partir de 1992, alors que l'IOR s'éteint, les dessins de Maxi sombrent dans une fuite en avant pour le moins paradoxale.

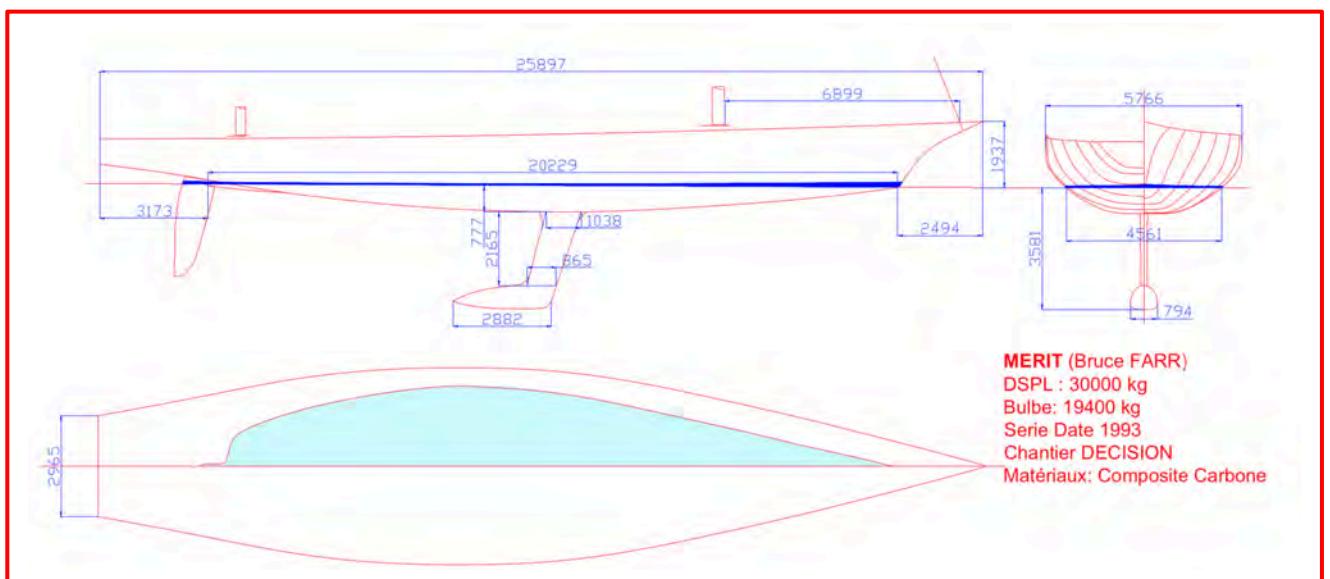
La règle IOR n'ayant pas changé, les déplacements restent toujours aussi conséquents ce qui se traduit par des vitesses critiques de carène bloquées au régime archimédien.

Maxi (1992) LHT: 25.90 m LWL 20.30 (BO 2.71, SO 2.97, Y=0.55)

LFLOT 22.17 m

Vitesse critique de la carène : 11.48 nœuds.

DSPL 29190 kg dont 19400 kg de lest (Voile de quille + Bulbe)



Dans ces conditions, on reprend les anciennes options de *Pen Duick 3* en surchargeant la voilure jusqu'à l'excès afin de grappiller quelques dixièmes de nœuds. Mais comme la plateforme du bateau se trouve limitée par la jauge, les architectes réutilisent le gréement en pseudo-goélette, les formes avant à guibre et les queues de malet Ce qui au final permet d'obtenir :

Surface de voile au près GV 142 + Artimon 92 + Genois 124 m² (358 m² au total)

Surface de voile au portant (GC + Spi + Voile d'étais) 780 m².

La philosophie des W60... V60 puis des V70.

La monotypie à restriction permet à l'architecte d'optimiser les lignes d'eau, ainsi que les paramètres de stabilité et de voilure, à condition que le cadre dimensionnel imposé par la règle de jauge soit respecté. Cela est très différent de

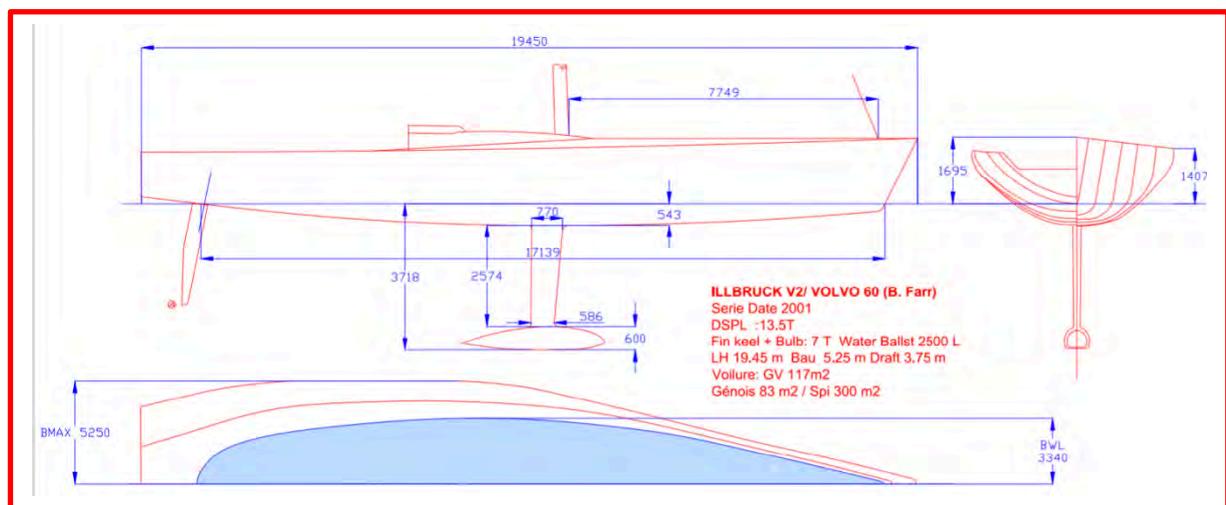
la monotypie stricte ou tous les bateaux doivent être identiques au bateau de référence.

Certes, le domaine créatif est bridé par la règle de monotypie, mais l'exploitation de la règle est impossible.

La règle encadre assez bien les coûts de construction en imposant le composite Kevlar/époxy ainsi que le process de fabrication. L'usage du stratifié carbone se limite à la fabrication des tangons, lattes de voiles et mèche de safran.

Le nombre d'équipiers est limité (encadrement des coûts de fonctionnement), mais en contrepartie les ballasts latéraux sont autorisés afin de rendre les bateaux puissants (voilure) et rapides (planning).

Ainsi naissent en 1993 les W60 dont les carènes et la conception générale sont très influencées par le souhait d'obtenir des bateaux plus rapides et aussi de rompre avec l'architecture IOR. Cette classe de monotype à restriction devient V60, lorsque Volvo rachète la Whitbread après l'édition de 93/94.



Mais ce concept est en fait un galop d'essai d'une dizaine d'années dont l'objectif est de vérifier si les orientations apparaissent viables dans une course autour du monde.

Le jeu intéresse tellement les skippers et les architectes qu'au bout de trois tours du monde (une Whitbread et 2 Volvo Race), ces derniers ont littéralement fait le tour du problème. Ce constat conduit l'organisateur Volvo à annoncer en 2004 un nouveau support : le Volvo Open 70.

Le Volvo Open 70 reprend à la fois les enseignements engrangés avec les W60 (V60), les évolutions des bateaux des courses Open, notamment les IMOCA, et les évolutions des techniques que ce soit au niveau des matériaux ou des méthodes de construction.

La Box Rule (Schématiquement, le bateau doit rentrer dans une boîte aux dimensions données) est d'abord dimensionnelle. Mais elle autorise la fibre de carbone pour les coques, les espars et les gréements. Elle fixe une fourchette de déplacement (12.5 à 14.5 T), limite le tirant d'air à 31.5 m et accepte la quille basculante (40°).

Tout cela conduit à un bateau très puissant et performant... Les V60 atteignaient les 420 milles en 24h, les V70 dépassent les 500 milles. La moyenne de vitesse en VOR 70 sur le parcours de 37 000 milles de l'édition 2008-2009 s'établit à 12.30 nœuds. On est nettement au-dessus des 8.11 nœuds du *Sayula* de 1973.

Caractéristiques	VOR 70	VOR 60	MAXI IOR	WILD OATS X (2004)	WILD OATS XI (2005)
LHT	21.5 m	19.5 m	20 à 24 m	20.06 m	30.48 m
LWL	19.5 m	17.3 m	21.3 m	18.49 m	30.48 m
BMAX	5.7 m	5.25 m	5.3 à 6.3 m	4.15 m	5.10 m
DRAFT	4.5 m	3.75 m	3.5 à 4.2m	4.50 m	5.89 m
DSPL	12 à 14 T	13500 kg	27 à 37 T	12.3 T	28.2 T
BULBE	4500 kg	7000 kg	No Bulb Fin Keel 13.5 à 20T	4410 kg	10890 kg
WATER BALLAST	0	2500 L	No Water Ballast	Canting Keel	CK + 2500 L
Tirant d'air	31.5 m	26 m	30 à 31 m	30 m	45 m
GV Surface	175 m ²	117 m ²	250 à 300 m ²	148 m ²	333 m ²
FOC Surface	121 m ²	83 m ²	200 à 250 m ²	112 m ²	657 m ²
Spinnaker	520 m ²	300 m ²	240 à 280 m ²	398 m ²	852 m ²
Surface au près	296 m ²	200 m ²	Environ 500 m ²	260 m ²	990 m ²
Surface au portant	695 m ²	417 m ²	Environ 600 m ²	546 m ²	1185 m ²
DSPL ^{^(1/3)} / LWL	1.174	1.376	1.49	1.24	0.999
Sail Portant ^{^(0.5)} / DSPL ^{^(1/3)}	1.152	0.858	Moyenne 0.769	1.012	1.131

Acte 31 : La France se lance dans la plaisance puis règne 10 ans de suite en Half Ton.

Les architectes français ne manquent pas d'idées et de talents. On l'a constaté avec Mauric, Harlé, Dufour, Finot, entre autres, à la fin de la jauge RORC mais aussi durant la période IOR. Ils créent des bateaux remarquables dont certains marquent indubitablement le 20^{ème} siècle.

Leurs talents s'exercent dans la conception mais aussi dans l'évolution de l'industrialisation de la fabrication des bateaux de plaisance. À ce titre ils ouvrent la route de l'expansion de la navigation de plaisance.

Rappelons, l'Arpège dessiné et produit entre 1967 et 1977 (1500 bateaux fabriqués) par Michel Dufour, l'Écume de mer de Finot (construit à 1385 exemplaires de 1968 à 1975), et le First 30 de Mauric construit, de 1977 à 1984, à 969 unités par le chantier Bénéteau dont c'était le premier quillard.

Et on pourrait ajouter les séries des Muscadet et des Armagnac ou encore du Sangria, construit entre 1969 et 1992 par le chantier Jeanneau à 2146 exemplaires sur les plans de Philippe Harlé.

Cette période d'expansion s'applique aussi à la construction de nouveaux ports de plaisance, à l'image de ce qui a été entrepris pour les sports d'hiver. Aujourd'hui, quelques 500 ports de plaisance existent en France pour un trait de côte de près de 20000 km. Ce qui est exceptionnel.

La création de la One Ton Cup en 1965, ou même l'éclatante victoire de *Pen Duick 3* dans le Fastnet en 1967, n'attire pas trop les propriétaires français car ces bateaux s'avèrent coûteux du fait que leurs dessins et leurs constructions restent unitaires.

Ce que l'on a appelé la « Démocratisation de la plaisance », notamment en France, passe progressivement par le Groupe des Croiseurs Légers, aussi nommé GCL. Le GCL créé au début des années 60 s'inspire de la création du JOG (Junior Offshore Group) par le RORC, dont John Illingworth fût le premier président. Ces deux classes initient des bateaux plus petits, plus faciles à construire⁶⁵, comme le Corsaire JOG (Fin Keel et gréement en tête), et le Mousquetaire (1965) dessinés par J.J Herbulot, le Muscadet (Harlé) en 1963, le Challenger (Mauric) en 1964, le Biniou (Constantini) en 1967.

Cette école française présente aussi des évolutions avant-gardistes, comme le Sylphe dessiné et construit en composite stratifié verre/polyester par Michel Dufour en 1964 dans son chantier naval nommé Stratifié Industriel. Cette

⁶⁵ Les voiliers de la Classe GCL ou JOG disputaient les courses du RORC. Ainsi un Corsaire JOG (5.50 m) se retrouvait sur la ligne de départ (et d'arrivée) dans la course Cowes – Dinard. Autre époque !!!

expérience couronnée de succès préfigure le lancement de l'Arpège trois ans plus tard.

Jean-Jacques Herbulot innove aussi en lançant le Noroit fortement inspiré du dessin du Corsaire mais construit en AG4 (alliage d'aluminium) pour la coque. Les superstructures sont en contreplaqué marine (LH 5.45m, Bau 2.04m, DSPL 500 kg, lest 100 kg). L'utilisation de ce matériau peu utilisé en plaisance apparaît comme un défi.

Notons que l'alliage d'aluminium s'implante alors sur environ quatre décennies comme le matériau de référence pour les bateaux de navigation au large. Il faut attendre l'apparition des nouveaux composites sandwich vers 1985 pour que la situation commence à s'inverser.

La déclinaison de l'idée de One Ton Cup, créée en 1965, en Half et Quarter Ton Cup (puis plus tardivement en Mini Ton Cup) modifie aussi le paysage. Rapidement arrive une génération d'architectes français dite des « Soixante huitards » : Finot, Joubert, Nivelt, Berret, Fauroux, Vaton, Briand, Andrieu, Gahinet et d'autres qui se lancent dans l'aventures des Half Ton, des Quarter Ton, des Mini Ton et des Mini 6.50.

Ils sont suivis quelques années plus tard (génération suivante) par Van Peteghem, Lauriot-Prévost, Conq, Lombard, Verdier, Mortain, Lucas, Roland, Bouvet, Petit, Lombard, Racoupeau, Brétéché, Levet...

Ces nouvelles figures s'ajoutent à la génération Jauge RORC, comme Harlé, Langevin, Mauric, Gaubert, Dufour.

L'engouement pour les types de bateaux à rating fixe (entre 6.50m à 11.0m environ, mais principalement les Half-Ton), s'amplifie en France avec la création en 1970 de la course de l'Aurore⁶⁶ (Figaro par la suite).

Les promoteurs de cette course en solitaire, Jean-Louis Guillemard et Jean-Michel Barrault adoptent, comme principe de base intangible, l'idée d'une course au large utilisant un bateau à rating fixe. Ce sera 18 pieds avec la jauge RORC en 1970/71 puis dès 1972, le Half Tonner (21,7 pieds IOR, puis 22 pieds) avant de s'orienter vers un monotype au début des années 90.

Cette création ouvre la course aux développements de prototypes Half Tonner et dynamise les chantiers navals en leur offrant un support sportif qu'ils déclinent sur tous les segments des voiliers de plaisance.

⁶⁶ L'Aurore est historiquement un grand quotidien français qui sera racheté par le Groupe Hersant (Figaro) en 1980.

Pour mémoire, au Nautic de Paris, dans l'enceinte du CNIT à la Défense, on n'imagine pas qu'un chantier naval français ou même étranger, ne propose un nouveau bateau, sans l'adosser sur l'expérience d'un architecte et sur la référence sportive dans une Ton Cup ou une grande course IOR, voire sur la course de l'Aurore (Figaro).

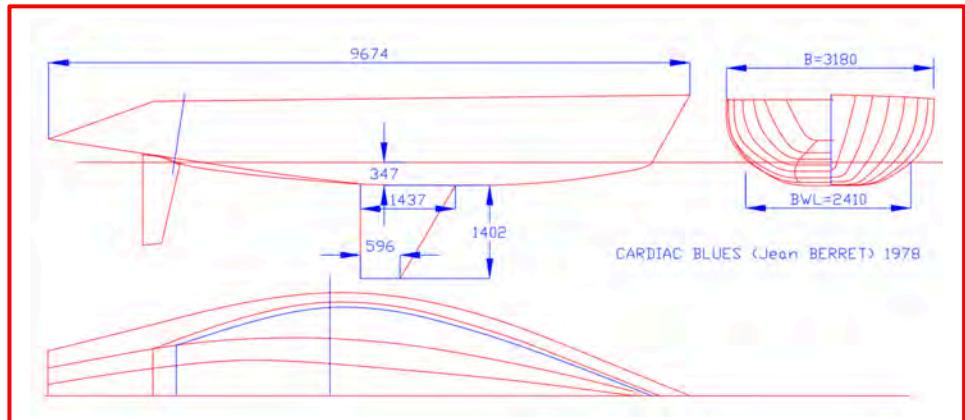
L'utilisation, durant pratiquement vingt ans, du Half Tonner comme support de la course de l'Aurore (Figaro) incite aussi de nombreux propriétaires français à faire construire des prototypes pour leur usage personnel et à les amortir progressivement, mais rapidement, par la location chaque année du bateau à un skipper pour la course du Figaro. La croissance de la flotte génère, de fait, un marché de l'occasion particulièrement actif, qui attire encore plus de régatiers.

L'engouement français pour la régate en solitaire semi-hauturière, qu'on ne retrouve pas vraiment ailleurs dans le monde⁶⁷, forme le ciment d'un développement technique qui s'accroît au fil des années. Quelques 600 inscrits à la « Solitaire » entre 1970 et 1990... Des skippers comme Jean Paul Mouren, Gildas Morvan, Yann Élies y participent plus de 20 fois entre 1970 et 2020. Jérémie Beyou et Alain Gautier totalisent 18 Figaro.

Dans les grandes années de la « Solitaire » s'alignent 45 Half Tonners sur la ligne de départ. Et dans le sillage des nouveaux prototypes s'alignent des unités produites en série par les grands chantiers français (Mallard, Bénéteau, Jeanneau, Gib-Sea ...) et anglais (Oyster, par exemple).

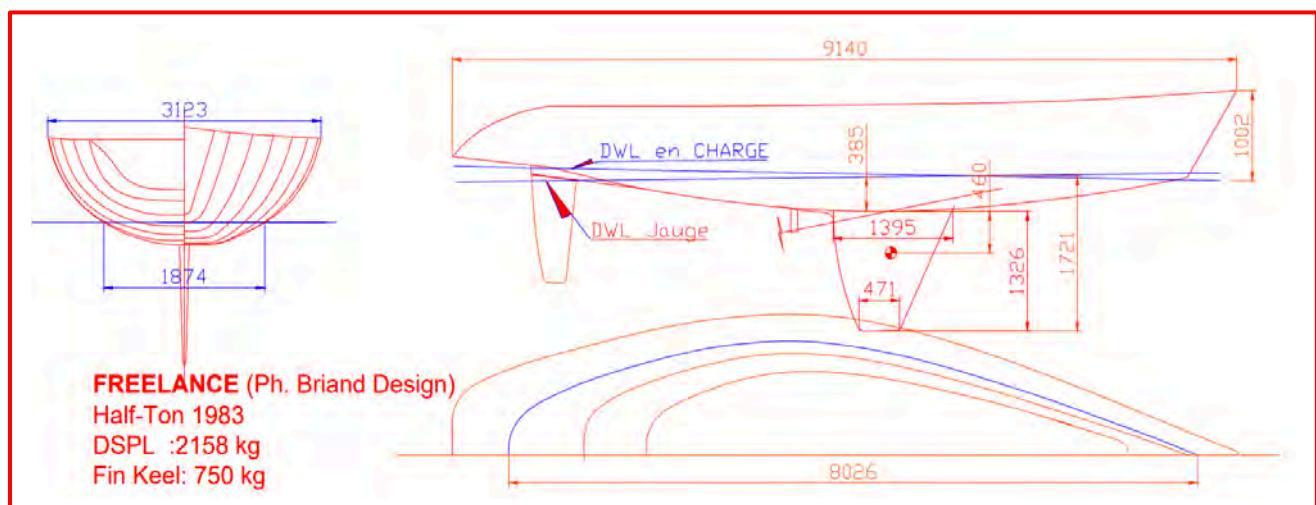
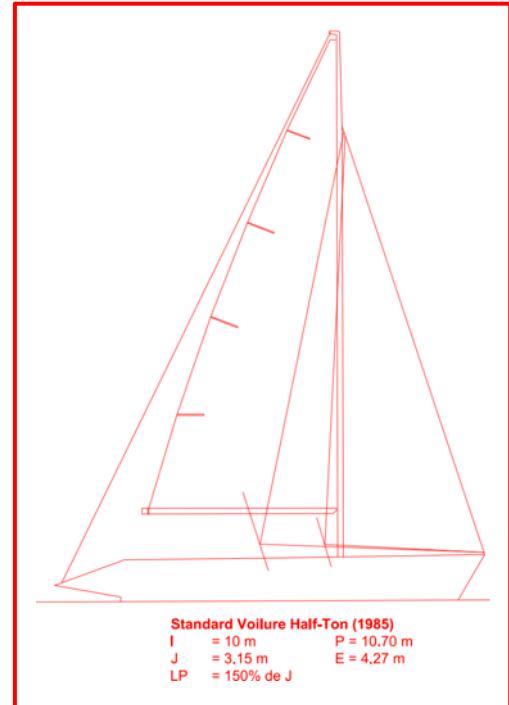
Ainsi, la France, en devenant le laboratoire du Half Ton, permet aux nombreux architectes français de marquer leur présence sur un marché très international et toujours, et encore, marqué par la culture anglo-saxonne.

Plan Half-Ton (Cardiac Blues) dessiné en 1978 par Jean Berret et rejaugé en IRC en 2022. Les lignes sont dépouillées, seule l'assiette longitudinale a changé en 2022. En effet le moteur situé à l'origine au niveau du mât (Jauge IOR), est revenu sous la descente.



⁶⁷ La course de l'Aurore, puis Figaro attire juste quelques skippers étrangers.

Après les deux dernières victoires en Half Ton, en 1978 et 79 (Poole et Scheveningen), de *Waverider*, dessiné par Davidson, s'enchaînent 13 années de réussites tricolores, que ce soit en Suède, en Hollande, à La Rochelle, en Angleterre, etc... Bref, les architectes et les équipages français dominent et, même mieux, attirent des skippers de renom internationaux comme Paul Elvström (Danois) ou Georges Andreadis (Grec).



IOR Rating 22.0'			
1979 Scheveningen	Waverider (NZL)		Davidson (prototype)
1980 Sandhamm	Ar Bigouden (FRA)		Joubert Nivelt 1980 (prototype)
1981 Poole	King One (FRA)	Paul Elvström (DEN) ^[3]	Berret 1981 (production)
1982 Piraeus	Atlanti (GRE)	George Andreadis (GRE)	Joubert Nivelt 1982 (prototype)
1983 Hankø	Freelance (FRA)		Briand (prototype)
1984 Troon	Cofica (FRA)		Berret (prototype)
1985 Porto Ercole	Antheor (FRA)		Andrieu (prototype)
1986 Helsinki	F9095 Cofica	Léon BRILLOUET (FRA)	Berret (prototype) ^[4]
1987 La Rochelle	EJP2 (FRA)		Andrieu 1983 (prototype) ^[5]
1988 Poole	F9260 Skipper Elf	Antoine LEBEC (FRA)	Andrieu 1988 (prototype) ^[6]
1989 Le Havre	F9260 Skipper Elf	- (FRA)	Andrieu 1988 (prototype) ^[6]
1990 Howth	Innovation Group (IRL)		Berret 1989 (prototype)
1991 Jakobstad	Hasse (FIN)		Berret 1989 (prototype)
1992 Chioggia	E3035 Marfrio	Pedro CAMPOS (ESP)	
1993 Bayona	Atlanti (GRE)	George Andreadis (GRE) ^[7]	Joubert 1982 (prototype)

Half-Ton Cup 1980 à Sandhamn (Suède)

Nom du bateau	Architectes	LH	L jauge	Bau max	BWL	Creux (Calculé)	DSPL (kg)
<i>Ar Bigouden</i>	Joubert/Nivelt	9.44	7.25	2.84	2.28	0.87	1990
<i>Ladies First</i>	Berret	9.46	7.40	2.98	2.31	0.88	2180
<i>Lepus Lazuli</i>	Davidson	9.25	7.62	2.76	2.36	0.90	2120
<i>Alexa Star</i>	Judel/Vrolijk	9.23	7.53	3.15	2.23	1.04	2150
<i>Brillant</i>	Holland	9.71	8.04	3.04	2.43	0.97	2880
<i>Butterfly</i>	Norlin	9.47	7.84	3.03	2.52	1.03	3180

A Sandhamn, pour la Half Ton de 1980, la culture architecturale de l'école Anglo-Saxonne montre que les déplacements lourds existent encore.

Certes, ce type de déplacements autorise 50 à 75cm de plus de longueur L pour la jauge (évaluation de la longueur à la flottaison dynamique) mais au prix d'une tonne de plus. Toutefois, au fil des années, les résultats en régate montrent globalement un avantage aux options déplacement léger. Cet avantage s'amplifie sur les parcours offshores dès que l'on s'éloigne de 50 à 60° du vent vrai. Mais 45°South avait déjà démontré cette supériorité.

Ce développement déborde aussi parallèlement et tout naturellement vers les Quarter et les Mini Ton⁶⁸, et par la suite vers les One Tonner et l'Admiral's Cup, comme montré par Joubert/Nivelt avec *Diva*.

Pour ne prendre que l'exemple des Half Ton, entre 1969 et 1987, chaque Half Ton Cup rassemble une moyenne 40 bateaux, dont une grande partie de prototypes. Il est vrai que dans ces grandes années de liberté, la construction d'un Half ou d'un Quarter est abordable financièrement et réalisable par une équipe de copains durant l'hiver... Même les architectes mettaient la main dans la résine ou le bois moulé. Une autre époque !

Toujours en Half Ton Cup, cela représente environ 650 participations rien qu'en Europe occidentale, ce qui est énorme. Après 1987, 27 bateaux départ, le nombre de participants chute d'un seul coup, 17 en 88, 14 en 89... puis 12 et 10 en 1993. Érosion fatale qui conduit à l'extinction des Half-ton, comme d'ailleurs pour les autres Ton-Cup.

⁶⁸ La 1^{ère} Mini-Ton Cup se déroule à Deauville en 1976. Patrick Philippon dessine un Cat Boat nommé *l'Effraie* qui gagne. L'anticyclone contribue à la victoire.

On constate dès la fin des années 80 et début 90, que la combinaison des formes de carènes, des plans de voilure et des déplacements convergent vers une monotypie résultante de l'optimisation des algorithmes de la règle IOR pour obtenir un rating de 22 pieds. L'architecture par elle-même ne permet plus de gagner en performances.

La seule ouverture se situe dans le domaine de la construction, donc inéluctablement dans l'utilisation des nouveaux matériaux maintenant disponibles sur le marché. Mais ces matériaux impliquent pour les bureaux d'études une nouvelle conception des structures, des échantillonnages des bordés, des panneaux, etc... On quitte alors une conception relativement basique, datant des années 75/80, qui s'appuyait sur des panneaux en sandwich ou monolithiques verre/polyester peu onéreux et faciles à mettre en œuvre (la fibre de Kevlar n'apporte pas de réelles améliorations techniques). En effet, les nouveaux matériaux, que ce soit la fibre de carbone ou les différents types d'âmes des sandwiches, imposent des process de fabrication bien plus complexes qui grèvent les budgets.

Ces excès technologiques conduisent vers une spirale infernale impossible à suivre financièrement pour beaucoup de propriétaires. En 1989, sur 14 bateaux inscrits, les quatre premiers de la Half Ton, deux dessins d'Andrieu et deux de Berret, sont des bateaux de l'année construits avec ces nouvelles techniques. L'année suivante, en 90, ils raflent de nouveaux la mise... Mais c'est la fin des Half. Trop chers !

Cela transparaît alors dans la Course du Figaro, et bien que ce soit une course en solitaire ou la qualité sportive du skipper représente énormément, l'équité normale se trouve quand même écornée.

Les coûts de d'investissement pour les propriétaires qui se lancent dans l'aventure de ces quelques bateaux hyper-performants se répercutent sur les prix de location. L'inflation n'est plus supportable.

Flotte aussi dans l'air, l'idée de monotypie qui gomme les écarts de potentiels de performances entre les derniers Half en carbone et leurs aînés. La monotypie permettra ainsi de revenir à des prix abordables et assure ainsi la pérennité de la course devenue « À armes égales ».

Le retour des Vintage

Les Half Ton revivent avec une participation de 20 à 30 bateaux tous les deux ans à partir de 2003. La dernière édition en 2018 (à cause du Covid) se dispute à Nieuwpoort (Belgique). Beaucoup de bateaux sont nécessairement « refités », ce qui paraît logique.

La tentation de réaliser des modifications, des améliorations se propagent ...introduction du carbone... dessin de nouvelles quilles plus profondes et/ou bulbées, de mâts qui reculent, etc... détruit à la fois l'équité sportive et l'idée de Half-ton « Vintage ».



Suppression du « skeg », Foc à 110%, Mat réculé, Cadènes sur le bordé, Barres de flèche poussantes, Bout-dehors, tangon > J, plus de bastaques... Recul des balcons arrière.

La monotypie s'installe.

1990, représente l'année de transition pour la Solitaire du Figaro. Les deux types de bateaux sont acceptés, les Half Ton et un monotype dédié à la navigation en solitaire. Trois versions différentes de Figaro 1, 2, 3 voient le jour entre 1989 et 2018.

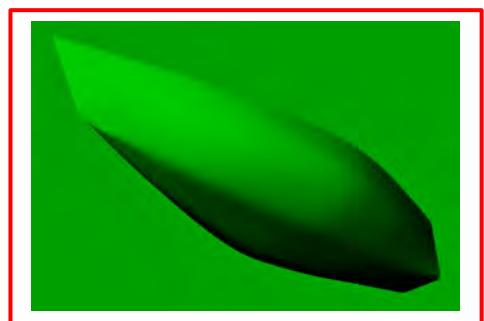
- Figaro 1 : Groupe Finot
- Figaro 2 : Lombard Design
- Figaro 3 : VPLP

Cette décision remet aussi l'église au milieu du village, dans le sens où le skipper devient le seul responsable de ses performances (la chance un peu aussi !).

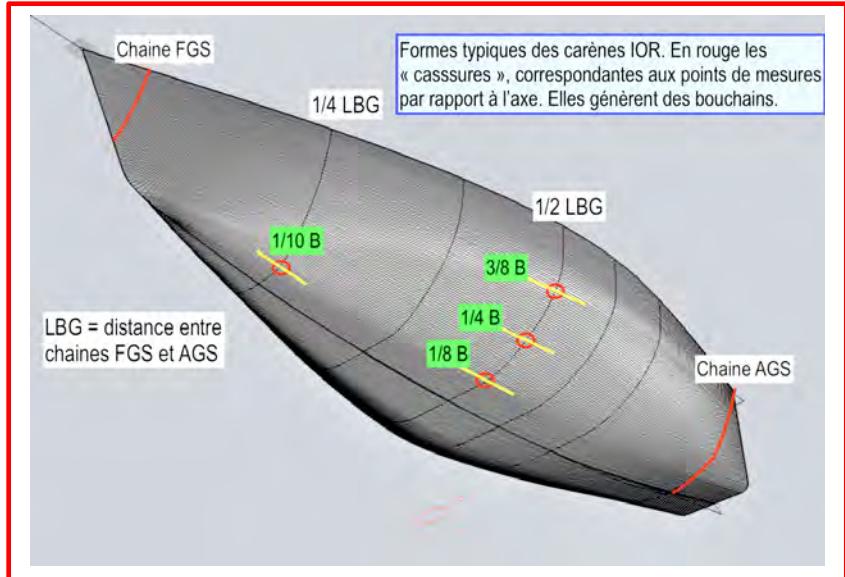
Acte 32 : Trop c'est trop, l'IOR décline et disparaît

Les raisons de cette décroissance ont fait l'objet de nombreux débats. Une des causes principales se situe dans l'obstination de l'ITC, durant des années, à refuser de s'orienter vers des déplacements plus légers initiés par Farr et quelques architectes. La multiplication de contraintes architecturales contenues dans les formules de l'IOR bloque ces évolutions.

Rappelons que l'IOR recherche le déplacement du bateau (sans le peser) avec deux mesures de couples (un central et un autre au quart avant), une mesure de la voûte arrière, deux chaînes (périmètres) à l'avant et à l'arrière... Méthode déjà utilisée dans la Jauge RORC, née en 1925.



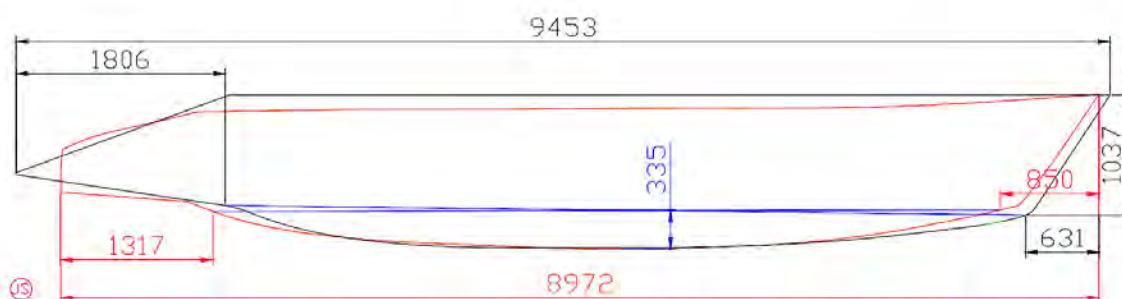
Cette répartition des volumes des carènes rend les bateaux hyper sensibles aux phénomènes de tangage. Afin d'atténuer ce phénomène, la diminution des masses dans les extrémités représente la seule solution puisqu'il est impossible d'adapter la carène.



On diminue à l'extrême les emménagements avant et arrière, jusqu'à avoir des avant vides et des arrières équipés uniquement des couchettes sur cadre en aluminium. On baisse le niveau les échantillonnages, mais alors la fragilité des bordés et la rigidité de la « poutre navire » diminue. Ce qui dégrade le bateau.

La solution passe alors vers des nouveaux matériaux ayant des caractéristiques mécaniques supérieures à celui du stratifié monolithique verre/polyester, ou même époxy.

Les architectes associés aux ingénieurs en matériaux recherchent les moyens permettant de réaliser des coques de plus en plus légères en utilisant à outrance la fibre de carbone pré-imprégnée sur des sandwichs en Nomex ou mousse de différentes densités et en ajoutant une post-cuisson à 75°/80° C dans d'immenses autoclaves pour les Maxi IOR.



Superposition « Brittany Drizzle (J. Berret) » avec « Sibelius (Joubert/Nivelt) ».

Comme les coques, le pont et les cloisons sont de plus en plus légers et qu'il faut bien atteindre le poids de 35 T pour un Maxi (l'équivalent du volume immergé de la carène) et qu'il ne faut pas avoir un bateau trop raide à cause du fameux CGF de l'IOR qui grève le TCC, on stocke alors quelques tonnes de gueuses de plomb dans les fonds, évidemment au centre du bateau, tangage oblige.

Certes, les performances s'améliorent de quelques dixièmes de noeuds, mais seulement lorsque le phénomène de tangage, existe, c'est-à-dire par fort clapot, et qu'il handicape les autres types de construction.

Toutefois, et c'est là, que le bât blesse, l'architecture générale des carènes IOR stagne depuis plusieurs années. Tous les bateaux semblent pratiquement sortir du même moule. Les coercitions intellectuelles imposées par la règle IOR figent toutes les évolutions. Alors pourquoi dépenser des sommes astronomiques pour simplement atténuer le tangage, alors que l'on sait dessiner des carènes plus rapides ?



Un IOR au portant (photo de gauche) qui enfourne malgré l'équipage agglutiné dans le balcon arrière. Remarquons qu'à cause de la chaîne arrière (AGS), le balcon arrière se situe 1.50 m environ vers l'avant par rapport à l'extrémité AR de la voûte. L'équipage ne peut pas utiliser son poids de manière efficace afin de reculer le centre de gravité général du bateau, et ainsi améliorer l'assiette positive (cabrage). A l'opposé (photo de droite), la période architecturale suivante (post IOR) autorise des volumes de carènes plus équilibrées ce qui le rend beaucoup plus performantes, que ce soit aux allures de près ou de portant.

Acte 33 : Un changement de paradigme

Contrairement au passage de la jauge Rorc à celle de l'ior qui repose sur une même logique et une formule de base globalement identique, la nouvelle jauge qui est en gestation dans les années 85/95 s'appuie sur un module de mesures originales nommé IMS⁶⁹ et sur un module VPP⁷⁰ qui simule un bassin de carène numérique. L'ensemble aboutissant à la construction des polaires de vitesse propres à chaque bateau.

Dès 1979 de nouvelles idées de classements traînent dans l'air...

En 1979, cette approche de calcul d'un classement basé directement sur l'idée de vitesse réelle du bateau fait l'objet de plusieurs communications au *Chesapeake Sailing Yacht Symposium (CSYS)*⁷¹.

Parmi le très grand nombre d'interventions, trois communications liées à cette notion sont remarquées :

- *Evolution of Offshore Ratings - To the Limit* – par David Pedrick,
- *A Summary of the H. Irving Pratt Ocean Race Handicapping Project* - par Justin Elliot. Kerwin and John Nicholas Newman.
- *The Measurement Handicapping System (MHS) of USRYU* - par Daniel Strohmeier,

Ce travail de recherche sur le potentiel de vitesse des voiliers en régate naît aux USA au début de années 1970. L'objectif premier des chercheurs vise à concevoir un programme de prédiction de vitesse (VPP pour Velocity Prediction Program) qui permet de simuler les performances d'un voilier en navigation, en fonction de ses caractéristiques hydrodynamiques et aérodynamiques, sans passer par la lourdeur des bassins de carènes qui imposent de travailler sur des maquettes très onéreuses et qui ne peuvent pas intégrer la partie aérodynamique (voilure).

D'abord le concept d'un VPP

Un VPP n'est jamais que l'équilibre parfait en navigation entre d'un côté le moteur aérodynamique (les voiles), de l'autre, l'objet à translater dans l'eau (la carène du bateau, y compris sa stabilité).

⁶⁹ IMS : International Measurement System

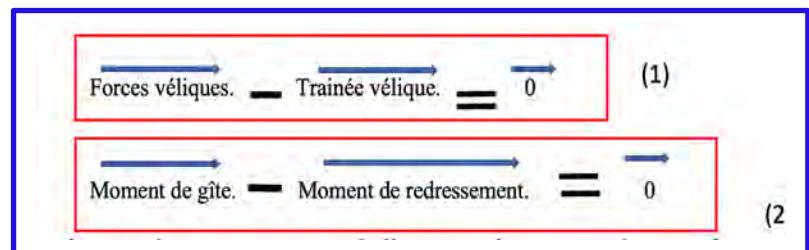
⁷⁰ VPP : Velocity Prediction Program (Créé par l'ORC)

⁷¹ Le *Chesapeake Sailing Yacht Symposium (CSYS)*, le plus ancien forum technique au monde consacré à l'étude de l'art et de la science de la technologie de conception des voiliers. Le 24^{ème} forum s'est tenu à Annapolis en Juin 2022. Beaucoup de chercheurs français proposent des mémoires, notamment sur les Foils.

Un VPP représente en quelque sorte une balance où à partir des mesures réelles de l'ensemble des éléments caractérisant un bateau, l'algorithme VPP calcule les forces qui s'appliquent sur chaque fléau de la balance.

Cet équilibre doit respecter les équations appliquées sur chacun des deux fléaux de la balance :

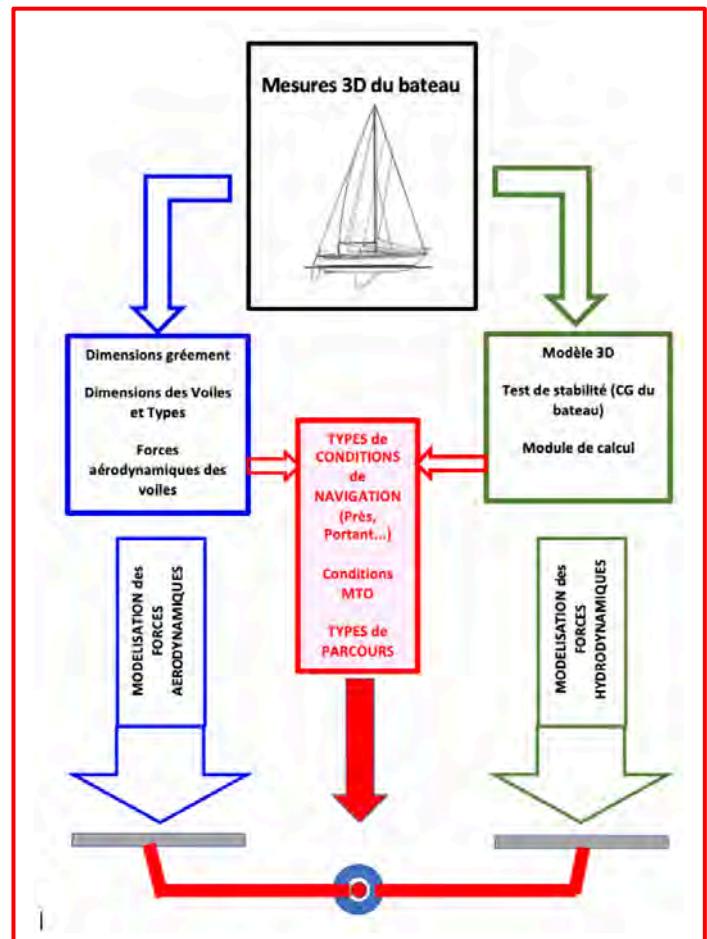
En d'autres termes, d'un côté le **moteur aérodynamique (les voiles)**, de l'autre l'**objet à translater dans l'eau (la carène du bateau)**.



La complexité d'un VPP réside dans l'environnement de ces deux objets aérodynamique et hydrodynamique qui évoluent dans un milieu différent. Le modèle aérodynamique dans l'air (densité 1.204 kg/m³ à 20°C). Le modèle hydrodynamique dans l'eau de mer (1025 kg/m³), soit un ratio de 1000 entre les deux fluides.

Par contre les deux modèles réagissent aux mêmes lois fondamentales relatives à l'évolution d'un objet dans un fluide. Ils sont soumis, entre autres, de par leurs formes physiques, à une portance et à une trainée.

La portance produit la propulsion, la trainée freine le bateau.



Le module central encadré en rouge dans le cadre ci-contre, contient des conditions de navigation instantanées « t ». Ces conditions varient en permanence : ce qui rompt l'équilibre de la balance.

Pour un VPP, on recherchera les équilibres successifs correspondants aux variations de vitesses du vent (5, 10, 15...30 nœuds) et des angles de navigation par rapport au vent vrai.

Mais l'algorithme est conçu pour rechercher lui-même par itérations successives l'équilibre de la balance correspondant à chaque vitesse et angle du vent.

Le VPP est donc un outil théorique autonome qui lorsqu'on lui a décrit un bateau par ses formes, son poids, sa voilure, ses données intangibles, etc.... il le fait naviguer virtuellement à toutes les allures et à toutes les forces de vent.

Le concept de VPP paraissant scientifiquement viable, les chercheurs s'intéressent tout naturellement à établir une passerelle entre ces VPP et les méthodologies de calculs des classements.

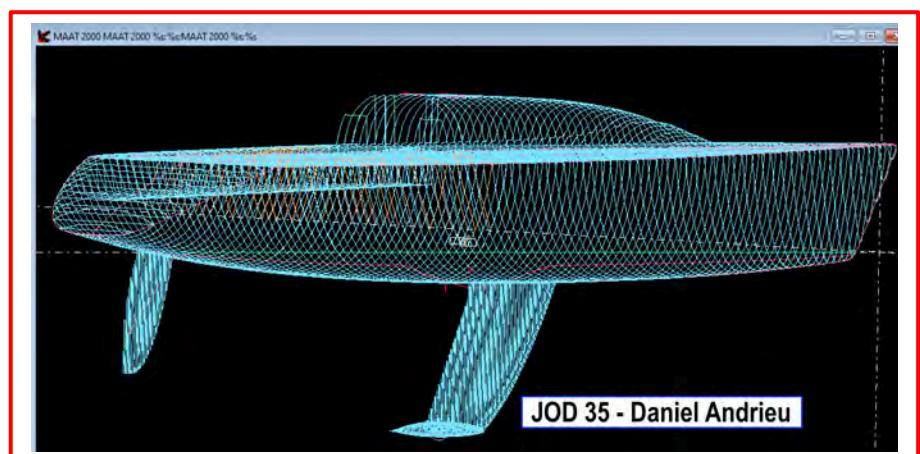
Il faut reconstruire l'époque de la décennie 1970. Les micro-ordinateurs, bien qu'encore balbutiants, progressent très vite, beaucoup plus que les moyens de mesures des carènes qui restent encore relativement archaïques.

Pour réaliser une étude en VPP, le modèle numérique en grandeur réelle est indispensable. En effet, le passage du dessin 2D (l'échelle 1/10^{ième}) existant sur la table à dessin, aux valeurs réelles (construction) de la carène génère des disparités qui polluent les calculs (1mm à la lecture sur le dessin représente 10mm dans le réel !).

On se lance alors dans la construction de machines électromécaniques⁷² de mesures dans le but de fabriquer une maquette numérique virtuelle en 3D à l'échelle 1, nécessaire pour alimenter le programme VPP.

A partir du début des années 80, les architectes se mettent progressivement à travailler directement en 3D. Pour autant, on continue les mesures des bateaux par télémétrie laser (théodolite) ou même de manière plus rudimentaire.

Le passage de la conception (dessin 3D - à l'échelle 1- de l'architecte) à la construction du bateau



⁷² Voir « Histoire de Jauge depuis 1835 » (J. Sans), pages 139 à 143.

se révèle long et complexe.

Concevoir les pièces mères sur lesquelles les moules de coque sont fabriqués à partir de fichiers 3D créés par l'architecte, nécessite que des machines numériques (CN) existent et soient capables de lire et d'usiner (avec la même précision dimensionnelle que les 3 décimales des points du dessin – exemple 12.192 pour un 40').

La création d'une carène impose qu'il existe une chaîne industrielle fiable de la conception architecturale à la fin de la fabrication par le chantier. Ce qui sous-entend des investissements financiers et du temps industriel pour valider cette chaîne.

Ce process opérationnel partant du dessin 3D à l'échelle 1, permet alors de supprimer le module de relevé dimensionnel de la coque et des appendices. La suppression de ce poste paraît techniquement logique puisqu'il est redondant avec l'outil de conception. En effet des mesures intermédiaires (scanner, laser, etc) introduiraient obligatoirement des dispersions, liées aux mesures télémétriques, utilisées dans les calculs.

Cependant, la modélisation 3D des coques et des appendices, même associée à un VPP (ou à un bassin de carène) ne constitue pas une jauge. Dans l'absolu, le VPP renseignent l'architecte sur les gains de performances d'un modèle par rapport à un autre.

Le calibrage, c'est à dire le moyen permettant de connaître la vitesse réelle du modèle, reste beaucoup plus complexe à définir.

Une erreur de calibrage du modèle n'affecte pas la connaissance de la hiérarchie des différents modèles étudiés, par exemple du plus performant au moins performant. Par contre, elle exerce une influence très importante sur le résultat final absolu : la connaissance du potentiel réel de vitesse du bateau.

Mais le très grand nombre d'informations disponibles dans les polaires (vitesses à toutes les allures et dans toutes les plages de vents possibles) complique la construction mathématique de la passerelle entre l'ensemble des résultats du VPP et le handicap à donner au bateau.

La conception des jauge RORC, IOR, IRC repose sur une répartition statistique de la force du vent durant l'ensemble d'une saison de régates offshore. Le rating ou le TCC donné à chaque bateau représente en quelque sorte la vitesse moyenne du bateau. L'utilisation du spinnaker n'entre d'ailleurs pas

dans ce calcul statistique, mais multiplie la vitesse moyenne... même si durant l'ensemble d'un parcours d'une régate le spinnaker reste dans son sac.

Cette évolution de la méthode de classement basée sur l'utilisation des multiples polaires de vitesse trouble la communauté des régatiers, mais aussi les clubs organisateurs de régates habitués aux classements « Temps sur Temps ».

La communication de l'ORC, qui a géré l'IOR pendant 20 ans par l'intermédiaire de son comité ITC, présente ce système de classement comme un objet scientifique (ce qu'il est) de haut niveau (ce qu'il est aussi). Par contre les coureurs et les Clubs interprète ce discours comme une « *nouvelle jauge* », c'est-à-dire de nouvelles formules qu'il faudra décortiquer afin d'en trouver ses orientations et accessoirement ses failles.

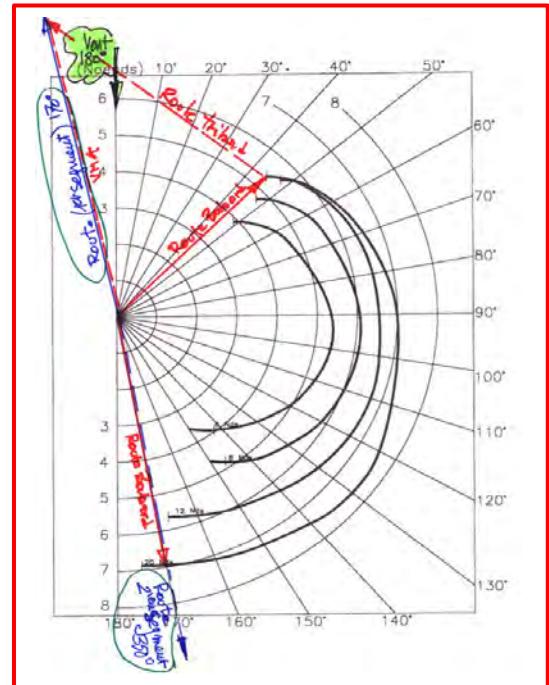
La lecture de la présentation officielle par l'ORC de ce nouveau système n'incite pas à l'optimisme :

« *A partir de cette matrice de performances prédictives, divers handicaps sont dérivés, et des temps compensés peuvent être obtenus en choisissant parmi une variété d'options qui vont des méthodes de handicap comme simplement la ligne de performance (PLS), ou la notation plus sophistiquée de la courbe de performance (PCS).* »

Après plusieurs relectures, on comprend que pour utiliser le potentiel des VPP, il devient obligatoire d'injecter les conditions réelles de navigation (direction et force du vent) relatives à chaque tronçon de parcours, afin d'obtenir par extrapolation les données théoriques correspondantes dans le VPP (polaires de vitesses de chaque bateau).

Finalement, la communication de l'ORC ne séparant pas les entités :

- ⇒ VPP Rating System : système de jauge et de classement,
- ⇒ VPP : module de prédictions des vitesses,
- ⇒ L'outil IMS : outil métrologique évolué des mesures des bateaux, qui complique beaucoup la compréhension de ce concept.



C'est d'ailleurs tellement confus dans les esprits, que tout le monde parle encore aujourd'hui de « jauge IMS ».

Devant les problèmes d'acquisitions des données réelles de navigations dans chaque zone parcourues, l'ORC revient à un système de classement plus conventionnel basé sur les moyennes pondérées calculées à partir des polaires théoriques (issues du VPP) de chaque bateau et surtout compréhensible par les régatiers (voir ci-dessous « **Les méthodes de classement** »).

La jauge développée par l'ORC fonctionne correctement, bien que les architectes trouvent immanquablement des failles dans cet objet mathématique. Certes ces failles n'exploitent pas les dérives éventuelles d'une ou plusieurs formules, mais repose sur l'écriture d'un outil VPP plus performant qui permet de dessiner des carènes un peu plus rapides mais non identifiées par le VPP de l'ORC.

Les méthodes de classements

En 1996 deux méthodes de classements existent et perdurent encore actuellement.

Première méthode : on établit un classement « *Temps sur Temps, noté ToT pour Time on Time* ».

A partir du temps réel de course de chaque bateau, le comité de course calcule son temps compensé utilisé pour le classement.

Pour cela il utilise un coefficient multiplicateur, indexé⁷³ sur le rating, nommé TCC ou TMF et compris entre 0.6 et 2.4, afin d'établir son temps compensé.

Le classement s'établit alors sur le temps compensé qui peut-être plus petit ou plus grand que le temps réel suivant la valeur du TCC ou du TMF du bateau.

Cette méthode de classement est simple et logique puisqu'elle conserve la hiérarchie des ratings. Notons que le passage du Rating au temps compensé est absolument transparent pour les coureurs.

Deuxième méthode : on établit un Classement « *Temps sur Distance, noté ToD pour Time on Distance* ». L'organisateur définit avant le départ la longueur du parcours de la régate. Le classement de chaque bateau se base alors sur le temps réel mis pour parcourir cette distance, même si en réalité, le bateau a navigué contre le vent en tirant des bords, donc en parcourant plus de distance que celle de la route directe utilisée pour le classement.

⁷³ Le TMF = $0.2424 / ((1/\text{Rating}^{0.5}) + 0.0567)$ (ou 0.2424), Le TCC est obtenu d'une manière similaire mais est directement écrit sur le certificat de Jauge.

En d'autres mots le classement se fait indirectement sur la vitesse de chaque bateau pour réaliser le parcours (distance définie par l'organisateur) dans un temps le plus court possible.

On évalue la vitesse de chaque bateau avec le coefficient BSF.

L'acronyme BSF (Basic Speed Factor) correspond au temps en secondes pour qu'un bateau se déplace de 1 mille. Chaque bateau possède donc son propre BSF, puisque cela représente sa vitesse propre. Le BSF se calcule par rapport au rating durant la période Rorc et IOR, par rapport au TCC pour l'IRC.

Ainsi, on arrive à l'expression :

TEMPS COMPENSE (en secondes) = (BSF* DISTANCE) – TEMPS REEL

Avec BSF = 600 / TCC

Le classement « *Temps sur Distance* » a été utilisé, en particulier lors de la première Whitbread (1973/74), pour des raisons propres à cette nouvelle épreuve autour de la planète par les trois caps.

La Whitbread possède en effet la particularité d'être la première course du genre disputée à bord de voiliers d'architectures différentes (mais tous jaugés IOR) ayant des différences de vitesses relativement importantes.

Elle se déroule en 4 étapes d'environ 7 000 Milles chacune. Durant chacune des étapes (environ 35 à 40 jours en moyenne de navigation), les bateaux se trouvent confrontés à des conditions météorologiques très variables. En schématisant, la première et la dernière étape rencontrent des vents médium à légers, rarement forts. La deuxième et la troisième se déroulent pour bonne partie dans les fameux 40^{ième} rugissants, qui méritent bien leur nom même en été dans l'hémisphère sud. Les organisateurs souhaitent alors équilibrer les classements réalisés par cumuls des temps des bateaux dans chaque étape.

En d'autres mots, l'organisateur ne souhaite pas qu'un bateau, ou un groupe de bateaux, accumule un avantage de temps à cause d'opportunités météorologiques exploitées volontairement ou par chance et ainsi que cette situation rende le déroulé des étapes restant à courir inintéressant pour les régatiers et pour le public.

Pour cela, la méthode adoptée, et elle est subtile, consiste à définir⁷⁴ pour chaque étape une longueur de référence, utilisée dans le classement, différente de la distance orthodromique qui représente la route la plus courte quand on

⁷⁴ Dans les Instructions de Course.

navigue autour du Globe. A l'échelle de la Whitbread, avec des étapes d'environ 7 000 milles, l'organisateur ajoute (ou retranche) 500, 1 000 milles « fantômes », soit +/- 7 à 14% de distance, pour rééquilibrer l'effet d'échelle (vitesse) des différents bateaux en course.

Cette pratique s'applique parfaitement sur des distances importantes comme celles des étapes de la Whitbread. Par contre, ajouter 30 ou 60 milles sur une course de 600 milles (ex, Fastnet Race), n'a pas d'effet réel sur les classements et même risque d'être très inéquitable.

En conséquence, la méthode « *Temps sur Distance* ⁷⁵ » n'est pas utilisée pour établir des classements de courses côtières et semi-hauturières. Ces types de course lui préfèrent la méthode « *Temps sur Temps* ».

Méthode simple, facile à mettre en œuvre et surtout qui permet à un bateau de se situer par rapport à un autre concurrent durant tout le déroulement de la course. Ce qui est possible avec la généralisation des AIS qui permettent de connaître la distance restant à parcourir pour chaque bateau par rapport à la ligne d'arrivée, mais en posant l'hypothèse que les bateaux qui se trouvent en arrière rencontrent les mêmes conditions météorologiques que les bateaux qui se situent loin devant...ce qui n'est jamais certain.

Le problème de classements se complique avec le VPP et les polaires de vitesses qui lui sont associées. Comme nous l'avons vu précédemment les polaires indiquent les vitesses pour toutes les allures et entre 5 et 35 nœuds de vent réel. En aucun cas le VPP fournit un rating fixe à chaque bateau.

Les méthodes de classement présentées ci-dessus ne peuvent donc pas s'appliquer.

La méthode de classement initiée par l'ORC s'articule sur la comparaison des performances réelles sur l'eau durant la régate de chaque bateau avec celles théoriques établies à partir du VPP⁷⁶.

L'ORC, maître d'œuvre du VPP conçoit alors deux méthodes :

- **Classement ORC en Temps sur Distance (ToD)**

Temps compensé = Temps réel – (ToD_{Delta} * Distance)

Avec ToD_{Delta} = ToD_{Boat} - ToD_{Lowest}

Le ToD_{Lowest} étant le temps sur distance le plus bas de la flotte, donc celui du bateau le plus rapide, pris dans le classement « temps réel ».

⁷⁵ Les Anglo-Saxons utilisent ToD pour exprimer le Temps sur Distance et ToT pour le Temps sur Temps

⁷⁶ Ce qui implique la connaissance de la vitesse et de la direction du vent.

- **Classement ORC en Temps compensé (ToT)**

Temps compensé = Temps réel * ToT

Pour les courses hauturières le ToT = 600/ToD.

Pour les courses côtières le ToT = 675/ToD.

Quoi qu'il en soit on constate des hiérarchies similaires dans les classements lorsqu'ils sont réalisés simultanément en jauge ORC, IRC, ou ORR⁷⁷.

Acte 34 : De nouveaux systèmes de jauge génèrent une évolution de l'architecture.

Le CHS (Channel Handicap System) né en 1983 sur la fin de l'empire IOR, apparaît pour la première fois dans une « Cruising Division » lors de Cowes – Dinard. 30 bateaux sont inscrits en CHS au milieu de 150 voiliers IOR.

Le CHS deviendra IRC après 17 années de bons et loyaux services, et aujourd'hui quelque 8 000 bateaux dans le monde⁷⁸ utilisent l'IRC. L'audience de l'IRC dépasse celle de l'IOR qui, à l'époque de sa splendeur, rassemblait un effectif de 6000 bateaux effectifs dans le monde.

L'IRC sera reconnue comme Jauge Internationale par l'ISAF (World Sailing) lors de son congrès annuel de novembre 2003 à Barcelone.

Sans trahir le secret de la formule, on peut dire que le CHS, comme l'IRC qui lui succède, est construit sur la base des formules de l'IOR et du RORC. Le choix de conserver cette structure générale comme fondation du CHS repose sur l'idée que le CHS devait obligatoirement utiliser une formule de jauge et non un VPP. Des centaines de formules de jauge ont été écrites en 150 ans. A la fin du 19^{ème} on a même parlé de formule qui permettrait d'arriver à une « Jauge Universelle ».

En fait, la formule du RORC de 1931, basée sur les éléments qui favorisent la vitesse et ceux qui freinent la progression du bateau, à partir d'une modulation statistique des conditions de navigations sur une saison de régates, reste la meilleure formule.

Alors pourquoi réinventer le monde lorsqu'il existe déjà et que ses fondations ne sont pas si mauvaises que cela ?

Les deux créateurs⁷⁹ des formules du CHS (1983) optent pour la partie fiable de la formule de l'IOR en l'adaptant à de nouvelles techniques de mesures.

⁷⁷ L'ORR est une variante simplifiée de la règle ORC. Elle est uniquement développée aux USA.

⁷⁸ En 2005 dans plus de 20 pays.

⁷⁹ Jonathan Hudson (RORC) et Jean Sans (UNCL).

Afin de contrôler l'évolution du support et d'assurer la pérennité de la formule, ils installent un certain nombre de règles techniques subsidiaires paramétrables. Ces éléments et leurs limites imposées donnent alors corps à la formule générale.

Le déplacement du bateau

L'IOR a sombré pour partie à cause de son incapacité à évaluer le déplacement des bateaux.

Le CHS décide de régler ce problème en introduisant la pesée des bateaux vides. Cette opération qui dépend de l'évolution des pesons disponibles sur le marché prendra quelques années pour se diffuser.

Cette idée de pesage des bateaux vide supprime de fait les évaluations des volumes avant et arrière par des mesures totalement ingérables. Cette orientation met fin à toutes les distorsions et déformations architecturales des formes de carène qui nuisent à la vitesse.

Il était illusoire d'imaginer que l'ensemble de la flotte serait pesé, mais comme les bateaux de production sont réellement plus lourds que les descriptifs techniques des chantiers l'annoncent, nous pensions - et le temps nous a donné raison - que les propriétaires trouveraient rapidement leur intérêt à peser leur bateau puisqu'un déplacement plus fort apparaît comme un élément qui diminue le Rating.

La philosophie de l'IRC repose sur le même concept depuis sa création : mesurer et évaluer des paramètres propres à chaque dessin de bateau, mais, en aucun cas, analyser les formes de carènes laissées à la créativité des architectes.

Ce concept différencie fondamentalement l'IRC de tous les systèmes de handicap basés sur l'application des VPP dans les calculs des handicaps.

Les nouveaux matériaux, le numérique révolutionnent la fin du siècle.

Acte 35 : Tout au long du siècle, la technologie révolutionne la Course au Large

Depuis les galères, la technique influe sur l'architecture navale, mais les évolutions se propagent très lentement. Les voiles en coton d'Égypte, le chêne, le cuir, le fer, le bronze séviront pendant plusieurs siècles. L'acier n'entre vraiment sur la scène maritime qu'en 1860 avec la construction du *SS Great Eastern*.

Coté RORC, Tim Thorton, John Moon puis Mike Urwin en 1991 se succèderont au Comité Technique du CHS (IRC aujourd'hui). En 1983, l'UNCL confiera la barre à Jean Sans.

Au fil des recherches, les techniciens expérimentent des nouveaux matériaux, puis progressivement généralisent leur utilisation.

La créativité technologique découle de ces nouveaux matériaux et rejaillit sur les voiliers de course au large comme sur ceux de la plaisance. Les développements de l'automobile et surtout de l'aviation, cette dernière étant très friande de matériaux à la fois performants mécaniquement et d'une densité plus faible que celle de l'acier, boostent les transformations des équipements et celles des formes des carènes et de leurs architectures.

Pendant des siècles et jusqu'aux années 1980, les carènes, c'est-à-dire les tracés et les très nombreux calculs, se faisaient sur la table à dessin avec un crayon et des lattes déformables.

Progressivement, à la fin du 18^{ème} siècle, des arithmomètres apparaissent. Ils évoluent rapidement, vers 1880, avec la machine de **Odner** qui permettait d'exécuter les quatre opérations usuelles et les puissances.



Dès les années 1940, les calculatrices s'électrifient mais restent des caisses enregistreuses. L'architecte travaille toujours manuellement sur des tableaux de données.

En 1973, avec l'HP25, Hewlett Packard propose la première calculatrice électronique⁸⁰ (Texas Instruments et d'autres suivront) qui possède une fonction mémoire et les fonctions trigonométriques, et dispose pour la première fois de 50 pas de programmation.

Certes, les règles à calculs (et les tables de logarithmes) permettaient d'obtenir les racines carrées ou cubiques ainsi que les fonctions trigonométriques (avec une précision relative pour la trigonométrie) mais n'autorisaient pas les additions ni les soustractions. Et ces simples opérations de base restent très nombreuses dans la conception d'un bateau.

⁸⁰ HP utilise la technique de la « notation polonaise inverse » qui simplifie le raisonnement mathématique et supprime l'utilisation de parenthèses.

Le numérique révolutionne la manière de dessiner.

Vers 1970, le numérique entre en scène. Toutefois le numérique ne représente à ce stade qu'un moyen de calculer rapidement et de stocker des données. Rapidement, les architectes et les ingénieurs se lancent dans la production de programmes d'application souvent écrits en « Basic » : un langage informatique simple, facile à programmer, et, surtout, peu gourmand en place mémoire.

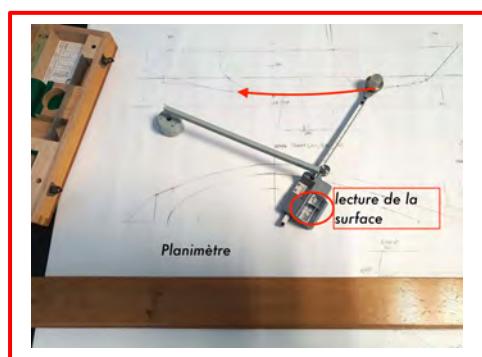
Dans un premier temps, les algorithmes utilisés et programmés sur ces ordinateurs transforment tout simplement la succession des opérations de calculs alors encore réalisées manuellement.

Des outils mathématiques dont on connaissait la formulation théorique (courbes Splines, Bézier⁸¹, Coons) deviennent alors programmables et donnent rapidement naissance à la création de surfaces (objets mathématiques) que l'on peut déformer à loisir en jouant sur les courbes de base et représenter ces surfaces sur un écran. L'informatique (hardware et software) devra inventer la carte graphique (N&B puis couleurs), les tables traçantes, les écrans couleurs, etc...

On passe alors de la représentation visuelle 2D, lecture de 3 vues (face, profil et côté) au mode visuel 3D (perspective) du bateau, comme si on le tenait dans sa main...

En plus de la visualisation 3D, l'immense avantage de la modélisation mathématique des formes de carène offre deux opportunités : d'abord ranger le planimètre dans le placard, ensuite créer les formes volumiques des voiles de quille, des bulbes, des safrans et des voiles.

Pour mémoire, le planimètre est un outil de mesure inventé en 1854 qui permet de mesurer des surfaces planes sur un dessin. Pour ceux qui ne possèdent pas cet outil, il existe d'autres méthodes permettant de calculer une surface, dont la méthode de Tchebychev⁸², assez et performante, ou encore le papier calque millimétré en comptant tous les carreaux de 1mmX1mm...

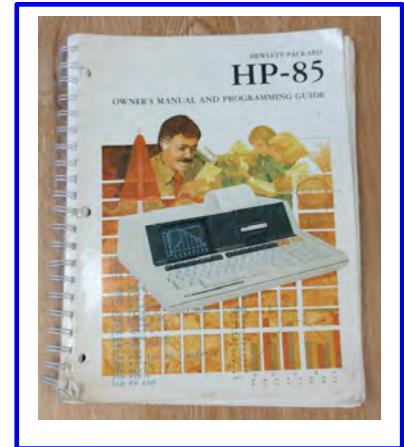


⁸¹ Ces courbes sont des courbes polynomiales conçues par Paul de Casteljau en 1959 pour Citroën et indépendamment par Pierre Bézier en 1962 pour Renault. Seul le nom de Bézier restera à la postérité.

⁸² Pafnouti Tchebychev (1821/1894), mathématicien russe.

C'est tout un monde technique absolument vierge qui s'offre à l'architecture navale en général, donc à la plaisance et évidemment à la course au large.

Marc Pommellet conçoit dès 1980 le logiciel MAAT-Circé qui tourne sur un HP85⁸³. Cette suite logicielle d'Architecture Navale rassemble un modeleur surfacique pour définir la coque et les appendices et un solveur hydrostatique pour gérer la stabilité. MAAT-Circé évolue au cours des années (aujourd'hui « Hydro + »), pour être encore à ce jour une référence dans le milieu de l'ingénierie navale.



Le numérique révolutionne la technique du dessin. Mais, dès la fin des années 90, des programmes de CFD⁸⁴ permettent déjà d'étudier le comportement d'une carène dans un bassin de carène virtuel. Associée aux VPP, une carène devient donc un objet mathématique 3D volumique sur lequel l'architecte ou l'équipe chargée de la conception simule le comportement en navigation (mouvements des vagues, gîtes, etc...) d'un nouveau bateau... Ce qui n'empêche pas d'ailleurs de concevoir des canards boiteux !

Les matériaux progressent et s'installent dans le paysage.

Les formes possibles des carènes, des lests, des bulbes dépendent des matériaux mais surtout de leurs caractéristiques mécaniques.

Plusieurs paramètres entrent alors en jeu : la diversité et la disponibilité des matériaux à des coûts abordables (cette dernière notion restante subjective !) et la mise en œuvre de ces matériaux.

Certains de ces matériaux existent industriellement depuis plusieurs décennies. Le travail en R&D⁸⁵ des métallurgistes ou des chimistes permet un accroissement important de leurs caractéristiques mécaniques. C'est le cas des tôles d'acier nommées HLE⁸⁶ qui offrent maintenant une gamme de 500 à 1 300 Mpa (10 Mpa=1daN/mm² ou sensiblement 1kgf/mm²) de limite élastique, mais aussi des nuances d'alliages d'aluminium qui augmentent en performances ou plus récemment les évolutions dans les fibres de carbone à haut module.

⁸³ Le langage Basic incorporé dans le HP85 permettait de réaliser directement du calcul matriciel. Ce qui allégeait l'écriture de dizaines de lignes de code et allégeait la mémoire. Un HP 85 coutait 3250 \$ (prix US, sans TVA ni droit de douanes) en 1980, soit l'équivalent de près de 10000 \$ aujourd'hui.

⁸⁴ CFD est l'acronyme de « Computational Fluid Dynamics » (Dynamique des fluides numérique)

⁸⁵ R&D : Recherche et Développement

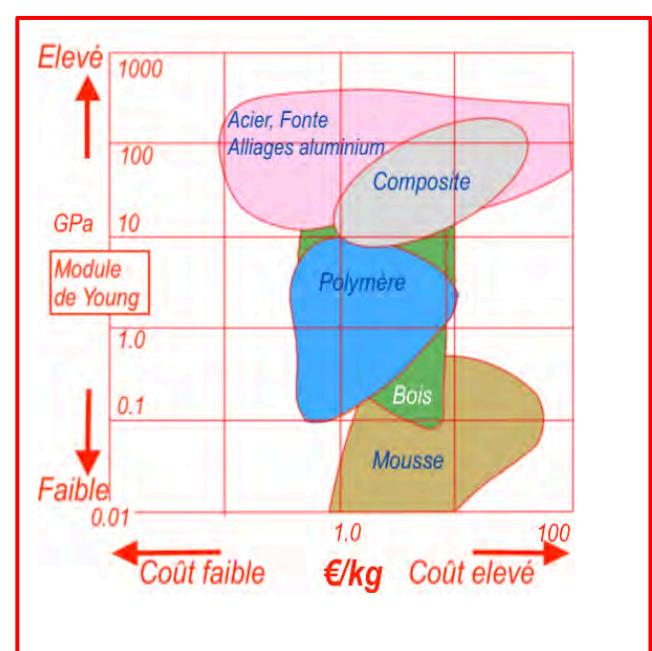
⁸⁶ HLE : Acier à haute limite élastique (exemple le WELDOX)

Une synthèse rapide montre les évolutions mises progressivement à la disposition des architectes après 1950.

- Les alliages d'aluminium développés pour les avions militaires et civils (mâts alu en tôles formées rivetées, puis tubes de mâts extrudés par tréfilage).
- Les constructions en bois moulé à base de colles phénoliques ou résorcines (structure d'avion)
- Le contreplaqué marine
- Le développement de la chimie et la naissance de composites verre/polyester dans les années 40 qui apparaîtront en plaisance vers 1950 et se généraliseront à partir de 1960/65.
- L'application des matériaux synthétiques aux cordages et aux voiles. Invention du Tergal (Dacron) et de l'Aramide (Kevlar) par DuPont de Nemours.
- L'industrialisation et la rationalisation du moulage (infusion).
- La découverte en 1948 de la fonte GS qui permet de s'affranchir de l'acier forgé, et de diminuer largement les coûts (voile quille plus profond, voile de quille avec bulbe)
- Les acier HLE.
- L'étape suivante (éphémère) en course au large correspond à la mise sur le marché du Kevlar, mais la vraie bascule sera l'introduction du carbone seulement vers 1975, alors que ce matériau a été découvert en 1860 pour la fabrication des lampes à incandescence.
- Etc ...

Mais toute médaille a un revers. Ainsi, ces nouvelles technologies associées à l'élaboration de nouveaux matériaux entraînent la conception et la construction des bateaux dans une spirale infernale. La première victime est l'IOR.

En quelques 20 années, on passe du stratifié de verre polyester monolithique appliqué par voie humide, c'est à dire manuellement au rouleau débuleur, au sandwich verre/balsa ou mousse ou Nomex sous vide.



A un moment le Kevlar paraît intéressant pour remplacer la fibre de verre, mais rapidement la fibre de carbone s'impose par ses caractéristiques mécaniques très supérieure.

Les coûts de fabrication explosent d'un facteur 10 à 15.

L'évolution des résistances (limites élastiques) de ces matériaux est éloquente (10 Mpa=1daN/mm² ou sensiblement 1kgf/mm²), comme le montre le tableau ci-dessous.

Types de Matériaux ou Fibres	Résistance à la Rupture	Module d'Élasticité (Young)	Masse volumique Kk/dm ³
Verre E et R	2500 / 3000 Mpa	74 / 86 Gpa	2.6 / 2.7
Kevlar 49	2900 Mpa	130 Gpa	1.45
Carbone M46J	3200 / 4250 Mpa	230 / 390 Gpa	1.7
Acier au carbone standard (ex: XC 38)	550 Mpa	210 Gpa	7.8
Acier Inox 316 L	700 Mpa	210 Gpa	7.8
Acier 17-4 PH	1070 / 1140 mpa	210 Gpa	7.8
Alliage aluminium AG3	200 Mpa	80 Gpa	2.7
Fonte Graphite Sphéroïdal (GS)	500 Mpa	170 Gpa	7.8
Titane (TA6V)	896 Mpa	110 Gpa	4.42
Bois (Acajou "Grand Bassam")	60 Mpa	11.8 Gpa	0.57

Il faut noter que les résistances à la rupture données ci-dessus des différentes fibres (verre, Kevlar, carbone) ne sont pas celles du composite monolithique ou d'un sandwich. En effet, ces fibres, étant incorporées dans la proportion 60% de fibres/40% de résine polyester ou époxyde, forment un matériau non isotrope dont les caractéristiques mécaniques sont largement plus faibles.

Durant quelques années, les techniques de constructions soudées en alliages d'aluminium attirent la préférence de nombreux propriétaires depuis de petites unités (3/4 Ton comme *La Railleuse* ou *La Concorde*) ou les Maxi, type *Charles Heidseick III, Disque D'or*, etc...

Harlé avec *Sauvagine* en 1965, Finot avec *Révolution* et les Galiote des Glénan, Sylvestre Langevin avec la série, entre autres créations, des Flot 18, 27, 38 montrent la voie. Ils obtiennent un ensemble coque/pont très rigide par l'utilisation d'une répartition très serrée des membrures et des lisses. Langevin choisira l'aluminium pour le dessin du catamaran ELF AQUITAIN, vainqueur de la Route du Rhum en 1982 (Marc Pajot).

ELF AQUITAINE

Longueur : 18.00 puis 20.20 m

Largeur : 10.80 m

Poids : 7.80 t

Mât : 23 m puis mât aile de 22 m, corde 0.77m

Tirant d'eau : 0.45/2.30 m puis 3.00 m

Matériaux : Aluminium

Surface de voile au près : 175 puis 200 m²

Surface de voile au portant : 435 m²

Mise à l'eau : 1980



Mais la chaudronnerie aluminium possède des limites liées à la mise en œuvre des tôles et donc à la conception de la forme de la carène. En effet le formage industriel le plus simple consiste à déformer les tôles sur des bases cylindriques ou coniques, c'est-à-dire en faisant courir des génératrices droites sur une courbe directrice. Cette méthodologie, rapide en main d'œuvre, donc moins onéreuse, interdit toutefois la création de surfaces gauches souvent nécessaires dans certaines zones des carènes.

Produire des surfaces gauches impose la déformation à froid de la tôle dans deux directions en la martelant sur un tas en acier au moyen d'un marteau (manuel ou mécanique). En fait on étire la fibre de la tôle ou on la retreint. C'est évidemment plus long, et surtout limité à des éléments de tôles de faibles surfaces assemblés ensuite entre eux par soudure.

Les alliages d'aluminium compatibles avec le milieu marin possèdent un module de Young moins favorable (résistance mécanique) ainsi qu'une faible résistance à la fatigue, ce qui les expose aux développements de fissurations.

En quelques années, les alliages d'aluminium n'ont pas pu concurrencer technologiquement les sandwiches, d'abord à base de fibres de Kevlar, et surtout de carbone.

Avec les matériaux composites, toutes les formes architecturales imaginables deviennent constructibles par moulage sur des pièces mères usinées en CN à 5 ou 6 axes⁸⁷, directement à partir du fichier numérique de l'architecte.

⁸⁷ CN à 5 ou 6 axes : fraiseuses à Commande Numérique. Ce type de machines est né durant la Ww2.

Parallèlement, les colles développées pour l'aviation permettent de fabriquer des mâts en alliage d'aluminium à double peau. Certains audacieux, disposant de moyens financiers et technologiques, tentent l'expérience de l'usinage chimique des surfaces intérieures des tubes de mât afin de répartir la matière en fonction des sollicitations mécaniques locales pour alléger les tubes. Là encore, le stratifié en carbone prendra progressivement le dessus.

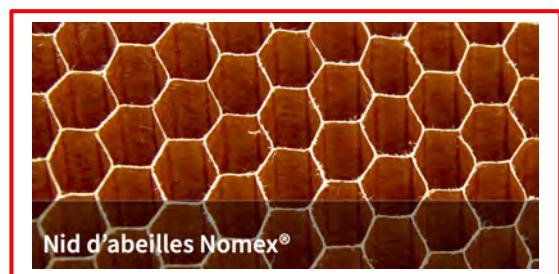
La construction à partir de panneaux en composite utilisant le balsa comme âme (Arpège par Dufour) est progressivement remplacé par des mousses de différentes densités. Ce qui autorise une adaptation des poids des sandwichs en fonction des zones sollicitées. Globalement, les mousses rigides affichent des poids de l'ordre de 40 à 70 kg /m³. L'optimisation s'oriente alors vers des matériaux plus légers comme le Nida (pour nid d'abeilles).

Le Nida, entièrement en aluminium ou en composite verre avec âme en aluminium, déjà employé dans l'aviation civile depuis le lancement de Caravelle (brevet Sud-Aviation), s'intègre parfaitement sous forme de panneaux préconstruits afin de remplacer le contre-plaqué ou le sandwich verre/mousse dans les structures intérieures des bateaux (cloisons, carlingue, panneau etc.).

L'utilisation de ce matériau diminue la masse de l'ensemble coque, pont, cockpit et améliore réellement la rigidité de la poutre navire. Le gain de poids permet de descendre légèrement le centre de gravité du bateau et améliore le moment de redressement aux faibles angles de navigation, tout en réduisant les mouvements de tangage.

Notons par exemple, que plus la poutre est raide, donc résistante en flexion et en torsion, plus il est envisageable de naviguer avec un étai raide et ainsi limiter la déformation des volumes des voiles.

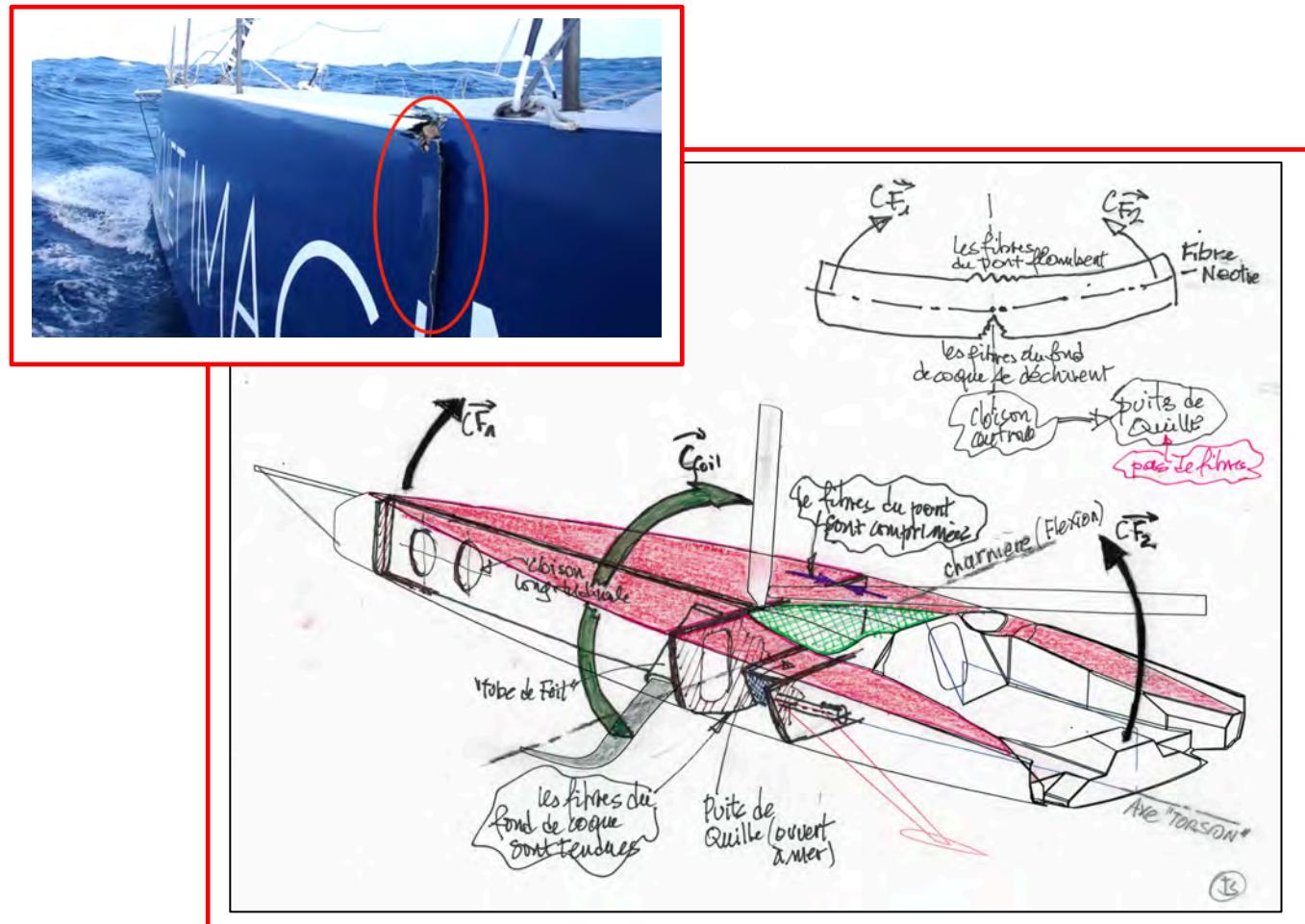
Vers 1982, une variante du Nida utilise le Nomex® dans la fabrication du sandwich. Son prix et les difficultés de mise en œuvre limitent sa diffusion. Le Nomex® est une fibre aramide, qui associée à une résine phénolique, permet de fabriquer des panneaux de sandwich Nida très résistants en compression, mais surtout plus légers que la mousse expansée.



Ce type de sandwich de composite carbone/Nomex® utilisé pour la fabrication de la coque permet d'obtenir une poutre navire hyper rigide. Plus la

poutre est « raide », c'est-à-dire, résiste à la flexion et en torsion, plus il est envisageable de naviguer avec un étai raide et un minimum de déformation des volumes des voiles.

Mais malgré les qualités de ces matériaux, trop de confiance, peut-être aussi une sous-estimation des contraintes en présence aboutit à des ruines impressionnantes.



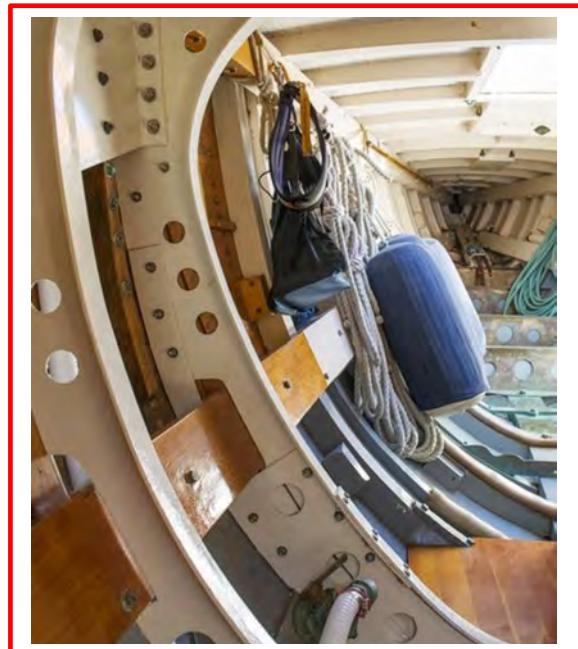
Le seul défaut du Nomex® est de se dégrader au contact de l'eau en cas de fissuration d'une des peaux, fut-elle en carbone. Les fissurations résultent de l'effet « Slamming » (chocs répétitifs à grandes cadences) subi par certaines formes de carènes.

En jouant sur des épaisseurs variables de l'âme en Nomex® donc des bordés, des panneaux, et des structures en fonction des sollicitations propres à chaque zone de la coque et du pont, les constructeurs arrivent à produire des coques pontées et structurées très légères. Par exemple, en 1990, 420 kg pour un Two Tonner de 12 m de long.

Sans les fibres de carbone, il n'existerait pas de Maxi de 100' gréé en sloop avec un mât de 45 mètres de haut. Seul un espar en composite carbone haut module cuit dans un four et associé à un gréement dormant en fil de carbone, permet de respecter les critères de stabilité imposés par les normes.

Un Maxi des années 2005/2015 navigue avec 1 100 m² de surface sous spinnaker asymétrique et dispose d'un RM1° de l'ordre de 1.6 T.m.

Il faut toutefois être réaliste, la technologie à base de carbone dans la fabrication des coques, ponts, cloisons, renforts, que ce soit en monolytique ou en sandwich verre/polyester/mousse ou balsa, reste peu abordable financièrement pour la très grande majorité des propriétaires. Par contre, elle contribue à rendre les architectes très inventifs pour améliorer le potentiel de vitesse des carènes. Seule la fabrication des mâts, optimisée depuis quelques années se diffuse modérément.



Mais, malgré les qualités de ces matériaux (carbone monolytique et composite carbone), trop de confiance, peut-être aussi une sous-estimation des contraintes en présence et de l'importance des process de mise en œuvre, aboutissent à des ruines impressionnantes. Bateaux pliés en deux, voile de quille en carbone ou même en titane cassés, mâts poinçonnés à l'étambrai ou au pieds de mât, etc...

La course au large est un sport mécanique, au fil des époques les inventions de matériaux nouveaux et leurs mises en œuvre, autorisent un saut en avant des performances sportives.

Lorsque les matériaux et les techniques associées progressent très vite, à chaque nouvelle évolution, quelques bateaux se détachent du lot, puis rapidement la technique se diffusant nivelle les performances. La génération précédente descend alors d'un cran.

On entend aussi souvent dire, qu'à toute nouvelle invention ou création on trouve le même corollaire, les coûts augmentent.

Ce n'est pas toujours vrai, par exemple l'introduction du stratifié verre/polyester et du contre-plaqué marine, ont contribué à la diffusion de la plaisance et à l'augmentation en nombre et en qualité marine et aussi en performances des voiliers de course large ou côtière, mais aussi des dériveurs.

Par exemple sans l'invention du tréfilage des mâts en alliages d'aluminium, il aurait été impossible de développer les voiliers de plaisance ou de régate en n'utilisant comme matériau que le bois, fût-il du spruce. Ces remarques sont vraies pour les gains en termes de caractéristiques techniques, mais aussi en prix.

Mais pour une même nouvelle technique, le stratifié verre/polyester, il existe un océan technologique entre la construction par voie humide des années 60 et celles en sandwich de 1990 ou de l'infusion, dès le début du 21^{ème} siècle.

Au final, la période 1965-2000 s'avère beaucoup plus inventive et aventurière que toutes les années antérieures d'activités des jauge RORC ou CCA.

Les performances des carènes, la stabilité de route

Acte 36 : Sans contrainte de jauge, les carènes se libèrent ...

Au début des années 80, une sorte de climat libertaire, à l'opposé du conservatisme architectural ambiant, s'installe au motif que la liberté et l'absence de règles paraissent être la base de l'aventure, surtout si elle s'exprime avec les océans comme terrain de jeu.

Ces courses prendront plus tard le nom de Courses Open⁸⁸.

L'OSTAR inaugure en quelque sorte ce cycle en 1960, bien que qualificatif de Course Open n'ait jamais été accolé à l'OSTAR. L'esprit de cette première Transat se résumait à : un *Homme*, un *Bateau*, un *Océan*, un *parcours imposé* et une *seule règle*. Le premier arrivé gagne. On revient aux concepts de la Bermuda Race en 1906.

L'environnement de l'OSTAR est connu des marins :

⇒ Le parcours Plymouth (GB)/Newport (USA) au mois de Juin se caractérise ainsi :

Le Gulf Stream s'oppose à la progression des bateaux lorsque l'on cherche à naviguer sur la route la plus courte (l'orthodromie).

⁸⁸ Je ne suis pas certain que ce soit le nom le plus adapté à ce que les coureurs souhaitaient.

Le passage des dépressions océaniques génère des vents contraires. Toutefois, il existe aussi une route plus au sud, plus longue, mais moins exposée aux courants et vents contraires. Quelques concurrents l'adoptent.
⇒ Mais globalement, il faut, pour gagner, naviguer au près, faire du cap, et en l'absence de règle, ne pas se priver d'avoir un bateau raide à la toile.

Il arrive que les croyances les plus ancrées trébuchent parfois. Un jour de 1972, soit 12 ans après la première édition de l'OSTAR, un trimaran (*Manureva, ex Pen Duick IV*) barré par Alain Colas, gagne l'OSTAR. Cette victoire change le cours de choses.

D'abord, on pense que la domination du monocoque en course au large vient de se terminer. En effet, quatre ans après la victoire du trimaran initié par Tabarly, Mike Birch⁸⁹ remporte la première Route du Rhum (1978)⁹⁰ sur son petit trimaran de 10 m de long, en coiffant sur la ligne d'arrivée le long (18m) cigare bleu (Kriter) dessiné par Mauric et barré par Michel Malinovsky.

La victoire inattendue de Tabarly en 1976 avec Pen Duick VI montre que ces conclusions étaient un peu hâtives. En l'occurrence, le temps exécrable régnant sur l'Atlantique nord en ce mois de juin a rendu la vie (très) dure aux multicoques.

En fait, il n'y a pas un changement de paradigme qui s'appuierait sur l'architecture monocoque ou l'architecture multicoque. Les finalités de ces deux types d'architectures sont très différentes. Celle du monocoque est archimédienne et fonctionne entre 0° et Avs° (entre 110 et 130°), tandis que celle du multicoque relève d'une plage d'équilibre obligatoire entre un couple de redressement et un couple vélique et un risque de chavirage très élevé.

L'aventure commence en monocoque

Discrètement, le Boc Challenge naît aux USA en 1982/83. Cette épreuve est la première course en solitaire en 4 étapes autour du Monde.

Le Boc Challenge réfute évidemment toute idée de jauge, exceptée la limitation de la longueur hors tout à 18.28 m (60 pieds). Une deuxième édition est lancée en 86/87.

Lors de la première édition, les architectures, à part celle du bateau de Philippe Jeantot, ne sont absolument pas typées pour la trajectoire et les conditions météorologiques de la course décelées grâce aux trois Whitbread déjà courues (une grande majorité de vents portants).

⁸⁹ Mike Birch (1931-2022), skipper de légende.

⁹⁰ Il faudra attendre 8 éditions (et 2006) pour que la vitesse moyenne sur la Route du Rhum passe de 10 nœuds à 20 nœuds.

Jeantot s'adresse à Guy Ribadeau-Dumas pour lui dessiner son bateau.

L'architecte et le coureur s'accordent sur un sloop en alliage d'aluminium de 17m avec un BMAX de 4,55m, un tirant d'eau de 3m et un déplacement de 14 tonnes,

mais aussi équipé de 2 ballasts de 1500 litres : ce qui est innovateur en course au large. Notons que Pen Duick V (35 pieds) possédait déjà des ballasts liquides (400 litres), un bulbe et un trimmer lors de sa victoire dans la Transpacifique (San Francisco - Tokyo 5700 milles) en 1969.

Philippe Jeantot survole les 4 étapes et gagne en 159 jours. Il précède, il est vrai, des voiliers bien plus conventionnels et anciens.



Pour la deuxième édition (1986/87), l'ancien plongeur de la Comex commande, fort des enseignements de la première édition, un nouveau bateau à Guy Ribadeau-Dumas. Le déplacement avoisine toujours les 15 tonnes, pour 18,28m de longueur hors tout, soit 18m environ de longueur à la flottaison dynamique, affiche un bau maximal de 5,10m et 3,30m de tirant d'eau, et possède toujours un ballast liquide, passé à 2000 litres.

Implicitement, le potentiel de performances s'accroît comme le montre la diminution du ratio déplacement $^{\wedge} (1/3)$ / longueur. J'ajoute que le bau maximal important de 5.10 m favorise l'augmentation du BWL lorsque le bateau gîte. Cela se traduit par un glissement latéral plus important du centre de carène sous le vent et, en conséquence, par une intéressante augmentation du moment de redressement quand la gîte du bateau se situe entre 15 et 25°.

Le ballast latéral rempli déplace de quelques dizaines de centimètres au vent le centre de gravité du bateau. Il a le même effet qu'un équipage assis sur le rail de farge et contribue à l'augmentation de puissance du bateau.

Cette recherche d'augmentation de la puissance notamment entre 60 et 90° du vent vrai, devient rapidement la clef de voûte de l'évolution des carènes dans ces courses open en monocoques.

Quatre bateaux français skippés par Philippe Jeantot (1^{er}), Titouan Lamazou (2^{ème}), Jean-Yves Terlain (3^{ème}) et Guy Bernardin (4^{ème}) s'adjugent les quatre premières places de cette deuxième édition du BOC. Jean-Luc Van Den Heede (VDH) termine second en Classe 2 sur un Wasa 55.

Il est certain que les ballasts augmentent le déplacement, ce qui paraît un handicap aux allures portantes. Toutefois les ballasts étant implantés relativement en arrière assurent un cabrage de la carène qui limitent le risque d'enfournement et augmente la portance des formes avant. Cette particularité améliore aussi la marche du bateau dès que la route s'ouvre entre 60 et 90° du vent réel.

Ci-contre, *Biscuit Lu* dessiné par Joubert/Nivelt. Ce bateau est déjà au format futur du Vendée-Globe.

Hormis le bateau de VDH, les quatre autres bateaux possèdent des carènes favorables au parcours et aux tendances météorologiques statistiquement prévues.

Wasa 55 :

LHT : 13.5 m

LWL : 10.7 m

BAU : 2.55 m

TE : 1.95

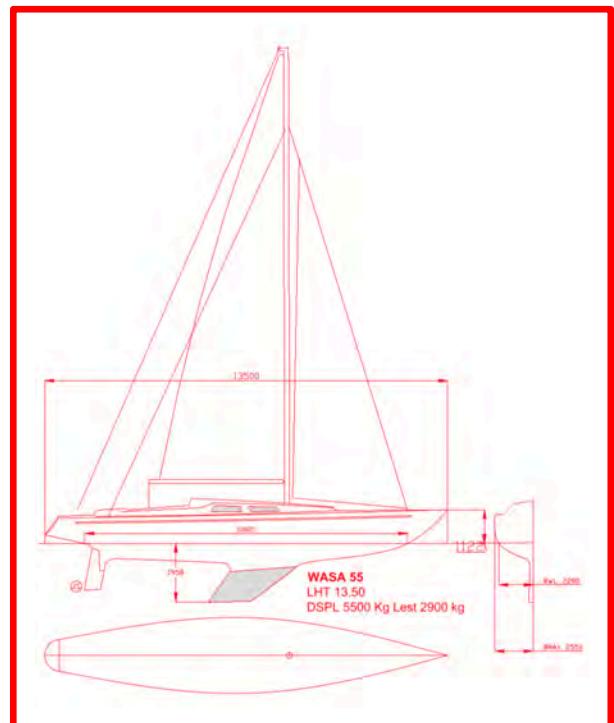
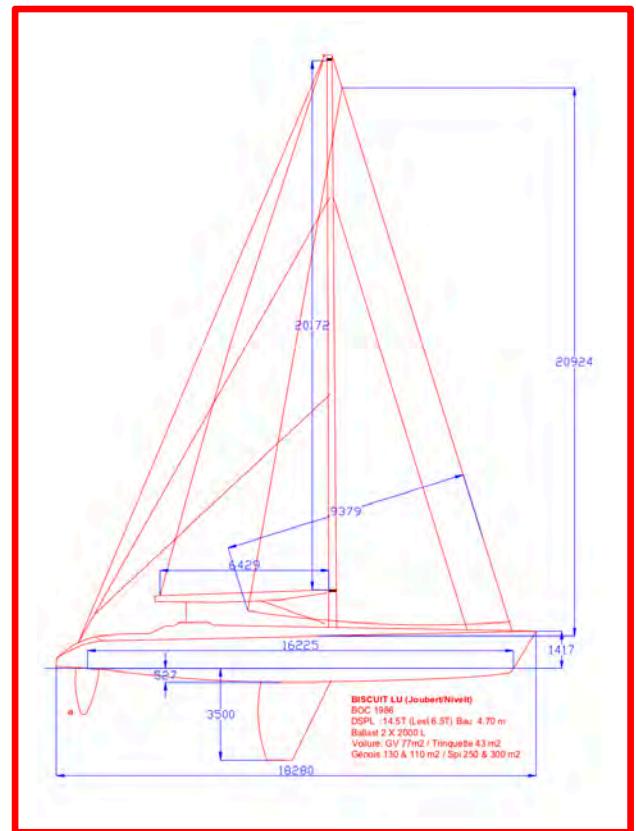
DSPL : 5 500 kg Lest : 2 900 kg

GV : 33 m², génois max 39 m²,

Solent : 22 m²

Spinnaker : 100 m².

La fabrication en alliage d'aluminium ou en sandwich et monolithique fibres de verre/polyester de cette première génération de bateaux Open ne permet pas d'obtenir des poids de coque comparables à ce qui sera produit avec la fibre de carbone 10 à 15 ans plus tard. Cela se répercute sur les moyennes globales.



Pour les premiers BOC, les moyennes se situent au niveau de la vitesse archimédienne de chaque bateau (8.5 à 10 nœuds). Le déficit de vitesse au portant est évident. On l'attribue à leurs déplacements assez élevés et à un niveau de puissance encore faible, comme le montre les chiffres ci-dessous.

Entre 86/87 et 2 000, sur un parcours autour du monde par les trois caps d'environ 26 000 milles (type Vendée Globe) ou 29 000 milles (type BOC), un IMOCA (60 pieds, 18.28m) du début des années 2 000, affiche un déplacement à vide de 9T/9.5T, soit 35 à 40% de moins que les bateaux des premiers BOC. À cela s'ajoutent 4.5 m de tirant d'eau et 3T à 3.5T de ballast latéral liquide sur chaque bord.

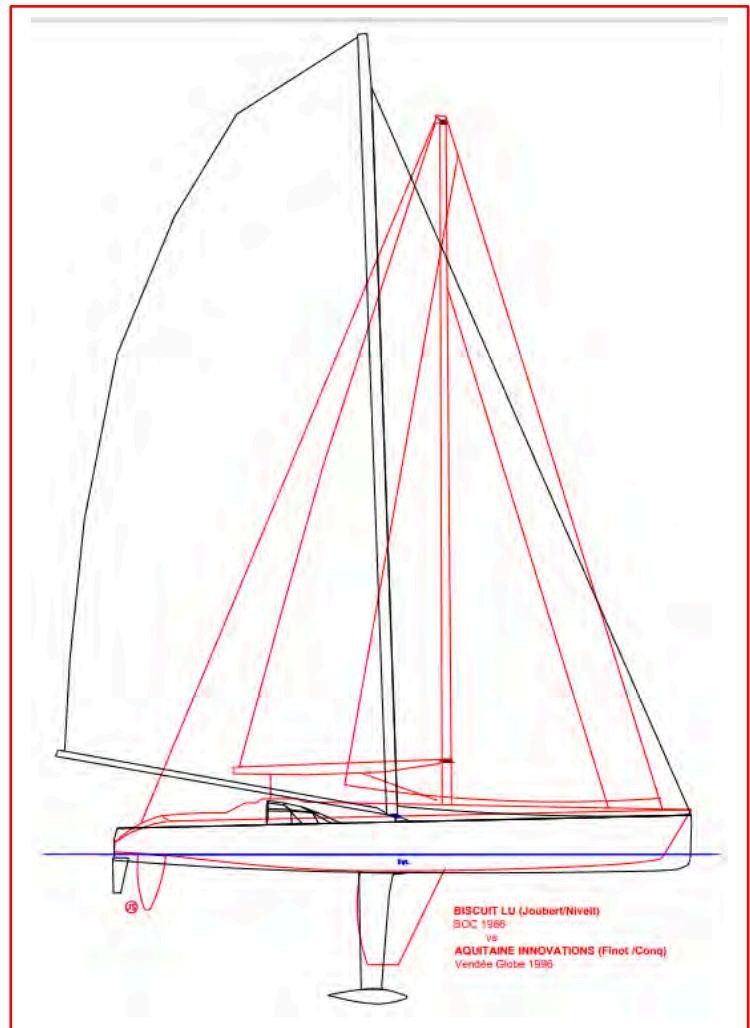
Aussi, les voiliures de 210 m² au près et de 470 m² au portant de 1989 deviennent 350 m² au près et 560 m² au portant en 2 000 !

Le ratio $S^{0.5} / DSPL^{(1/3)}$ explose.

Durant ces années, la tendance architecturale progresse sans aucun contrôle avec pour seul objectif : générer de la puissance utilisable.

La puissance s'obtient par le couple de rappel du bateau aux faibles angles de navigation c'est-à-dire entre 15° et 25/30°. Dans cette plage de gîte, la courbe de stabilité $RM = f$ (Angle de Gîte) est proche de la tangente à 0° de gîte.

Donc, plus la pente de cette tangente est raide (on la nomme $RM1^\circ$) plus le bateau est puissant aux angles de navigation usuels.



Cette augmentation de raideur se traduit par un moment de redressement maximal plus important... Mais aussi par une diminution rapide de l'angle de chavirement (Avs). Cette dernière évolution posera rapidement problème.

L'engouement du public et de la presse, se porte non pas sur la performance en termes d'amélioration de la puissance des bateaux, mais sur l'aventure en solitaire et la capacité des marins à mener des bateaux de plus en plus voilés dans des zones maritimes particulièrement inhospitalières et loin de toute terre réellement habitée, sans oublier le contournement du mythique Cap Horn.

Acte 37 : Les carènes planantes s'installent.

Un tour d'horizon de l'environnement Archimédien.

Le régime archimédien correspond d'abord au passage du bateau dans l'eau. La stabilité vient ensuite, dans le sens où l'architecte dessine des lignes d'eau qu'il pense être les plus performantes en termes d'écoulement, évidemment sur la base des caractéristiques générales souhaitées.

A la disparité visuelle et technique de l'architecture navale se greffe une partie invisible qui englobe des notions scientifiques comme la raideur, la stabilité, les volumes immersés, le centre de gravité, le centre de carène et de voilure, la surface mouillée, la puissance, le coefficient prismatique... Soit autant de formules et de calculs associés.

Plutôt que de présenter un mémoire d'architecture navale (beaucoup d'ouvrages de qualité existent à ce sujet, dont celui de Dominique Presles⁹¹), continuons d'aborder ces points techniques au fil des évolutions des dessins créés par les architectes.



⁹¹ Dominique Presles & Dominique Paulet : Architecture Navale, 199 - Edition de la Villette.

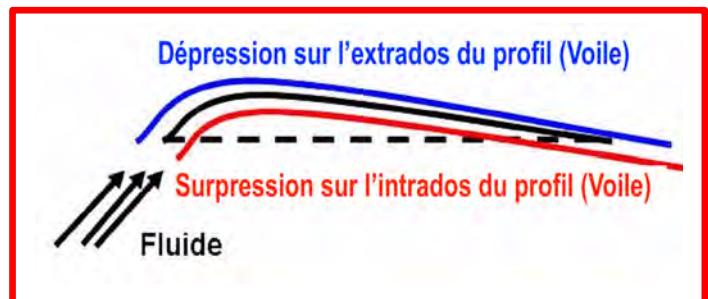
On relie usuellement une idée architecturale avec l'environnement technique du moment. Cela prouve que la clef de voûte se trouve dans cet environnement et dans l'état des connaissances.

C'est une évidence, mais quand même plus complexe à appréhender qu'on le pense généralement. On doit beaucoup à deux scientifiques du 19^{ème}, Froude et Reynolds, d'avoir théorisé l'effet de l'écoulement de l'eau autour d'une carène.

Toutefois, un siècle avant (18^{ème}), le physicien Suisse Daniel Bernoulli démontre (Théorème de Bernoulli) le principe de la conservation de l'énergie sous certaines hypothèses de l'écoulement du fluide, qu'il soit liquide ou gazeux. A partir de ce théorème, d'autres physiciens, mettent en évidence l'effet Venturi et aussi l'effet Magnus⁹².

L'effet Venturi permet d'expliquer que :

- Sur l'intrados d'une voile, il y a une augmentation de la pression due à un ralentissement de l'air (effet Venturi). Cela se traduit physiquement par une surpression sur l'intrados.
- Sur l'extrados de la voile, la pression diminue simultanément car l'air circulant s'accélère. Il se crée alors une dépression sur l'extrados.



La nature ayant horreur du vide, la surpression comble la dépression, et génère la force aérodynamique (portance) qui permet la propulsion du bateau. Cette démonstration s'applique aussi au safran dès que le barreur l'oriente ou au voile de quille à cause de l'effet de dérive.

Revenons aux phénomènes hydrodynamiques.

L'ingénieur Britannique William Froude (1810/1879) est le premier à établir des lois fiables à propos de la résistance à l'avancement que l'eau oppose aux carènes des navires. Il présente aussi de travaux sur la prédition de leur stabilité.

Le physicien-ingénieur irlandais, Osborne Reynolds (184/1912), théorise l'hydrodynamique et la dynamique des fluides.

⁹² L'effet Magnus génère une force longitudinale sur un cylindre vertical libre en rotation dans un champ de vent. Installé sur un pont de bateau, on constate que le navire se déplace.

Leurs travaux représentent une telle valeur que la communauté scientifique internationale donnera leurs noms à deux nombres sans dimensions toujours utilisées : le Nombre de Froude et le Nombre de Reynolds.

On sait que lorsque le bateau parcourt une longueur correspondante à sa longueur de flottaison, la carène déplace de l'avant à l'arrière un volume d'eau égal à son déplacement.

Exemple : un bateau de 12m de LWL, et pesant 6.5 tonnes, déplace, à la densité près, 6.5 m³ d'eau.

Ce déplacement d'eau se matérialise par le creusement de la vague entre l'étrave (début de la longueur à la flottaison) et la voûte AR (fin de la longueur à la flottaison). Ce qui est particulièrement visible sur la photo ci-dessus.

Mais la réalité apparaît encore plus complexe car l'eau résiste à ce déplacement.

Quelles résistances ?

La résistance à l'avancement R_x d'une carène, nommée aussi trainée, correspond à la force qu'il faut exercer sur une carène pour la déplacer sur un plan d'eau parfaitement calme, d'un mouvement rectiligne uniforme à vitesse constante.

On montre que cette résistance à l'avancement est principalement la somme de deux résistances :

- Une résistance visqueuse R_f
- Une résistance de vagues R_w

$$R_x = R_f + R_w$$

Le frottement de l'eau sur la coque crée une résistance visqueuse et s'exprime sous la forme :

$$R_f = 0.5 * C_x \rho S V^2$$

Où ρ est la masse volumique de l'eau (1025 kg/m³) et C_x le coefficient de trainée qui dépend des formes plus ou moins hydrodynamiques de la carène, de la rugosité de la surface de cette carène et du nombre de Reynolds.

S est la surface mouillée de la coque et V la vitesse du bateau.

La résistance de vagues est spécifique à l'interface eau/air qui se développe depuis la vague d'étrave jusqu'au sillage (au niveau du tableau arrière) par déformation de la surface libre de l'eau.

Le passage de la carène creuse le plan d'eau.

Elle est de la forme : $R_w = 0.5 * C_w \rho S V^2$

C_w représente un coefficient sans dimension qui dépend du nombre de Froude.

Les autres coefficients sont identiques à ceux utilisés pour la résistance visqueuse.

Ces théories forment les fondations du calcul des TCC (ou des ratings) durant plusieurs décennies d'utilisation des règles du RORC, de l'IOR, de l'IMS, de l'ORC et de l'IRC⁹³.

Cela permet de déduire les constats suivants :

- Lorsque la vitesse du bateau est faible (vent faible), le déplacement de la carène provoque peu de vagues. En conséquence la résistance due aux effets des vagues R_w est réduite. C'est la résistance visqueuse R_f qui est prépondérante, d'où l'intérêt d'avoir d'une faible surface mouillée et une carène propre et d'une faible rugosité.

Le nombre de Froude (Fn) est alors inférieur à 0,4.

- Lorsque la vitesse augmente, la résistance des vagues R_w s'amplifie plus vite que la résistance visqueuse R_f . La longueur d'onde maximale de la vague est celle de la longueur à la flottaison dynamique (LFLOT). LFLOT correspond à LWP + un pourcentage des élancements du bateau. LFLOT trouve son existence dès que le bateau gîte par l'effet des voûtes rasantes et les étraves élancées.

Le bateau atteint alors sa vitesse limite archimédienne que l'on nomme « Vitesse critique de carène ».

Le nombre de Froude (Fn) est égal à 0,4.

La vitesse critique archimédienne s'exprime ainsi : $V_c = Fn * (g * LFLOT)^{0.5}$

Avec $g = 9,81 \text{ m/s}^2$,

LFLOT en m

$Fn = 0,4$.

Soit V_c (m/s) = $1,25 * (LFLOT)^{0.5}$ ou $V_c = 2,44 * (LFLOT^{0.5})$ pour obtenir V_c en nœuds.

Quelques chiffres :

LFLOT = 10 m $V_c = 7.72 \text{ nds}$

LFLOT = 12 m $V_c = 8.45 \text{ nds}$

LFLOT = 18 m $V_c = 10.35 \text{ nds}$

⁹³ Acronymes des principales jauge utilisées depuis 1835 pour la course au large.

L'architecte britannique Uffa Fox (1898-1972) perturbe alors ces raisonnements en dessinant, dès 1928, des dériveurs qui planent et arrivent à naviguer à une vitesse supérieure à la vitesse critique V_c présentée ci-dessus.

Uffa Fox invente aussi, accessoirement, le trapèze sur ses dériveurs. La fédération britannique interdit immédiatement cet artifice qui permet d'augmenter la puissance des bateaux en désaxant la position du centre de gravité du bateau et donc d'augmenter le bras de levier qui entre dans le calcul du moment de redressement.



- On comprend alors qu'un pic d'énergie permet au bateau de monter sur sa vague d'étrave, et de partir au planning, c'est à dire en survitesse permanente tant que les conditions de vents restent relativement stables.

La résistance des vagues atteint son maximum juste avant que le planning se déclenche. Ensuite, cette résistance diminue considérablement. Ce qui explique que l'on peut réduire les gaz sur une vedette à moteur dès qu'elle commence à planer, et cela sans perdre de vitesse.

Mais la résistance visqueuse, résultante du frottement de l'eau sur la surface de la coque croissant avec le carré de la vitesse, ($R_f = 0.5 * C_x \rho S V^2$), explique que, bien que planant, donc au-delà de sa vitesse critique de carène, le bateau ne peut pas continuer à accélérer indéfiniment... A moins d'être sustenté verticalement et que sa carène sorte de l'eau. Ce qui représente un autre domaine de déplacement non archimédien !

Dans ce mode début du planning établi, le nombre de Froude (F_n) est de l'ordre de 0,65.

La vitesse critique théorique au planning devient alors :

$V_{pla} = 3,96 \cdot (LFLOT^{0.5})$ pour obtenir V_{pla} en nœuds.

Ou V_{pla} (m/s) = $2.04 \cdot (LFLOT^{0.5})$

Quelques chiffres :

$LFLOT = 10 \text{ m}$ $V_{pla} = 12.52 \text{ nds}$

$LFLOT = 12 \text{ m}$ $V_{pla} = 13.72 \text{ nds}$

$LFLOT = 18 \text{ m}$ $V_{pla} = 16.80 \text{ nds}$

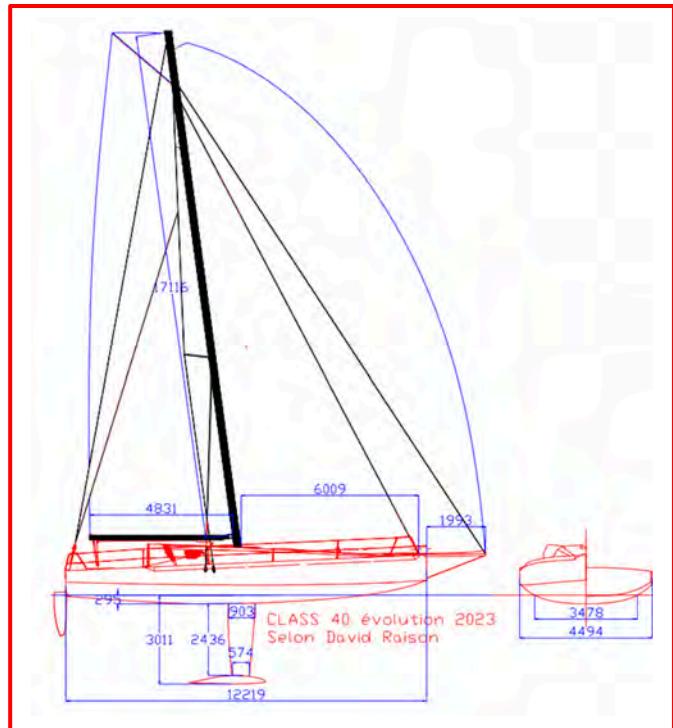
Cette approche, bien que scientifique, reste toutefois théorique.

Les résultats obtenus avec cette formule n'expriment que des ordres de grandeur car la transposition dans la réalité dépend des formes de chaque carène et de l'évolution de la position du centre de carène, de l'assiette de chargement (position longitudinale et transversale du centre de gravité) et du centre de voilure. Autant de paramètres qui définissent l'aptitude à planer d'un bateau.

En 2023, aux allures portantes, les carènes de Class 40 planent. La théorie prévoit 13.72 nœuds. La réalité est toute autre. Les progrès des nouveaux dessins de carènes typées pour les allures portantes avec des plans de voilure très reculés, beaucoup de quête et des formes avant tulipées montrent que la vitesse soutenue à 140/150° du vent réel atteint maintenant les 25 nœuds, voire plus en vitesse instantanée.

En contrepartie, la vitesse au près vérifie la prévision de calcul de la vitesse archimédienne. Par exemple un Class 40 (LFLOT=12m) possède une vitesse critique archimédienne de 8.45 nœuds. Toutefois, certaines carènes voient leurs centres de carène se décaler sous le vent grâce à des dessins de surfaces de flottaison elliptiques à la gîte. Cela génère plus de puissance, donc de surface de voilure, et ainsi permet de dépasser cette vitesse critique de quelques petits pourcents (1, 2, ...3%) lorsque le bateau navigue au près serré mais surtout au près océanique.

Pour revenir quelques dizaines d'années en arrière, les architectes dessinent vite des dériveurs qui planent (505, Flying Dutchman, Finn, Yole OK, Laser, etc...). La transposition de ces principes architecturaux sur un bateau océanique nécessite des choix entre des options totalement inconciliables. En effet, la stabilité initiale est très faible sur un dériveur. L'équipage (1 ou 2 équipiers), dont le poids peut dépasser celui du bateau vide, assure la stabilité latérale du bateau en navigation. C'est impossible à transposer sur un bateau offshore.



Une culture architecturale très orientée « Couloir lesté », culture qui remonte à la deuxième partie du 19^{ème} siècle et dont les jauge RORC et IOR ont été longtemps l'image moderne, bloqué cette évolution vers des carènes planantes.

Dès le milieu des années 70, la créativité de certains architectes bouscule ces dogmes et permet de concevoir des bateaux véloces aux allures portantes tout en devenant progressivement plus performants aux allures de près. Mais ces tentatives restent très relativement ponctuelles.

Acte 38 : Le premier Vendée-Globe (1989)

Après l'évènement Poupon, le système (course Open) diverge en seulement 3 éditions.

Les interrogations et l'expectative s'installent !

Suite à la première édition de 1973, puis durant les 16 années à venir, jusqu'en 1989, cinq Whitbread s'enchaînent avec le même succès international, et toujours sous la règle IOR.

Aucune des éditions de la Whitbread ne connaît de problèmes liés à la stabilité. Les seuls événements tragiques sont des équipiers qui tombent l'eau et ne peuvent pas être récupérés.

Les deux premiers BOC Challenge (82/83 et 86/87) se déroulent aussi sans connaître d'événements majeurs hormis les abandons.

Dès 1981, les balises de localisation ARGOS développées par le CNES équipent tous les bateaux participants aux courses Open. Toutefois les balises ne sont pas directement exploitables par les skippers.

En effet le système de localisation est unidirectionnel, c'est-à-dire que le satellite à défilement lorsqu'il « voit » la balise transmet ce signal au CNES installé à Toulouse. Le centre de Toulouse en déduit la position en longitude et latitude de la balise repérée. Comme le satellite balaye plusieurs concurrents, il édite un « flot », c'est-à-dire un listing de toutes les balises identifiées. Ce « flot » est communiqué au Comité de Course qui le transmet en vocal par BLU à tous les concurrents lors d'une vacation. Généralement ARGOS diffusait trois « flots » par 24 heures.

En cas de naufrage, le skipper embarquait dans son radeau avec sa balise (Diamètre 35cm, épaisseur 8cm et quelques kg)

Il est nécessaire de rappeler le contexte technique de ces deux décennies 70/80. Les fichiers Grib (champs de vent) n'existent pas, ni les liaisons internet. Le Standard C (télex par satellite) a été lancé en 1979 par Inmarsat. Le GPS se met en

place progressivement à partir de 1991. Les SatNav, navigateurs par satellites à défilements, voient le jour en 1980. La reconnaissance satellitaire de la position de la banquise ou des icebergs est en gestation.

Seule la calculatrice Tamaya dispense d'embarquer les tables de calculs types HO249 ou Dieumegard/Bataille, nécessaires à la navigation astronomique, puisqu'elle est programmée en utilisant les formules de trigonométrie sphérique.

Les navigateurs du bord décoden les cartes météorologiques à partir des liaisons radios en morse, puis par fax à partir de 1980, grâce au Nagra (cartes isobariques reçues par fax) quand les moyens financiers du bord le permettent.

En 1989, Philippe Jeantot lance le premier Vendée Challenge (qui deviendra Vendée Globe). Cette course autour du monde en laissant l'Antarctique à tribord, présente la particularité d'être sans escale ni assistance. Aucune contrainte n'est imposée par une règle de jauge, à l'exception du tirant d'eau (4.5m à cause du port de départ Port Olonna), d'un dépassement cumulé et limité à 1.82m pour le bout dehors, et l'extrémité arrière de la bôme. L'avis de course supprime la règle 51 des RCV (lest mobile), mais limite l'effet des ballasts liquides à 10° de gîte.

Lors de ce premier VG, se côtoient les bateaux issus de l'expérience du BOC Challenge, ainsi que de nouveaux dessins dans le même esprit mais théoriquement plus performants. Les organisateurs laissent la place à l'éclectisme, un bourlingueur des mers, *Pen Duick III* skippé par Jean-François Coste prend part à la course et la termine en 163 J 1h 19' 20" (6.64 nœuds).

C'est un dessin du duo Luc Bouvet & Olivier Petit, skippé pat Titouan Lamazou qui remporte le premier VG en 109 jours et 8 heures sur *Écureuil d'Aquitaine II*, soit à une moyenne qui flirte avec les 10 nœuds.

Le bateau d'Alain Gautier (plan Finot-Conq) préfigure notamment par son design, les orientations architecturales des futurs IMOCA⁹⁴ de la première génération 91/96 : pont plat, roof minimal, tableau arrière droit et large (95% du BMAX), francs-bords faibles, grande largeur (5,80m). Cependant les déplacements, bien que diminuant, frôlent encore les 13/14 tonnes.

Dès ce premier Vendée Globe de 1989, le terme chavirage apparait sans prévenir sur la scène océanique, et laisse apparaître une déficience de la stabilité des bateaux.

⁹⁴ La Classe IMOCA sera créée en 2000. L'acronyme IMOCA permet d'identifier les bateaux du VG.



Pour la première fois dans une course offshore, un bateau se retrouve couché à 90° dans les 40^{ème}, au sud du cap de Bonne Espérance, et reste bloqué dans cette position.

Beaucoup de choses seront écrites sur le chavirage de Philippe Poupon à bord de son Fleury Michon. Le plan de voilure initial en sloop a évolué vers une solution en ketch qui apparaît à son skipper plus appropriée aux conditions météorologiques des 40^{ème}.

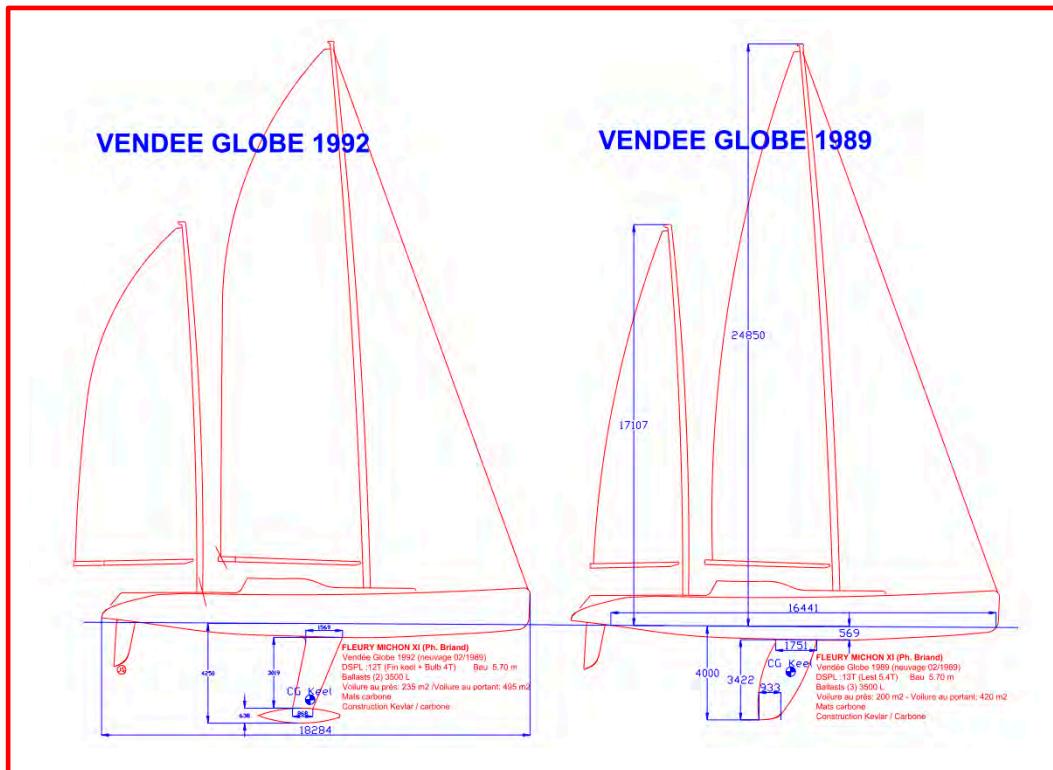


Ce passage du gréement sloop au gréement ketch se traduit par une augmentation de la masse de 200kg (mât, gréements, voile, ferrures) dont le CG se trouve implanté à mi-hauteur du mât d'artimon (plus le franc-bord). Cela se traduit par une élévation du centre de gravité général du bateau. Il semble aussi que l'incident se soit produit avec les ballasts au vent remplis. Ces transformations mis bout à bout diminuent l'angle de chavirage (Avs) de quelques 8 à 10°.

A la conception, le seuil de chavirage (Avs) d'origine (sans le gréement d'artimon) est prévu vers 115°. Cette valeur représente la norme de l'époque.

Sur les images (faites par Loïck Peyron) du bateau couché, on distingue très bien que le mât pose sur l'eau, et que la gîte du bateau avoisine les 90° à 95°. On observe aussi que le safran se trouve largement au-dessus de la surface de la mer.

L'architecture de ce bateau évolue d'ailleurs entre le VG de 1989 et le suivant. Pour la 2^{ème} édition, le tirant d'eau augmente, mais surtout un bulbe conséquent est implanté à son extrémité afin d'obtenir un CG final qui assure une stabilité estimée suffisante.



L'angle de chavirage (Avs) comme paramètre sécuritaire n'est pas réellement pris en compte par les architectes, les skippers, ni par les organisateurs car, phénomène culturel oblige, il est évident qu'un « Keel Boat » revient toujours en position Gîte= 0°.

Le débat sur un chavirage éventuel n'existe pas dans la sphère « Course au Large », que ce soit en France ou ailleurs.

La stabilité, vaste domaine, souvent rempli de contradictions.

Globalement, il existe un réel manque d'appétence, hormis au niveau de la raideur aux angles de navigation (vitesse optimum en régate), pour les renseignements physiques fournis par la courbe de stabilité, dont :

- Le Moment de Redressement (Puissance), matérialisé par le sommet de la courbe bleue.
- L'angle de chavirage (Avs),
- L'évaluation de l'énergie (>0 et <0) représentée par les surfaces comprises entre la courbe et l'axe des ordonnées (angle de gîte)

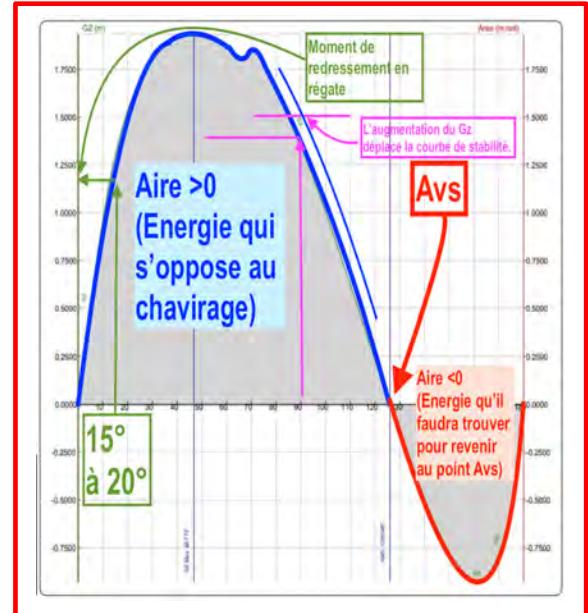
L'augmentation du moment de redressement (descendre le CG ou augmenter le BWL) améliore la raideur du bateau, donc son aptitude à porter plus longtemps la surface de voile maximale, sans gîter plus. Mais, cela se réalise au détriment du glissement du point Avs vers la gauche (l'angle de chavirage diminue alors et l'aire négative augmente).

Mais la seule zone de la courbe de stabilité qui intéresse au premier chef les skippers, propriétaires, architectes, est celle comprise entre 0° et 25° (zone de gîte en régate) et le RM maximum afin de calculer la section du profil du mât.

Jusqu'en 1996, circulait l'idée dans l'inconscient collectif, qu'un voilier possédant une quille extérieure (la fameuse expression anglo-saxonne « Keel Boat ») ne peut jamais atteindre l'angle de gîte de chavirage (Avs) assez largement supérieur à 110° , car le mât est sous l'eau à cet angle. On en a conclu (trop) rapidement qu'un bateau quillé ne peut pas chavirer et qu'il était donc auto-redressable (« Self-Righting »).

En effet, si la technique relative au calcul (et au tracé) de la courbe de stabilité est bien connue et documentée, sa pratique effective se trouve beaucoup moins développée, surtout lorsque le centre de gravité se trouve désaxé par rapport au plan de symétrie du bateau suite à l'effet des ballasts. En fait, la technique du dessin en 2D, rend très difficile l'action de faire gîter le bateau, 5° par 5° , de 0° à 180° à volume immergé constant. L'assiette longitudinale (Trim) correspondante aux inclinaisons successives devient très complexe à prendre en compte. Ces difficultés font que les architectes tracent une courbe de stabilité correspondante au projet initial (carène symétrique) pour un chargement donné, et s'en tiennent à ces résultats. J'ajoute, qu'aucun critère de stabilité n'existe. Ce point sera explicité dans un prochain chapitre.

Ajoutons, qu'en raison de la complexité à la représentation en 2D (dessins avec trois vues de face, profil et dessus), les architectes réalisent des stabilités isoaires (des couples) qui consistent à faire pivoter le bateau autour d'un axe perpendiculaire passant par le centre de carène du maître couple correspondant à l'angle de gîte étudié.

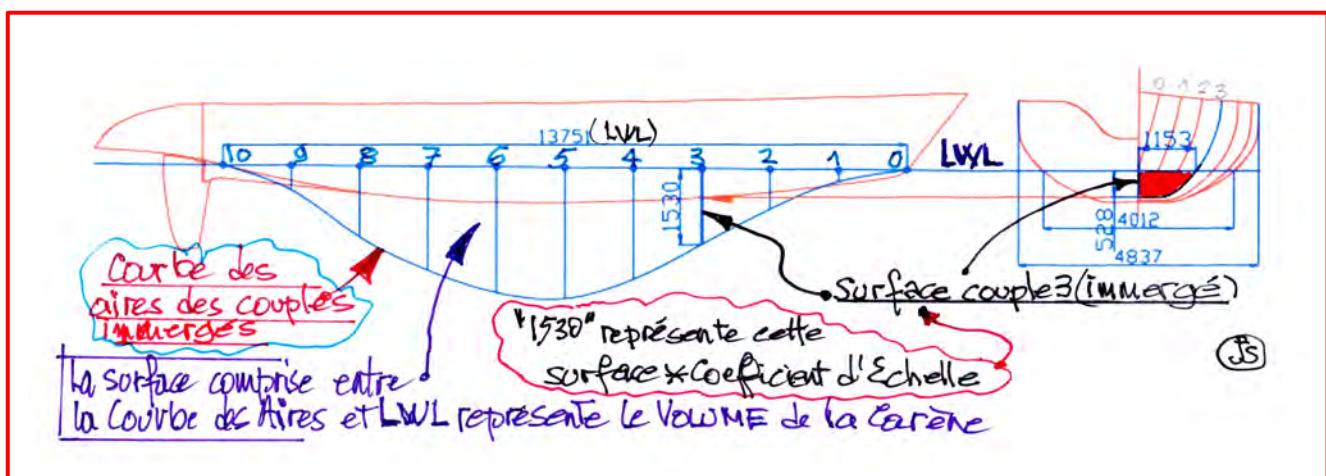


Normalement, les calculs de stabilité doivent réaliser des rotations (gîte) iso-carènes successives car elles conservent le volume immergé constant de la carène à tous les angles de gîte. Cette méthodologie introduit, dans la construction géométrique, les « trim⁹⁵ » (inclinaisons sur le nez) successifs à chaque angle de gîte de carène. Ça complique les constructions géométriques.

Dans la réalité, la méthodologie iso-aires, bien que moins précise, est adoptée pour les calculs 2D. Il faut attendre le milieu des années 90, pour que les algorithmes des logiciels de calculs hydrostatiques travaillent en iso-carènes, puisqu'ils dessinent un bateau comme un volume étanche (3D).

Pour comprendre facilement le volume de travail entre une étude de stabilité iso-aires et iso-carènes, il faut décrire le processus qui permet de trouver le volume de la carène à partir d'un dessin 2D.

- A partir du dessin de la carène partagé par exemple en 10 couples, on mesure (avec un planimètre) pour chaque couple sa surface immergée.
- Cette surface est reportée le long de la ligne de flottaison au droit de chaque couple
- On trace alors la courbe (Nommée Courbe des Aires) qui joint les 10 points relatifs aux surfaces de chacun des couples et aux deux extrémités de LWL.
- Le calcul de la surface comprise entre la courbe des Aires et la ligne de flottaison donne le volume immergé « V ».
- $V * \text{densité} = \text{Déplacement du bateau}$



⁹⁵ « Trim » : angle négatif (le bateau s'enfonce de l'avant) que fait le bateau au fur et à mesure qu'il gîte.

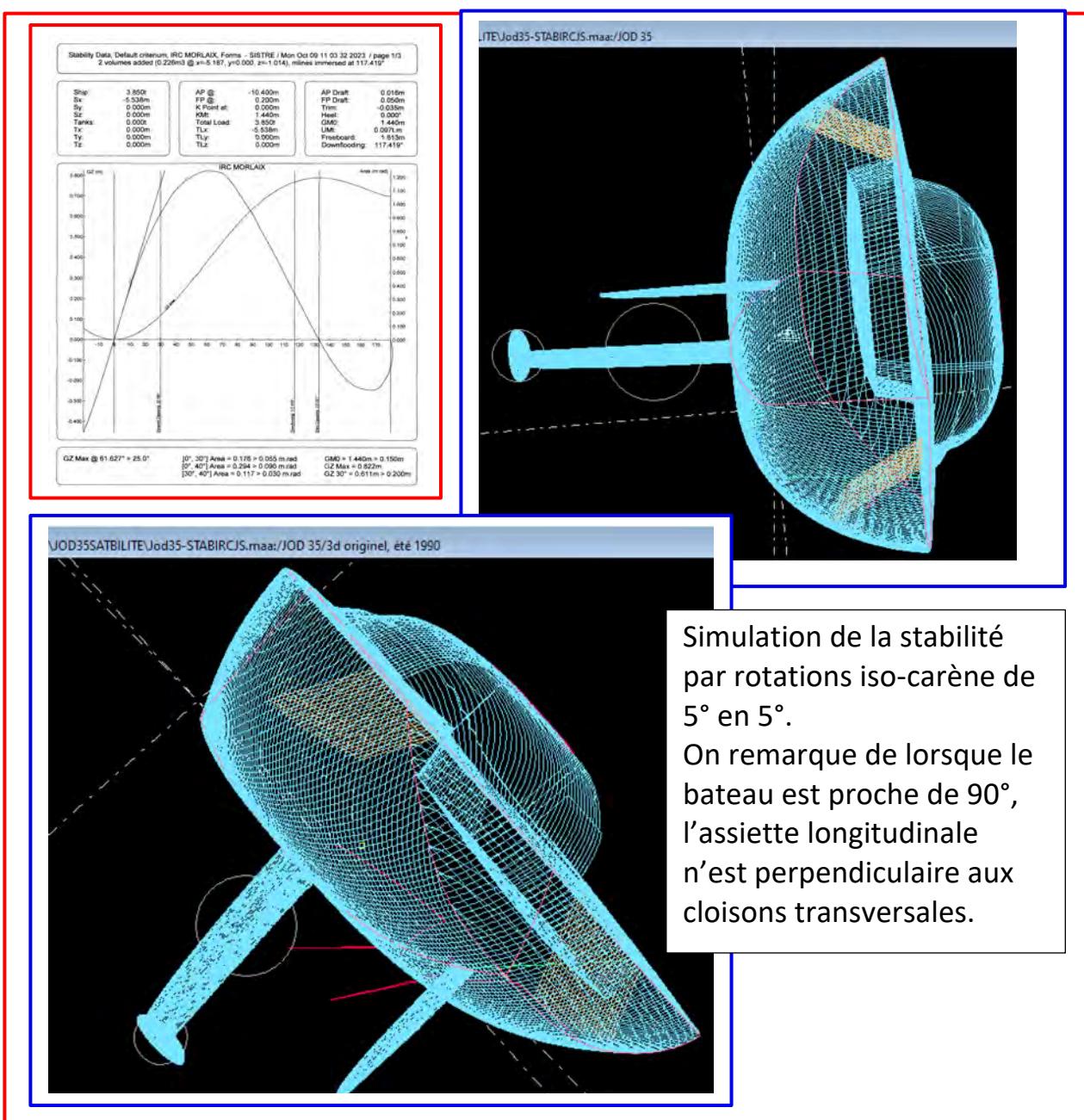
Lorsque l'on fait giter le bateau en iso-aires, on recherche la flottaison relative à la gîte souhaitée à partir de l'aire du maître couple en position 0°.

Dans cette position gitée on détermine son centre de carène (CC).

On trace les verticales passant par CC et CG et on mesure la distance Gz entre ces 2 verticales.

$Gz * \text{Déplacement} = \text{Moment de redressement à l'angle de gîte choisi.}$

On reproduit cette opération de 10° en 10° (Ou 15° en 15°) afin d'obtenir la courbe de stabilité. En fait on fait giter le bateau autour d'un axe perpendiculaire au maître couple, ce qui n'est pas la réalité.



La méthode iso-carène consiste à faire gîter le bateau à volume constant du modèle 3D, ce qui amène le maître couple à n'être plus vertical dans les rotations successives (le bateau pique du nez).

Un algorithme permet ces rotations iso-carènes entre 0° et 180° avec des pas de 1°, 2.5°, 5° en une quinzaine de secondes au lieu de plusieurs heures sur la table à dessin en iso-aires et encore plus en iso-carènes.

Suite à l'incident de Poupon survenu en décembre 1989, les organisateurs, comme les architectes tirent des enseignements et imposent un Gz (Distance horizontale entre le CG et le CB) minimal à 90° de gîte lorsque le bateau est en condition de chargement et ballasts vides. Mais ce Gz n'est qu'un des paramètres qui décrivent la stabilité.

Certes, il est possible en connaissant le déplacement du bateau, de déterminer la position de son centre de gravité (CG) par la méthode des « Petits angles » (protocole standard appliqué sur tous les navires). Ensuite, on peut calculer et évaluer les critères de stabilité réels du bateau en intégrant cette position du CG sur les plans 2D. La difficulté réside alors dans le fait que l'autorité sportive est incapable de définir et donc d'imposer des critères de stabilité à respecter.

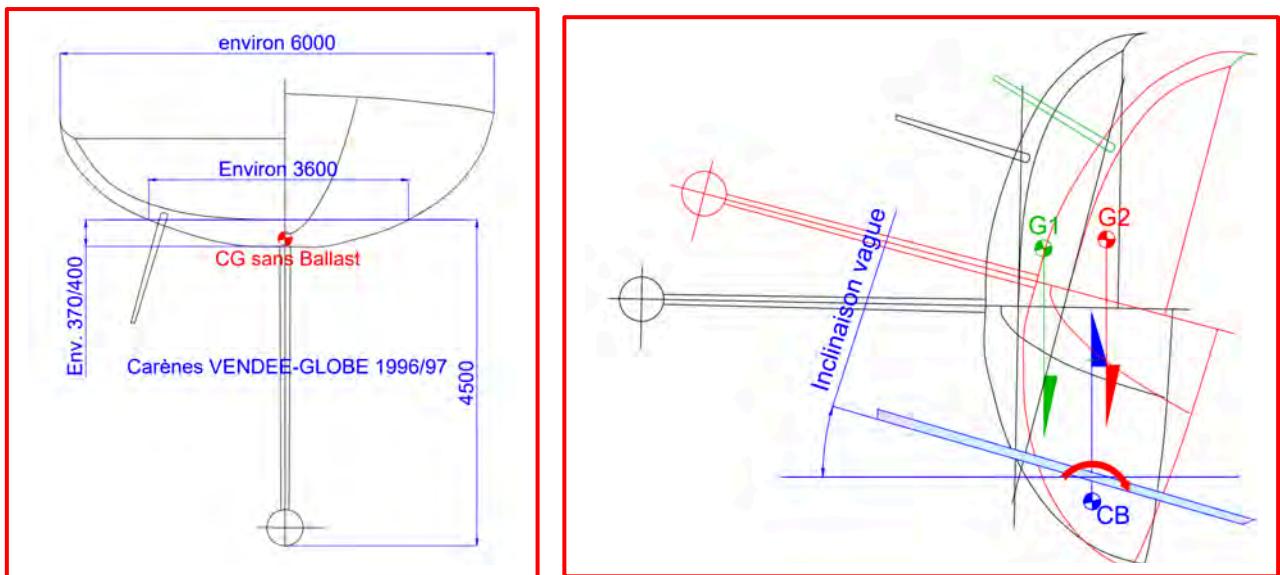
Mais imposer et contrôler nécessitent de disposer des plans de forme du bateau (en 2D en 1989 et cela pour quelques années encore) mais surtout que l'autorité sportive dispose des moyens humains pour réaliser tous les calculs. Ce qui correspond à une qualification d'architecte.

La décision d'imposer un Gz minimal à 90° de gîte, se résume finalement à une déclaration de l'architecte et n'est en aucun cas contrôlée.

L'utilisation de ballasts latéraux complique aussi le contrôle de l'évolution et de l'éventuelle dégradation des critères de stabilité de chaque bateau. Tant que l'on ne possède pas de modèle volumique 3D, on est incapable de déterminer la position (X, Y, Z) réelle des centres de gravité des ballasts (les volumes peuvent être obtenus avec un débitmètre).

Lors de la deuxième édition du VG (1992), plus clémence au niveau météo, aucun incident lié à un défaut de stabilité n'apparaît. La pression se relâche, et l'architecture reprend alors ses droits et ses évolutions vers des carènes encore plus puissantes et performantes en vitesse aux allures portantes.

La voile est un sport mécanique et dans tous ces types de sports où la technique entre pour une part très importante dans le résultat, le risque d'excès et de dérive existe.



Les positions G_1 et G_2 (ci-dessus) correspondent à celles du centre de gravité avec le ballast au vent rempli (puissance maximale).

On distingue nettement que selon l'inclinaison de la vague (et la carène suit sensiblement cette inclinaison), le CG passe du mauvais côté du Centre de Carène (CB) et le chavirage se produit.

Les ingénieurs (mais c'est dans la nature humaine) recherchent d'abord la vitesse là où c'est facile et peu onéreux.

Les exemples les plus frappants de dérives dans un sport mécanique se sont produits en F1, notamment avec les jupes installées tout autour de la caisse de la voiture.

Ces jupes génèrent un effet de sol (aspiration) qui plaque la voiture au sol et permet de descendre les chronos de manière spectaculaire, et cela pour un prix dérisoire.

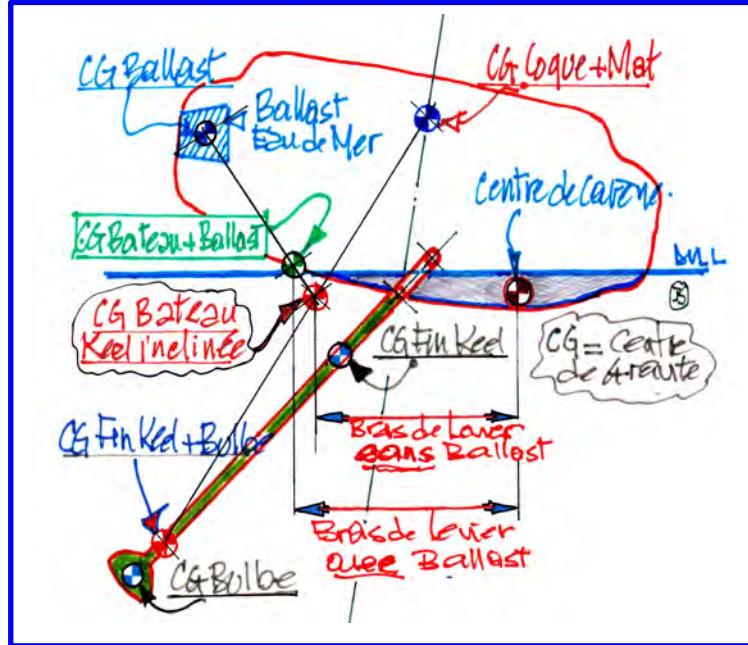
Le problème devient surprenant et totalement incontrôlable lorsque la coque de la voiture se trouve en ascension et atteint la butée mécanique de la suspension... A cet instant, la voiture décolle de quelques centimètres, la jupe ne touche plus la route et la voiture s'envole... Comme une feuille dans un courant d'air d'automne. Après plusieurs accidents mortels, les jupes ont été interdites.

Une dérive identique se produit quelques années plus tard avec les ailerons aérodynamiques arrière des mêmes F1. Ces ailerons reliés à la suspension augmentent la charge sur l'arrière de la voiture. En deux ans, l'architecture des F1 passe de 1 à 3 ailerons superposés ! Jusqu'à ce que l'autorité sportive s'alarme et limite drastiquement cette pratique.

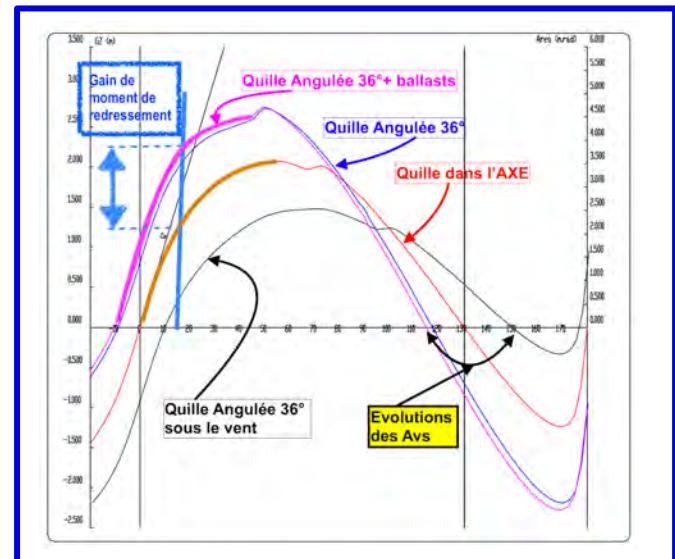
En ces fins d'années 90, les dessins d'IMOCA paraissant drogués aux surfs dans le grand sud s'orientent vers :

- Des carènes hyper planantes (BWL important et faible creux de coque).
- Une quille pendulaire et des ballasts latéraux moins volumineux
- Des francs-bords faibles, un pont absolument plat, un roof minuscule, afin de limiter le poids dans les hauts et obtenir un centre de gravité (CG) du bateau plus bas de quelques centimètres afin d'augmenter le moment de redressement, donc la puissance disponible.
- Un mât rotatif afin d'améliorer l'aérodynamisme mât/grand-voile.

Et au final au diable l'Avs pourvu qu'on ait la vitesse...



En cette fin de siècle, l'informatique commence à envahir les bureaux d'études et permet d'optimiser simultanément les dessins de plusieurs carènes (les VPP⁹⁶ se diffusent alors grâce à l'ORC). On dispose alors de tous les ingrédients pour que l'environnement technologique se retrouve insidieusement hors contrôle.



⁹⁶ VPP : programme informatique (Velocity Prediction Program) qui simule un bassin de carène.

En IMOCA, où pratiquement aucune prescription de jauge ne concerne le dessin de la coque, du pont et du roof, tout le monde recherche un ratio puissance / poids (exprimé par le ratio $S^{0.5}/DSPL^{(1/3)}$) le plus élevé possible pour performer aux allures portantes prédominantes.

La surface de voilure se découpe, mais comme la base du plan de voilure se trouve limitée par la longueur de la coque (18.28m) et celle de 1.82 m, cumulant dépassement du bout dehors et celui de la bôme par rapport au tableau arrière, gagner de la surface ne peut se réaliser que dans deux directions :

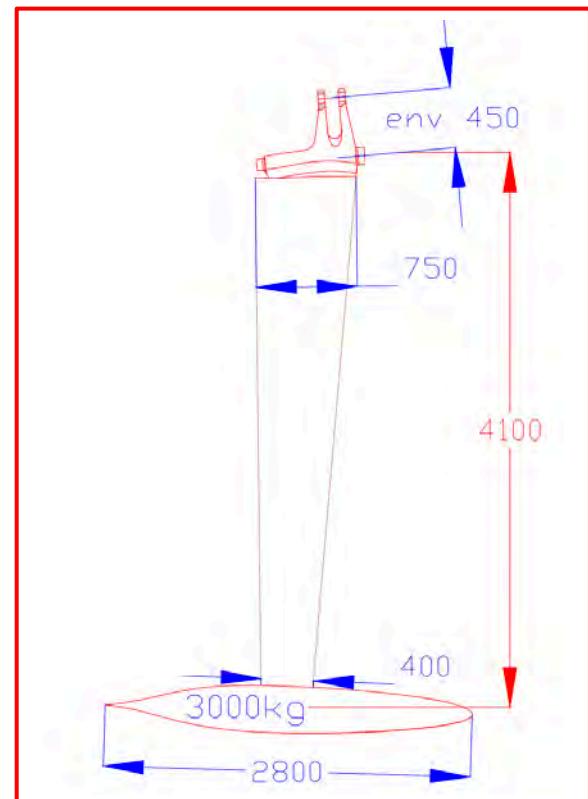
- ✓ La hauteur du mât et le capelage d'étai
- ✓ Le rond de chute de la grand-voile.

Conséquence, la surface de voile aux allures portantes atteint rapidement les 600 m². Cela impose que le bateau puisse résister au couple de chavirement créé par la force vélique sans se trouver couché sur l'eau ou même subir une gîte qui handicape le passage de la carène dans l'eau.

Mais se pose alors la question : Comment réguler au près ou aux allures portantes, de manière la plus continue possible la gîte du bateau aux alentours de 15°/25° (angle optimum en navigation) avec cette surface de voilure ?

Le problème est complexe car la force vélique croît avec le carré de la vitesse du vent apparent. Certes, les bulbes (1.5 à 2 T) placés en bout d'aileron de quille se situent à une profondeur de 4.5 m et les 2 à 3 T de ballast en eau disposés latéralement, contribuent à obtenir un moment de redressement important. Toutefois ce moment de redressement demeure cependant difficile à réguler, même en jouant sur la contenance des ballasts liquides.

Cette régulation de l'assiette transversale afin de conserver un potentiel de vitesse optimum devient l'objectif des skippers.



Dans un premier temps l'implantation de ballasts à eau de mer apparaît comme le remède miracle. L'idée n'est pas nouvelle. Déjà les Sandbagger US utilisaient cette technique du ballastage vers 1890. Les ballasts présentent l'avantage de pouvoir augmenter le moment de redressement, donc la raideur. Par contre les ballasts augmentent très sensiblement le déplacement du bateau (3000 Litres c'est 20% du déplacement (15 T) des premiers bateaux inscrits au VG des années 90 !).

La solution viendra des skippers des Mini 650 (une catégorie « laboratoire » des voiliers du Vendée Globe) qui introduisent dans leurs bateaux une quille pendulaire manœuvrée avec des commandes par palans. L'idée n'est pas nouvelle, elle a même fait l'objet de multiples brevets aux USA, sans être pour autant expérimentée. Passer de l'idée à une réalisation fiable, demande déjà un minimum d'ingénierie pour l'appliquer sur un Mini 650. Transposer ce système sur un IMOCA ou sur d'autres grands bateaux, oblige à mettre en œuvre une technologie beaucoup plus complexe et lourde.

En effet, faire pivoter de 35° à 40° et maintenir en position un bulbe de 3000 kg environ, situé à 4 mètres du fond de coque (axe de rotation) en disposant d'un bras de levier de 450 mm à l'intérieur de la coque, impose d'implanter un vérin hydraulique qui développe environ 15 Tonnes de poussée (quelques skippers utiliseront très temporairement une variante du système à palans utilisée sur les Mini).

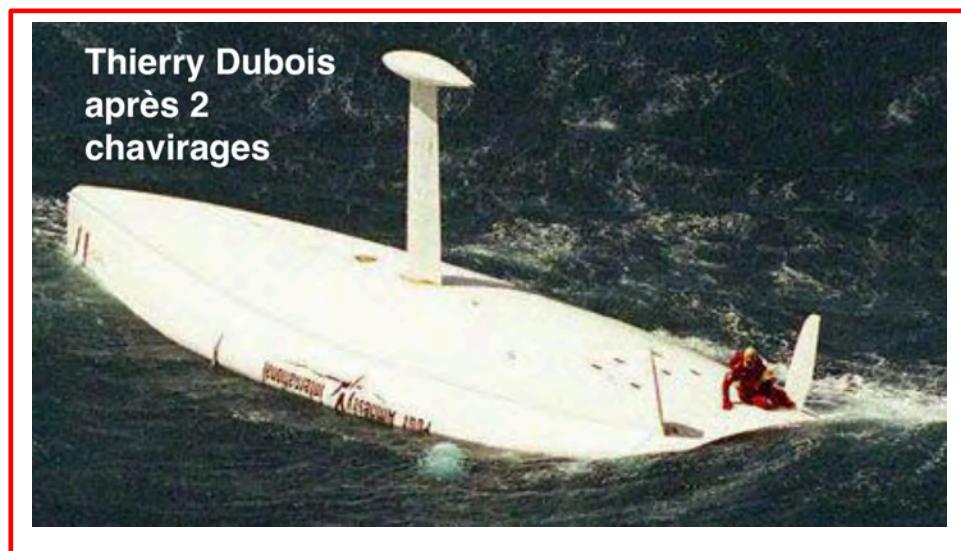
Avec 300 bars (300 kg/cm²) de pression hydraulique, le diamètre du piston fait 75 mm et 150mm avec 160 bars. L'hydraulique fournit sans difficulté la force nécessaire pour manœuvrer la quille pendulaire, mais au prix d'un équipement lourd (vérin, distributeur, tuyauterie et réserve d'huile qui évite notamment le désamorçage) et d'une maintenance très suivie.

Se posera aussi rapidement la mise en place de systèmes de sécurité en cas de défaillances du circuit hydraulique ou de la liaison entre la tige du vérin et la tête de quille.

L'évolution des dessins de ces types de voiliers aboutit aussi à des bateaux de plus en plus larges au niveau du pont et progressivement plus légers pour la longueur imposée de 18,28m.

Toute cette démarche intellectuelle se traduit par une augmentation de moment de redressement (RM) et, de par les lois de l'hydrostatique, une diminution de l'angle Avs (point de chavirement).

L'édition 96/97 du VG se révèle techniquement catastrophique avec plusieurs chavirages (4 bateaux, si on compte celui de Raphaël Dinelli, qui était hors course) dont un conduira à la disparition d'un concurrent (Gerry Roufs).



On a toutefois la confirmation que les bateaux flottent à l'envers.

Thierry Dubois sur Amnesty International vivra un enchainement de situations exceptionnelles. Il navigue par vent de plus de 40 Nds avec une mer très forte, déferlante⁹⁷. Le bateau est alors pris dans une vague « scélérate » (Rogue Wave) et subit ce que les anglo-saxon nomment un « Full 360° rools »⁹⁸, c'est-à-dire un retournement à 360° créé par le déferlement de la vague. Cet évènement dure très peu de temps (10, 15 secondes).

⁹⁷ Déclaration de Thierry Dubois

⁹⁸ Nous reviendrons dans un prochain chapitre sur l'explication de ce phénomène.

Le bateau se trouve alors de nouveau à l'endroit et un peu plus tard, un chavirage « normal » se produit et là, le bateau reste à l'envers.

La course au large prend alors un coup sévère sur la tête. On constate que le dessin des carènes dérive vers une configuration absurde guidée exclusivement vers le gain de vitesse au portant.

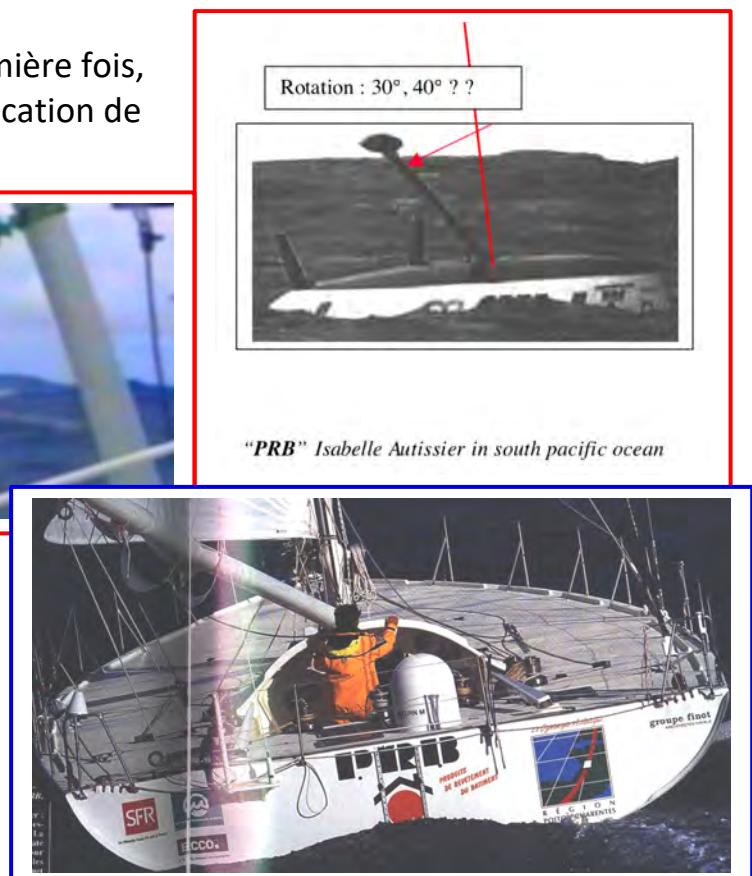
S'ajoutent à ces problèmes de stabilité, des ruptures de mèches de safran, des ruptures de voiles de quille fabriqués en composite carbone et des problèmes de structure.

Il faut se rendre à l'évidence : la recherche de vitesse et de puissance (raideur à la toile) conduit les architectes et les skippers à des solutions architecturales et techniques de plus en plus hasardeuses qui génèrent incidents et accidents.

Au lendemain de ce périlleux VG, une analyse approfondie est engagée par tous les acteurs. Elle conduit à imposer des critères de plus en plus draconiens notamment en termes de stabilité (prescriptions et surtout, pour la première fois, des contrôles et des calculs⁹⁹ de vérification de la stabilité statique réelle).



Ces décisions sont confortées par le chavirage en 1998 d'Isabelle Autissier durant le 4^{ème} BOC Challenge, par vent et mer maniables. Le bateau reste à l'envers et cela malgré de basculement de la quille pendulaire pour tenter de le redresser.



⁹⁹ Possible avec la généralisation des ordinateurs personnels et des logiciels d'architectures navales.

La situation d'Isabelle rappelle celle de Poupon dix ans auparavant.

Celle de Poupon résulte d'une modification mal gérée du gréement (ajout d'un mat d'artimon) du bateau. Dans les cas d'Isabelle, son bateau, le pont plat et son roof minimal lui confère une grande stabilité à 180°.

Il faut être conscient que la quille pendulaire n'empêche en aucun cas un bateau de chavirer. Tous les bateaux chavirent, la seule chose que l'on peut faire est de repousser le plus possible l'angle de chavirage statique tout en prenant en compte le caractère sportif des bateaux.

Cet accident met en évidence que l'utilisation d'un équipement (dans notre cas une quille pendulaire) ne suffit pas à lui seul pour ramener à l'endroit un bateau qui a chaviré.

Il devient alors nécessaire d'analyser globalement la stabilité des bateaux et notamment leur résistance au chavirage (Surface >0 de la courbe de stabilité), comme celle du retour à la position à l'endroit (Surface <0).

Les prescriptions imposent alors un Avs de 125° et un ratio de 5/1 entre la surface positive et négative lorsque la quille est dans l'axe et que les ballasts sont vides. En d'autres mots, l'énergie positive doit être cinq fois supérieure à l'énergie négative. Ces deux critères ne suppriment pas les risques de chavirage. Tout au plus permettent-ils à chaque bateau d'améliorer sa résistance au chavirage et surtout de pouvoir théoriquement revenir à l'endroit en basculant la quille pendulaire.

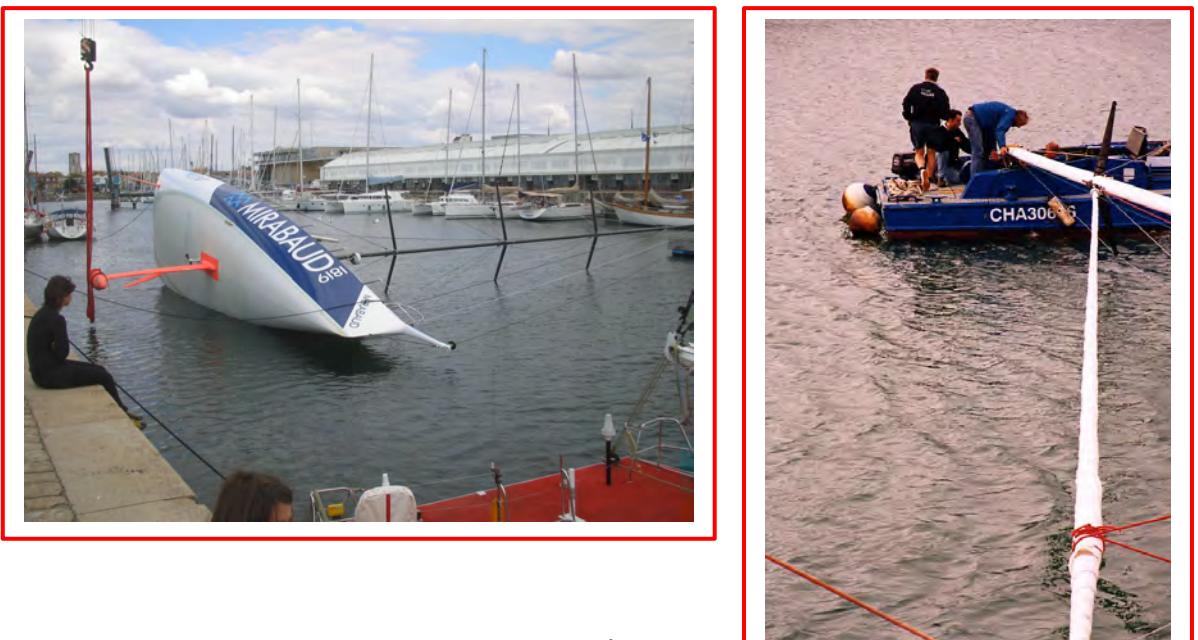


L'IMOCA ajoute le test réel et spectaculaire à 180° (sans le mât) à ses prescriptions sécuritaires.

Seul Yves Parlier réalisera ce retournement avec un bateau équipé d'une quille fixe, mais au prix d'avoir à remplir le compartiment avant du bateau (jusqu'à la cloison étanche du mât) avec plusieurs m³ d'eau (de mer).

Une fois revenu à l'endroit, l'assiette du bateau produit une telle instabilité qu'il peut chavirer simplement avec l'état de la mer et l'effet de carène liquide dans le bateau (le peak avant n'étant pas entièrement rempli).

Tout cela conduit pour le VG 2000, à durcir les critères de stabilité et à imposer une épreuve réelle de stabilité (à 90°) afin de vérifier si ces prescriptions (Avs et ratio des surfaces >0 et <0 de la courbe de stabilité) sont respectées.



Mais si la quille pendulaire contribue à résoudre le retour du bateau à l'endroit (l'incident survenu sur le bateau d'Autissier demeure unique), elle diminue, comme nous l'avons vu précédemment l'angle de chavirage Avs par le déplacement latéral du CG qu'elle procure lorsqu'elle est angulée à son maximum (35 à 40°).

On se retrouve alors avec un angle de chavirage qui atteint les 100° /105° (certains bateaux se rapprochent de 95°) pour des bateaux qui naviguent à grande vitesse.

D'un côté, on souhaite que la quille pendulaire ramène le bateau à l'endroit après un chavirage, et d'un autre côté on sait que cet équipement rend le bateau plus sensible au chavirage car lorsque la quille est angulée au vent car l'Avs du bateau diminue.

On comprend donc que l'effet quille pendulaire sans restriction de son paramétrage hydrostatique semble se rapprocher de l'histoire de l'effet jupe sur la F1...

C'est ainsi qu'un « Avs Worst Case » (Pire des cas) limité à 108° minimum apparaît dans la règle IMOCA. Il faut bien comprendre que cette valeur d'AvsWC n'est pas universelle. Elle est uniquement valable pour la monotypie à restriction de l'IMOCA.

La généralisation des logiciels d'architecture navale permet de vérifier cette prescription. Elle amorce même indirectement la résolution des problèmes récurrents de fragilité qui existe sur les voiles de quille. En effet, en fixant, sans l'écrire, une limite au moment de redressement, la prescription à 108° bloque de facto l'allégement néfaste et dangereux des voiles de quille.

Toutefois, l'ensemble de ces prescriptions, notamment avec ces critères de stabilité, semble restreindre la liberté de concevoir une carène et pousse les architectes vers une uniformisation des dessins.

Les architectes travaillent alors sur la corrélation des évolutions géométriques des formes des carènes donc les réactions hydrodynamiques avec l'aérodynamisme du plan de voilure.

Mais il n'y a pas que les IMOCA qui régatent au large. Les bateaux de « Monsieur tout le monde » traversent aussi les océans. Jusqu'au début des années 90, chaque pays possède ses propres critères d'évaluation de la sécurité des voiliers, de croisière ou de régate.

En régates, les OSR édité en 1996 (Règlement international de sécurité en course au large) demandent que les voiliers soient auto-redressable (« Self-Righting »), ce qui n'est pas très contraignant car aucun minimum ne fixe la plage de stabilité positive et cela malgré le Fastnet 79.



Le marché européen s'ouvre rapidement en cette fin de siècle. Les barrières douanières disparaissent, facilitant la diffusion des modèles de voiliers dans toute l'Europe. Il devient alors nécessaire d'harmoniser les règlements de sécurité des voiliers et les critères de flottabilité et de stabilité, mais aussi ceux relatifs aux structures de construction.

Après plusieurs années de travail du groupe d'experts chargé de ce dossier, le parlement européen promulgue le 1^{er} Juillet 1996 la Directive CE 94/25 applicable dans tous les pays appartenant à la Communauté Européenne.

Cette directive européenne s'appuie entre autres, sur la norme ISO 12217-2, relative à la stabilité et la flottabilité et à l'ISO 12215 pour les structures.

La norme 12217-2 impose au premier bateau d'une série ou aux prototypes, un test de stabilité réel, donc une pesée à vide, des critères de résistance au chavirement, et un Avs minimal suivant les zones de navigations, etc.

Implicitement, la Certification CE par l'intermédiaire de l'ISO 12217-2, devient le règlement international de sécurité. D'ailleurs, les OSR l'intègrent rapidement in-extenso dans leur règlement.

Les pays non européens, pragmatiques, appliquent ces prescriptions afin d'avoir accès au marché européen. Couplée aux OSR, la directive devient internationale.

Les voiliers considérés « Self Righting » dans l'inconscient collectif

Paradoxalement, aucun chavirage de monocoques ne se produit durant les nombreuses éditions de l'OSTAR (Plymouth/Newport), lancée en 1964. Et même avant cette date, cet évènement paraît ne jamais se produire.

Pour les autorités sportives, comme pour les architectes, un « Keel Boat » revient toujours mât vertical après un coup de gîte, même violent. L'angle de chavirage (Avs) existe sur la courbe de stabilité que chaque architecte calcule et dessine, mais sans plus.

Il est aussi vrai que la stabilité de poids (bateaux de construction classique - relativement étroits, profonds et lourds), chère à l'école britannique règne quasiment en maître. Cette stabilité de poids repousse vers 135° la valeur de l'angle de chavirage. Cet angle associé à leurs vitesses archimédiennes relativement faibles, même aux allures portantes, rend ces bateaux inchavirables car ils ne peuvent pas atteindre l'angle Avs°.

A l'opposée, la stabilité de forme prisée par l'école américaine, réduisait drastiquement la valeur de l'angle de chavirage. Quelques rares dessins de carènes de la côte Est des USA ont chaviré dès 70°/80° de gîte. Pour éviter cet

accident, la jauge CCA imposait dès 1931 un test de stabilité. Mais durant le 20^{ème} siècle, dominé, pour les courses au large, par les jauge RORC puis IOR, le risque de chavirage n'existe pas.

On verra, plus en avant dans ce dossier, que si la valeur de l'angle de chavirage est importante, il ne faut pas négliger pour autant la vitesse de déplacement du bateau, ni sa masse et l'énergie ainsi emmagasinée en navigation aux allures portantes.

En fait jusqu'aux années 90, les voiliers sont considérés comme « **Self Righting** » (Auto-Redressable) par tout le monde. Je reviendrai sur ce terme.

Il faut aussi considérer que la course au large se pratique en période estivale, dans des environnements maritimes connus. Jusque dans les années 60, peu de courses traversent l'Atlantique ou le Pacifique.

Il faut attendre le Golden Globe Challenge lancé par Chichester en 1968 et surtout la première Whitbread (1973), (déjà présentée plus haut), et les retours d'expériences des marins, pour visualiser les conditions de mer et de vent rencontrées.

Ramon Carlin, skipper de *Sayula II* lors de la 1^{ère} édition de la Whitbread, raconte dans une interview, avoir vécu dans le Pacifique sud, une perte de contrôle du bateau. *Sayula II* part alors au lof et reste couché un certain temps, qui lui est apparu très long, mais le Swan 65 revient naturellement en position normale.

Durant cette période Whitbread, beaucoup de bateaux, suite à des pertes de contrôles vivent la même mésaventure. Mais tous reviennent à la position normale (gîte = 0°), quoi qu'avec des dommages matériels pour certains. Aucun bateau ne chavire.

Le FASTNET 79 interpelle mais les enseignements retirés restent en deçà du problème potentiel.

Lors du Fastnet tragique de 1979 (15 victimes), les 303 bateaux se trouvent confrontés à une sévère tempête en mer celtique avec des vents de Force 9 à 10 et surtout une mer d'un niveau de force quelque fois rencontrée en période hivernale. Le plateau continental amplifie l'état de la mer. Seulement 85 bateaux franchiront la ligne d'arrivée.

45% des participants feront état de creux de 10 à 12 mètres et certains (4%) parleront de plus de 15 m, au plus fort de la tempête.

Une enquête¹⁰⁰ approfondie menée par le RYA et le RORC retrace cet évènement dans un rapport public.

Sans entrer dans les détails de ce rapport de 75 pages, il apparaît qu'il y a eu énormément de dommages matériels, notamment sur les mèches de safran en carbone (14 ruptures). Cette nouvelle technologie est utilisée notamment sur les bateaux de l'Admiral's Cup. Beaucoup de rupture de drosses de commande de barre, de nombreux démâtages, des roofs et les hublots de roof endommagés ont aussi été relevés.

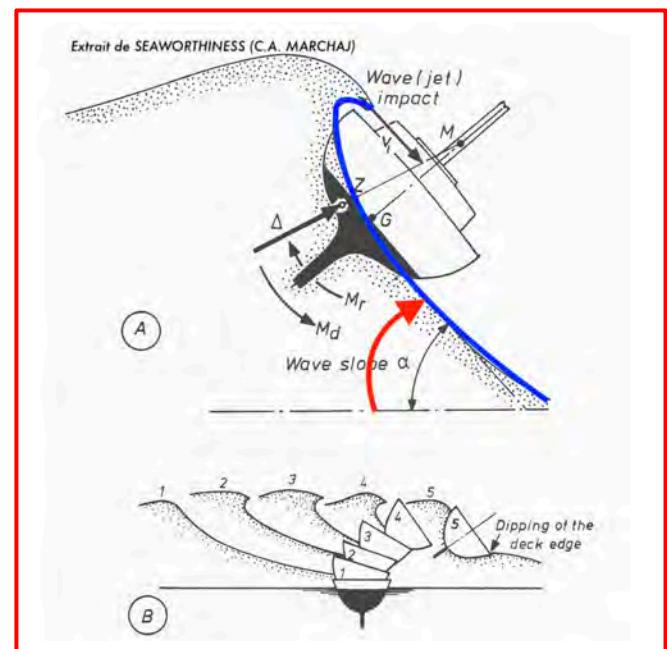
Sur les 303 équipages interrogés, 235 ont répondu à la question suivante :

Durant la tempête avez-vous subi des knockdowns à 90° ou proches de 90° ? 113 skippers répondront « oui ».

33% des skippers (77 bateaux) déclarent avoir subi des angles de gîte dépassant largement l'horizontale (les équipages étaient à l'intérieur tous panneaux fermés), et même sur quelques bateaux des rotations complètes à 360° (Full 360° rools).

Les « Full 360° rools » ne sont pas des chavirages tel qu'on l'entend en stabilité, c'est-à-dire lorsque que le bateau s'incline progressivement par rapport au plan de flottaison horizontal pour arriver au-delà de l'angle de chavirage (Avs) et basculer alors à 180° (chavirage).

En fait, dans un « Full 360° rools », c'est la vague qui entraîne le bateau dans cette rotation puisque le plan de flottaison de la vague pivote de 0° à 90° (Wave slope -Flèche rouge).



¹⁰⁰ 1979 Fastnet Race Inquiry (Royal Yachting Association & Royal Ocean Racing Club) - Report

A 90°, le bateau peut être roulé lorsque la vague explose ou déferle. Pendant toute cette rotation le mât du bateau reste perpendiculaire (enfin presque) à la vague.

Le bateau revient à la verticale avec plus ou moins de dommages lorsqu'il émerge en arrière de la vague.

Le déroulement d'un « Full 360° rolls » est relativement court, mais surtout continu. Dans une majorité des cas le « Full 360° rolls » s'arrête à 90... 120°. Le bateau est alors trainé plus ou moins à l'horizontale avec la vague qui déferle en lui passant dessus.

Durant ce phénomène, le couple inclinant produit par la voilure n'existe pas, alors qu'il représente implicitement la base de la construction de la courbe de stabilité, au moins entre 0° et 80°.

L'important dans ce rapport très documenté, est d'être construit sur un évènement qui rassemble 300 bateaux de course offshore. Ce Fastnet a mis réellement en évidence des problèmes de structures, d'équipements, de conception (aucun bateau n'a coulé). La stabilité initiale des voiliers telle qu'elle était imposée par la règle IOR n'a pas été mise en cause dans ce rapport, même si la commission a écrit entre les lignes que la stabilité imposée aurait pu être meilleure... sans pour cela énoncer des critères.

Dans sa conclusion, le rapport recommande que les résultats de cette enquête soient soumis à l'ORC¹⁰¹ afin qu'elle examine si une évolution des règles permettrait d'améliorer la résilience des bateaux pris dans des évènements de ce type.

Paradoxalement, l'IOR et l'ORC apportent très peu de modifications à leurs traitements de la stabilité. En 1979, comme on l'a déjà exprimé dans cet ouvrage, on était incapable d'imposer et surtout de contrôler une étude théorique de stabilité complète pour chaque cas de chargement (départ de régate, fin de régate, équipage au rappel...) à partir de l'expérience de stabilité de l'IOR.

Jouer sur l'augmentation de la valeur du CGF minimum à respecter n'aurait rien apporté, car le CGF traduit la raideur du voilier et non la position de centre de gravité (CG) de ce même voilier.

Le paradoxe étant que les mesures de stabilité pratiquées en IOR, telles qu'elles sont réalisées (3 mesures par côté entre 0° et 5°), permettraient à l'IOR (ou à l'architecte) de calculer la position réelle du CG. À condition que l'IOR

¹⁰¹ ORC offshore Racing Concil (organisme qui gère la règle IOR)

possède le plan 2D¹⁰² de la carène (lignes d'eau) et des appendices. Or, seul l'architecte possède ce plan, et la confidentialité de ce plan de forme reste la clef de voûte de la régate offshore en IOR.

Mais revenons à ces d'années 1980/2000. Durant ces deux décennies, les règlements de sécurité en vigueur sont ceux des OSR¹⁰³, que ce soit pour les courses IOR ou pour les courses Open.

Suite au Fastnet 79, ces règlements même remaniés à la marge stipulent, sans plus de précision, que « les bateaux doivent être auto-redressant », « Self-Righting » en anglais.

L'ambiguïté porte sur cette notion « d'auto-redressabilité » appliquée à un voilier.

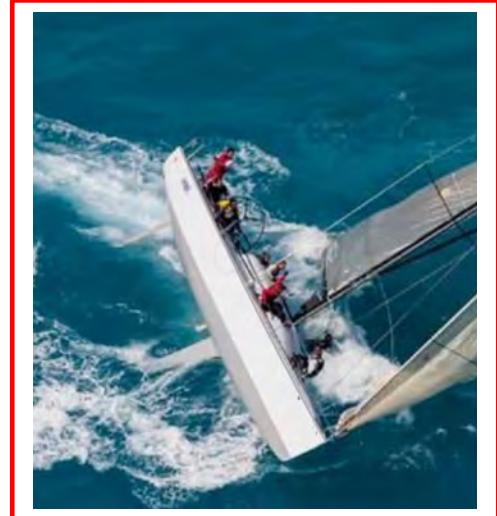
L'auto-redressabilité demandée par les OSR (en jusqu'en 2000) ne se réfère à aucun critère technique propre à la stabilité ni à un éventuel chavirage ou même à une résistance au chavirage¹⁰⁴ (Avs, déplacement, RM, énergie >0, etc...).

Les OSR s'en remettent aux architectes, aux classes, aux réglementations nationales et à la perception générale que la communauté des coureurs au large se fait de cette expression.

Tous les bateaux IOR, les monotypes et les bateaux Open respectent cette prescription « auto-redressant », à condition que l'angle de gîte se situe dans l'intervalle 0°/Avs (propre à chaque bateau).

Au-delà de son angle Avs, le bateau chavire (comme tous les bateaux) et se trouve en position chaviré à 180°(capsized).

Comme le montre la photo ci-contre, l'action du vent dans les voiles par environ 70° d'angle de gîte ne crée plus de couple de chavirage (les voiles faseyent). C'est encore plus vrai avec 90° de gîte.



¹⁰² En 1979, il n'y a pas de plans 3D, ni de modèles volumiques. Les courbes de stabilité sont réalisées uniquement à partir des plans 2D. En plus, pour faire pivoter le bateau (entre 0° et 180°) on travaille en « Iso-aires » immergées du maître couple, ce qui ne représente pas une rotation en « Iso-carènes ».

¹⁰³ OSR : Offshore Special Régulations : Règles de sécurité internationales publiées à l'époque par l'ORC dans un document nommé « Green Book ».

¹⁰⁴ Cette notion de « résistance au chavirage » n'apparaît qu'en 1998 dans la norme ISO 12217-2 (utilisée pour la certification CE) et sera intégrée quelques années plus tard dans les OSR.

À partir de 90°, il reste encore quelque 30 à 35° de rotation à parcourir, pour atteindre l'angle fatidique Avs (évoluant communément entre 110 et 125°) donc le point de chavirage.

Force est de constater que les conditions qui provoquent le chavirage ne résultent pas exclusivement du couple généré par la force vérique. Certes, l'état de la mer contribue aussi, non pas en amplifiant directement la gîte, mais en modifiant la position spatiale du bateau et la rapprocher du moment où le CG (centre de gravité) passe du mauvais côté par rapport à la verticale passant par le centre de carène CB (le bras de levier du RM s'inverse alors).

Ce constat exclut qu'un voilier Offshore puisse chavirer à faible vitesse par mer calme ou peu formée.

Acte 39 : L'augmentation de la puissance, et son corollaire la vitesse rendent le contexte complexe.

En course océanique, il n'est pas rare que des voiliers subissent, à un moment donné, un « knock-down¹⁰⁵ » (90°). Certains sont même restés un temps relativement long en situation délicate sans pour autant qu'un chavirage ne se produise. Alors, comment est-on passé de ces « knock-down », aux chavirages des bateaux durant le BOC ou le Vendée Globe ?

Trois paramètres, auparavant relativement stables (époque RORC et IOR et début des courses Open), évoluent rapidement à partir de 1990 :

⇒ D'abord, l'évolution des techniques (matériaux et process de fabrication) de construction des bateaux, qui autorisent la conception de carènes de plus faible déplacement.

Cette réduction du déplacement se réalise toutefois assez lentement car elle se trouve bridée par la règle IOR qui impose une philosophie architecturale de déplacements relativement élevés (voir les Maxi IOR). Les bateaux régatant autour du monde ne dérogent pas à cette tendance.

⇒ Puis, l'absence de contraintes architecturales décidée par le BOC et le VG, hormis la longueur et le tirant d'eau, libère les architectes.

Très progressivement des carènes s'affinent, s'allègent et affichent des déplacements plus faibles. Un bateau de 18 m passe ainsi progressivement de

¹⁰⁵ Voir précédemment l'interview de Ramon Carlin dans la Whitbread 73/74.

22T, si ce n'est plus en 1973, à 14T, puis 12 T, pour arriver à 10T et même 8.5T en 2000 pour l'IMOCA *Aquitaine Innovations*.

Les carènes deviennent de plus en plus planantes et leurs ratios¹⁰⁶ *surface de voilure/déplacement* augmentent. De 1.85 pour *Sayula II* (Vainqueur de la Whitbread en 1973) on arrive à 3.50 sur les IMOCA qui prennent le départ du VG en novembre 2000.

Comparé aux Maxi IOR inscrits dans la Whitbread de 1990 (*Steinlager* et *Merit* affichent encore plus de 30T de déplacement pour 24 m de longueur !) le ratio surface de voilure/déplacement n'atteint que 2.30 malgré un gréement en ketch où le mât d'artimon atteint 90% de la hauteur du mât de misaine, et une surface de voilure globale impressionnante.

⇒ Enfin, le mode planning continu se traduit par des gains de vitesses très importants.

Lors de la première Whitbread (101 jours de navigation en temps réel pour *Sayula II*), la route journalière se situait pour l'ensemble de la flotte entre 170 et 220 milles. Quelques bateaux atteignent très occasionnellement les 10 nœuds de moyenne sur 24 heures, soit 240 milles.

Durant les 7 éditions suivantes de la Whitbread, la vitesse évolue peu. *Steinlager II* et *Merit*, ketches de 24 m surtoilés, atteignent des moyennes globales de 10 à 11 nœuds. La progression de la vitesse moyenne résulte de l'augmentation des longueurs des bateaux et donc de leurs longueurs à la flottaison dynamique (*Sayula II* : LFLOT = 16.6 m, *Merit* : 22.5 m)

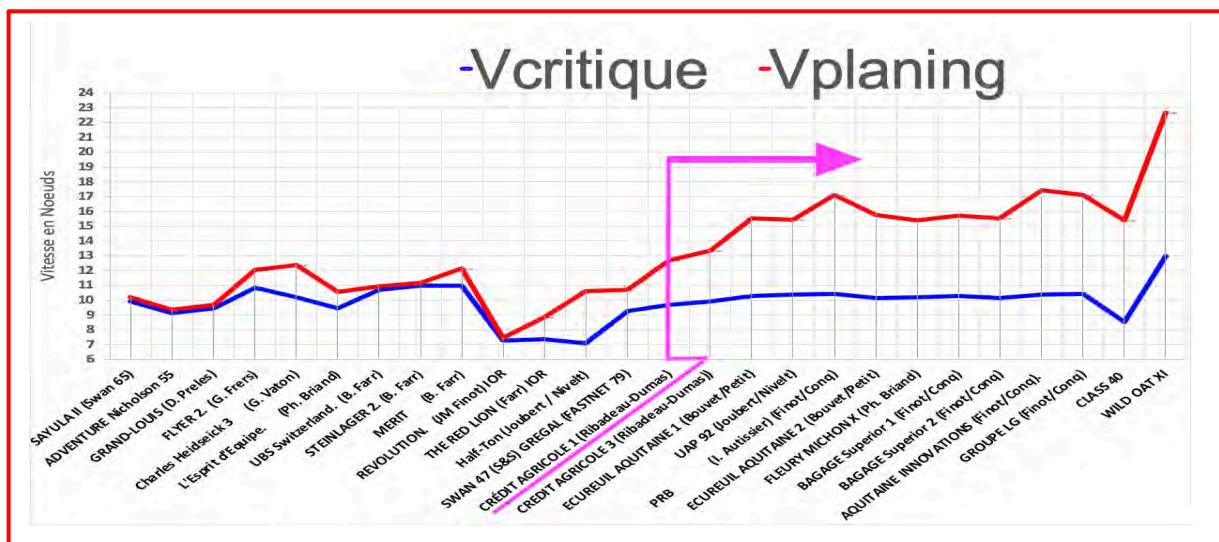
Pour cette édition de transition en 1993, les anciens IOR Maxi sont encore autorisés à courir.

NZ Endeavour (Maxi IOR de 24 m) l'emporte de moins de 10 heures en temps réel sur le *W60 Yamaha*. Le potentiel de performance d'une nouvelle philosophie de carène de 60 pieds (en fait 19.40m) est validé par rapport à l'existant représenté par ces Maxi de 24 m.



¹⁰⁶ Calcul du ratio « surface de voilure/déplacement » : $3 * (\text{Sportant}^{0.5} / \text{DSPL})^{1/3}$

Le tableau ci-dessous montre l'évolution théorique des vitesses résultant du passage des dessins de carènes IOR aux carènes de plus en plus planantes (Crédit Agricole 1). Un véritable fossé se crée.



On passe ainsi de 10/12 nœuds, dans le meilleur des cas en IOR, à des vitesses au portant stabilisées pour les carènes planantes à 17 et momentanément 22 nœuds dans certaines conditions de mer. Ces performances en navigation progressent et deviennent de plus en plus stables, au fur et à mesure des évolutions des formes de carènes (optimisation avec les VPP).

Ainsi, dès 1995, Christophe Auguin aligne 447 milles (18.64 nds) en 24h avec un IMOCA¹⁰⁷. Il faut attendre 2007 pour que la barrière des 500 milles soit franchie par un autre IMOCA.

Le cycle est alors enclenché. En 2010, un Mini 6.50 parcourt 300 milles en 24H (12.7 nds de moyenne) et en 2019, un CLASS 40 aligne 498 milles (17.03 nds) sur le même laps de temps.

Mais, sous l'effet de la vitesse et des formes des carènes, le comportement dynamique des bateaux évolue. Le contrôle des trajectoires à 20 ou 25 nœuds, devient de plus en difficile pour le barreur.

Ce ne sont pas les efforts sur la barre qui posent réellement problème, mais la conjonction des réglages des voiles d'avant asymétriques¹⁰⁸, qui obligent à faire

¹⁰⁷ En fait, la Classe IMOCA ne sera créée qu'en 1998.

¹⁰⁸ En IOR, les spinnakers asymétriques sont interdits. Par contre ils se répandent en OPEN.

des routes au portant très ouvertes afin d'améliorer le VMG et les rend très sensibles aux variations de vent réel (augmentation momentanée de la gîte). La réponse hydrodynamique des appendices immergés servant au contrôle de la trajectoire, comme le safran ou le voile de quille qui assure l'antidérive, est alors fortement sollicitée.

Ce contrôle devient d'autant plus compliqué à dominer qu'un bateau évolue dans deux environnements très différents : l'air dont la masse volumique est de 1.29 kg/m^3 pour les voiles et l'eau, $1 025 \text{ kg/m}^3$ pour les appendices et la coque.

Ces deux instabilités, sautes de vent angulaires et angle du lacet créé par le barreur (ou le pilote automatique) ou encore l'état de la mer, provoquent alors une gîte momentanée et souvent violente, qui modifient la forme de la surface mouillée de la carène et la position spatiale du centre de gravité de la carène, avec pour danger un risque de sortie de route.

Dans cet environnement, le bateau risque d'échapper au contrôle du barreur et à celui de l'équipage (ou au pilote). Il quitte alors sa trajectoire relativement linéaire (le cap) pour amorcer une giration brutale totalement incontrôlée.

Acte 40 : Quand atteindre l'angle de chavirage relève d'une autre causalité

La question suivante se pose alors : pourquoi les chavirages affectent les bateaux du VG (période de 89 à 96) et pas ceux du BOC entre 83 et 90, mais frappent deux fois Isabelle Autissier lors des BOC Challenge de 94 et 98 ?

Cette question peut s'amplifier : pourquoi aucun bateau participant aux cinq éditions de la Whitbread de 1973 à 90 n'est victime d'un chavirage sachant que ces différentes catégories de voiliers empruntent le même itinéraire ?

L'Énergie Cinétique frappe à la porte...

L'énergie cinétique correspond à l'énergie que possède un corps du fait de son mouvement par rapport à un référentiel donné (pour faire simple, son environnement immédiat). Cette énergie s'exprime en Joules.

Une image de l'énergie cinétique : votre voiture est stoppée sur terrain plat. Vous devez la déplacer de 4 mètres. Avec votre passager, vous la poussez sur 4 m, c'est un peu difficile au départ, puis la voiture roule ... Sauf qu'au lieu des 4m

à parcourir, elle continue toute seule au-delà des 4 m ... Elle restitue tout simplement l'énergie cinétique qu'elle a emmagasinée jusqu'à ce que les frottements dus au roulage, à la mécanique interne de la voiture, à sa trainée dans l'air, consomment entièrement cette énergie emmagasinée. A ce moment la voiture s'arrête de rouler.

L'énergie cinétique est une notion fondamentale en physique et notamment dans le domaine de la dynamique qui traite des solides en mouvements.

L'énergie cinétique d'un système en mouvement s'exprime par la somme des énergies cinétiques des éléments qui le composent.

On distingue deux formes d'énergie cinétique :

⇒ **L'énergie cinétique de translation.**

⇒ **L'énergie cinétique de rotation.**

Concrètement, un objet de masse m (pour un bateau cela correspond à son déplacement) en mouvement de translation à une vitesse V sensiblement uniforme produit de l'énergie cinétique, dont l'expression est :

$$E_{c-trans} = 0.5 * m * V^2 \text{ (la masse } m \text{ est exprimée en kg et la vitesse } V \text{ en m/s).}$$

Sur un bateau, lorsque la trajectoire est linéaire et le comportement archimédien du bateau contrôlé, l'énergie emmagasinée ne constitue pas un réel problème. Elle est même intéressante puisqu'elle produit une sorte de régulation de la vitesse (V Speedo).

Les ennuis arrivent lorsque la trajectoire du bateau effectue de manière incontrôlée une rotation par rapport au cap à suivre.

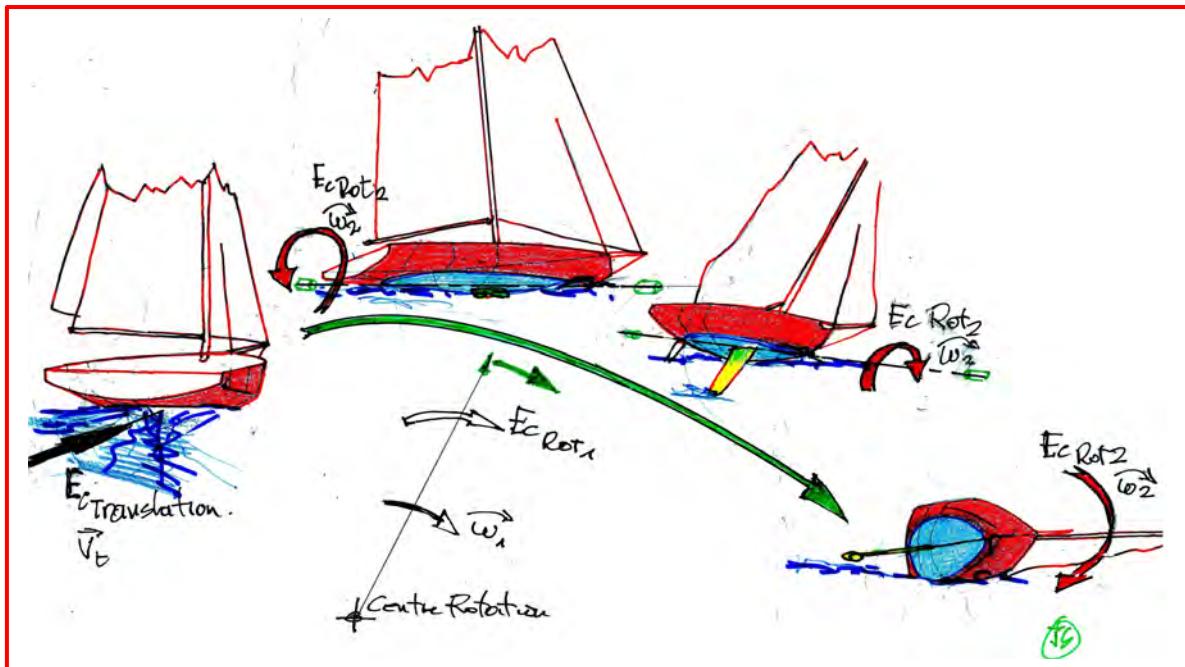
Ce virage brutal transforme le mouvement de translation linéaire en un double mouvement circulaire autour :

- D'un point situé sur le plan d'eau (lacet en vert)
ET simultanément
- Autour de l'axe du bateau (gîte en rouge), phénomène archimédien.

L'énergie cinétique d'un solide en rotation s'exprime différemment :

$$E_{c-rot} = 0.5 * I * \omega^2$$

I étant l'inertie de l'objet en rotation autour d'un axe ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) et ω = vitesse angulaire (rad/s).



L'examen de l'expression « l'Energie Cinétique en Rotation », montre que dans les mouvements conjugués de rotations aux vitesses ω_1 et ω_2 , le moment d'Inertie (I) reste constant pendant chacun de ces mouvements.

Seules les vitesses de rotations évoluent suivant les conditions des mouvements.

Toutefois, le plus important se trouve dans le fait que dans les deux formes d'énergie, les vitesses s'expriment au carré.

Appliqué à l'expression de l'énergie cinétique en translation, et rapporté à un bateau de 9 000 kg, le doublement de la vitesse de 12 nœuds (6.17 m/s) à 24 nœuds (12.35 m/s) représente, avec une inertie identique, le quadruplement l'énergie cinétique (X4).

La vitesse double, l'énergie cinétique emmagasinée est multipliée par 4...

La photo ci-dessus ainsi que la représentation phase par phase des trajectoires et mouvements de rotations permettent d'identifier comment l'énergie cinétique en translation se scinde en deux mouvements lorsque la trajectoire linéaire échappe au contrôle de l'équipage ou du pilote automatique :

- ⇒ Une rotation autour d'un point du plan d'eau (le bateau décrit plus ou moins un cercle).
- ⇒ Une rotation autour de l'axe longitudinal du bateau qui génère la gîte du bateau.



Conclusion

Le déplacement normal d'un bateau, au sens de mouvement de translation rectiligne (cap à suivre) intègre trois paramètres physiques :

- La vitesse issue de la poussée vélique.
- L'énergie cinétique en translation produite et emmagasinée durant ce déplacement linéaire.
- Les écoulements de fluides autour des profils aérodynamiques de la coque et de ses appendices (voile de quille et safran) et leurs portances résultantes.

⇒ La vitesse représente l'essence même de la régate, mais la vitesse possède son corollaire qui se nomme « Énergie Cinétique » où la vitesse intervient au carré dans le calcul de cette énergie.

⇒ Comme on vient de le voir, il existe deux formes d'énergie cinétique :

- L'énergie cinétique de translation emmagasinée lorsque le bateau suit sa route (rectiligne).
- L'énergie cinétique de rotation qui résulte d'une sortie de route.

⇒ La portance résulte des écoulements de l'eau autour du safran (et du voile de quille).

Donc, tout repose sur les propriétés du safran (courbe de portance en fonction de l'angle d'incidence) qui dépendent de sa forme (allongement), de son profil aérodynamique, de la rugosité de sa surface (il suffit de poncer !).

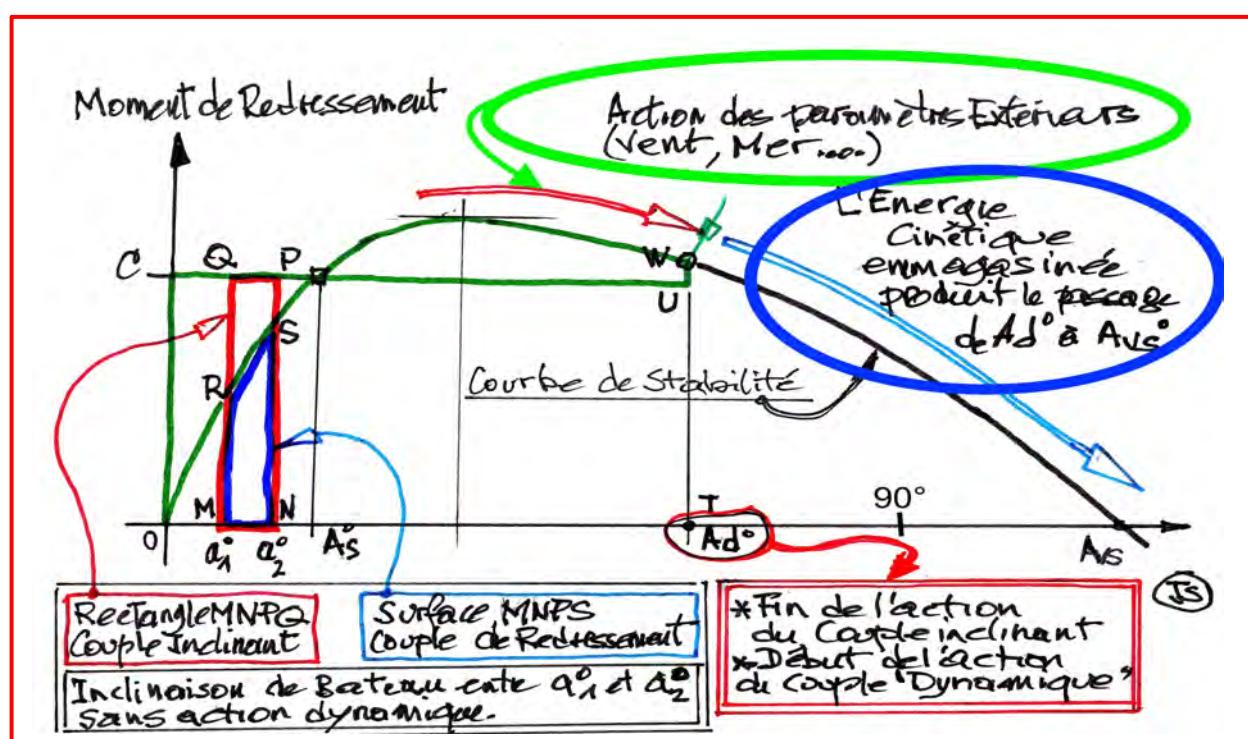
La gîte du bateau dépasse l'angle Avs...

La perte de contrôle du bateau se traduit par le passage instantané de la trajectoire rectiligne à celle d'une giration violente autour d'un point. Toute l'énergie cinétique emmagasinée en translation se transforme alors en énergie cinétique en rotations.

A partir du moment où le bateau quitte sa trajectoire linéaire, la composante vitesse de la force vérique (parallèle à l'axe du bateau) diminue très rapidement pour devenir nulle. A cet instant, il n'existe plus d'énergie vérique (le bateau est à $70^{\circ}/80^{\circ}$ de gîte). Les deux rotations continuent quand même sous l'effet de l'énergie cinétique emmagasinée, mais elles s'essoufflent progressivement à cause des frottements (eau/carène), de la trainée des voiles qui faseyent et du moment de redressement qui s'oppose à la rotation (gîte).

C'est dans cette dernière phase, consommation de l'énergie cinétique emmagasinée appliquée à la rotation autour de l'axe longitudinal du bateau, que le risque de chavirage existe avec un dépassement de l'angle Avs.

On comprend alors pourquoi les bateaux des générations RORC ou IOR, ou même ceux du début des courses Open, du fait de leurs vitesses relativement faibles aux allures portantes, n'emmagaissaient pas, durant leur trajectoire linéaire, assez d'énergie cinétique pour franchir lorsqu'ils subissent un violent départ au lof, cette zone située entre 70 à 90° de gîte et l'angle fatidique Avs.



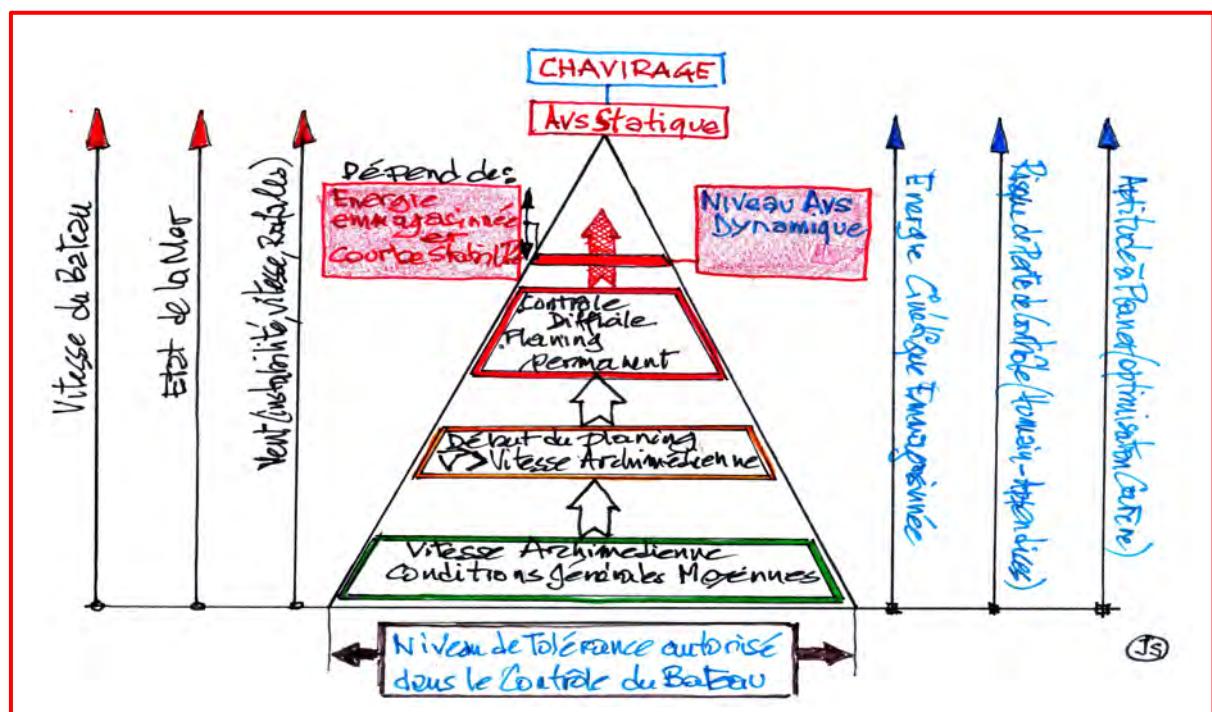
En fait la prescription « Self Righting (auto-redressable) » ne signifie rien, si on ne précise pas conjointement la capacité à résister au chavirage en imposant un minima d'énergie positive qui s'oppose au franchissement de l'angle Avs.

Interprétations sur la courbe de stabilité positive

Dans ce dessin ci-dessus qui retrace la partie positive de la courbe de stabilité, il y a deux lectures.

1 / La gîte du bateau augmente lentement, par exemple en utilisant une drisse. On peut l'amener ainsi jusqu'à 90° de gîte. Dans cette méthode d'inclinaison, il n'y a pas d'énergie cinétique emmagasinée pendant la rotation du bateau, puisque la vitesse de rotation peut être considérée comme nulle. On est en pure analyse statique. C'est l'équivalent de ce qui est réalisé lorsqu'un logiciel calcule et trace la courbe de stabilité du bateau.

2/ Lorsque le bateau se déplace en suivant son cap (translation). Comme nous l'avons expliqué ci-dessus, le bateau avance dans un mode uniformément accéléré-décéléré (l'accélération pouvant être >0 ou <0). Toutefois, les accélérations sont relativement modérées une fois que le bateau trouve sa route. Du fait de sa vitesse de déplacement V et de sa masse m , il produit de l'énergie cinétique en translation. Si, par exemple, on enlevait les voiles (donc plus de propulsion), le bateau continuerait sa route, à son cap, en consommant l'énergie cinétique emmagasinée jusqu'à ce que la trainée de la coque dans l'eau et celle du mât dans l'air aient consommé toute cette énergie cinétique.



Dans ce deuxième schéma, on introduit progressivement l'environnement dynamique. Cela permet de représenter le domaine d'utilisation d'un voilier sous la forme d'un triangle où le sommet matérialise l'angle de chavirage (Avs).

La base du triangle diminue au fur et à mesure que les paramètres croissent (flèches verticales rouges et bleues situées à gauche et à droite du triangle représentant le domaine de navigation).

La longueur de cette base matérialise le niveau de contrôle de la trajectoire acceptable (en fait le niveau des erreurs).

Lorsque ***la base du triangle diminue***, le risque de sortie de route s'accroît.

Lorsque la vitesse augmente, le pilotage (Manuel ou Auto) demande de plus en plus de compétence, d'attention et de réactivité.

Conclusion : Vers la fin des années 90, les prescriptions mises en place pour les courses open, en termes de stabilité calculée et imposée aux voiliers (courses au large ou plaisance¹⁰⁹), se révèlent largement supérieures à celles des années IOR et évidemment à celles de la jauge RORC et même à celles imposées après l'évènement Poupon.

La vitesse et le pilotage représentent le facteur déterminant dans la causalité d'un chavirage.

D'autre part, les bateaux deviennent de plus en plus rapides aux allures portantes, bien que leurs dimensions diminuent.

Ce dernier binôme (vitesse/volume du bateau) interroge, car plus ce ratio augmente à volume de bateau égal, plus le bateau devient sensible à l'environnement. Ce qui amplifie aussi les risques de pertes de contrôle.

Acte 41 : Les appendices au cœur du problème de la stabilité de route

Ce domaine technique pourrait presque se comparer aux effets produits sur la trajectoire d'une voiture par des plaques de verglas sur les routes d'hiver.

En trajectoire linéaire rectiligne, l'équilibre hydrostatique du bateau se situe dans un domaine de navigation pratiquement stable. Cela signifie que les positions relatives dans l'espace, du centre de carène, du centre de gravité, du centre vérique, du centre de portance du plan de contrôle arrière vertical (Safran)

¹⁰⁹ On reviendra dans un prochain Acte, sur l'importance pour l'évaluation de la stabilité, de l'introduction de la Directive CE (en 1996) destinée aux navires de plaisance.

et les forces appliquées en ces points sont telles que le bateau est dans un domaine de navigation sous contrôle.

Cela se traduit par 2 conditions (déjà évoqué lors de la présentation du VPP:

- Somme vectorielle des Forces Extérieures appliquées au Solide = 0
- Somme des Moments des Forces Extérieures au Solide par rapport à un point quelconque = 0

La conservation de cet équilibre s'ajuste en permanence en intervenant avec modération sur le contrôle du safran et par la régulation de l'angle d'incidence associé à celui de la forme volumique des voiles.

Le safran est un appendice symétrique profilé. Lorsqu'il est orienté (son axe de rotation est proche de la verticale) par rapport au plan de symétrie du bateau, le profil génère de la portance dont la composante transversale modifie la route du bateau.

Le safran évolue dans une zone très proche de la surface de l'eau (interface eau/air), une zone qui manque d'homogénéité car elle est polluée par des bulles d'air. Ces bulles d'air peuvent être provoquées par les mouvements des vagues, le passage d'un autre bateau, mais aussi par des éléments appartenant au bateau comme l'hélice et son système de transmission, ou la quille et même la carène lorsque les formes arrière sont torturées.

Tant que la vitesse du bateau reste basse, ces petites bulles d'air provoquent des perturbations sans importance. Mais lorsque la vitesse augmente, deux phénomènes risquent d'apparaître :

La Cavitation

La cavitation n'est pas propre aux safrans. Elle affecte aussi les hélices, les voiles de quilles, en fait tout élément qui évolue à grande vitesse dans un fluide.

La cavitation se traduit physiquement par une perte radicale de la portance. Elle commence au niveau du bord d'attaque (phénomène de vaporisation de l'eau) et progressivement se développe sur l'extrados, détruisant la portance et ainsi l'effet de contrôle de la trajectoire du bateau.



La Ventilation

La ventilation est un phénomène très courant sur les appendices profilés opérant à proximité de l'interface liquide-air.

La vitesse de déplacement et l'incidence du safran génèrent sur l'extrados du profil un creusement de la vague de surface. Une aspiration de l'air situé à l'interface se crée alors.

Ainsi l'extrados se retrouve localement dans un environnement gazeux, environnement évidemment beaucoup moins dense que l'environnement liquide.

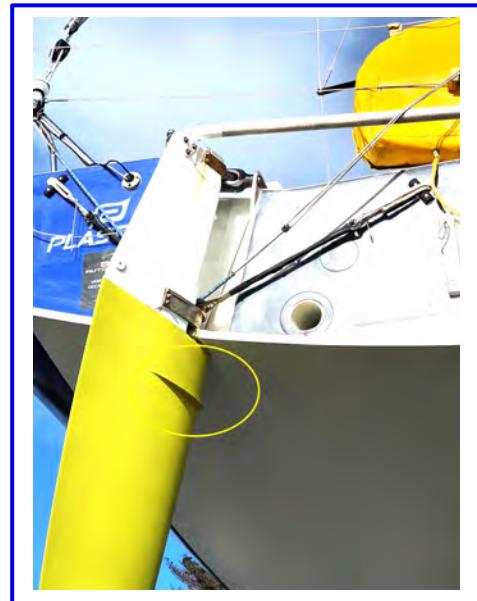
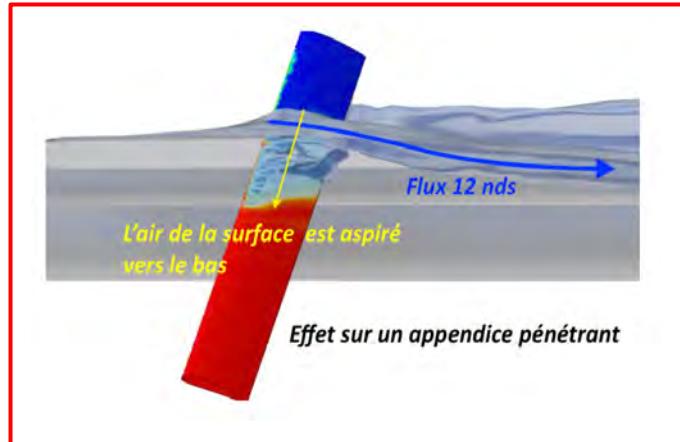
Au final, l'extrados du safran se comporte comme une sorte d'autoroute qui guide et diffuse le mélange gazeux sur toute la surface balayée en se propageant vers l'extrémité de l'appendice.

L'effet de la ventilation se traduit physiquement de manière identique à celui de la cavitation : par une perte d'efficacité pratiquement instantanée du safran.

Toutefois avec la ventilation, l'élément vitesse n'est pas primordial comme dans le déclenchement du phénomène de cavitation.

On parle alors de décrochage, lorsque le barreur souhaite contrer (angle d'incidence) une trajectoire non prévue.

Ce phénomène de ventilation affecte plus souvent les safrans extérieurs. La solution la plus répandue pour éviter que cette perturbation se produise, consiste à installer des barrières perpendiculaires au profil afin de dévier le déplacement de la cavité. Ce sont les « Fences » qu'on voit assez souvent sur les ailes des avions. Dans le cas d'un safran sous la voûte arrière, la voûte joue un peu ce rôle en canalisant l'interface eau/air.



Acte 42 : La quête permanente de plus de vitesse et la sécurité

Le jeu de la régate consiste depuis toujours à naviguer mieux que ses adversaires. Cela sous-entend de faire une route optimum mais aussi d'avoir un potentiel de vitesse important.

L'architecte intervient uniquement sur la vitesse en dessinant à la fois des carènes et des appendices performants et en concevant une structure générale du bateau très optimisée (choix de matériaux et conception).

Comme nous l'avons vu précédemment, le risque de perte de contrôle du bateau croît avec le carré de la vitesse, mais surtout le rapproche de la limite de son domaine d'auto-redressabilité. Lorsque cette limite est franchie le bateau échappe complètement au skipper et chavire à 180°.

Au-delà du domaine d'auto-redressabilité, aucun bateau équipé d'une quille fixe ne revient d'une inversion à 180° (chavirage) sauf conditions exceptionnelles, extrêmement rares, liées à l'état de la mer. On connaît des IMOCA (et d'autres) qui ont erré quille en l'air durant des mois dans les 50^{ème} rugissant avant de terminer englouti dans la banquise ou échoué en Amérique du sud.

Seul un système de sécurité actif comme cela est imposé aux bateaux IMOCA, peut extraire un bateau de la position chaviré à 180°. Si la quille pendulaire représente l'équipement mécanique indispensable, elle doit être associée aux formes du roof, du pont, du franc-bord, du cockpit afin que cet ensemble provoque une instabilité à 180° qui assure la rotation immédiate du bateau et son retour à une gîte de 10 à 20° (effet de la quille inclinée à 30/35° environ).

Air bags fixes stratifiés sur le toit du roof afin d'augmenter le volume de ce dernier.

Donc, la quille pendulaire n'est pas une condition suffisante pour que le bateau revienne en position conventionnelle vers 0° (ou 10°).

En effet, la rotation du bateau chaviré de cette position 180° vers l'angle (180-Avs), impose, pour chavirer de nouveau vers 0° :



- Que le CG soit déplacé latéralement (ce qui est réalisé progressivement par le pivotement de la quille pendulaire autour de son axe longitudinal)
- Que conjointement, la verticale passant par le CG, se rapproche lors de la rotation du bateau de celle passant par le CB, jusqu'à « passer de l'autre côté » et provoquer le chavirage du bateau vers la position conventionnelle proche de 0°.

Cela signifie, de facto, que tous les bateaux doivent être équipés d'une quille pendulaire en catégorie 0 et de superstructures en accord avec l'objet de cette prescription.

De plus, une intervention de l'équipage est obligatoire si le chavirage s'est produit lorsque la quille se trouvait en position centrale au moment du chavirage.

A partir de ce constat, je trouve que l'écriture de la prescription des OSR (règle internationale appliquée dans les courses au large) exigeant en catégorie 0 (celle d'un parcours type Vendée Globe) que : « *Le bateau doit être capable de s'auto redresser depuis une position à l'envers, avec ou sans intervention acceptable de l'équipage, quel que soit l'état du gréement* » est un réel euphémisme.

Tout se trouve aussi dans la qualification de la catégorie 0 de navigation. Actuellement cette catégorie s'applique implicitement aux zones australes. Dans cette zone, les courses se déroulent en été et principalement dans le sens des conditions de vents portants.

CLAP de FIN.

L'architecture navale est un art et donc une œuvre de l'esprit, elle traverse les années de manière non linéaire. Le fait de dépendre de l'environnement maritime et des chapelles perturbent les perceptions des évolutions.

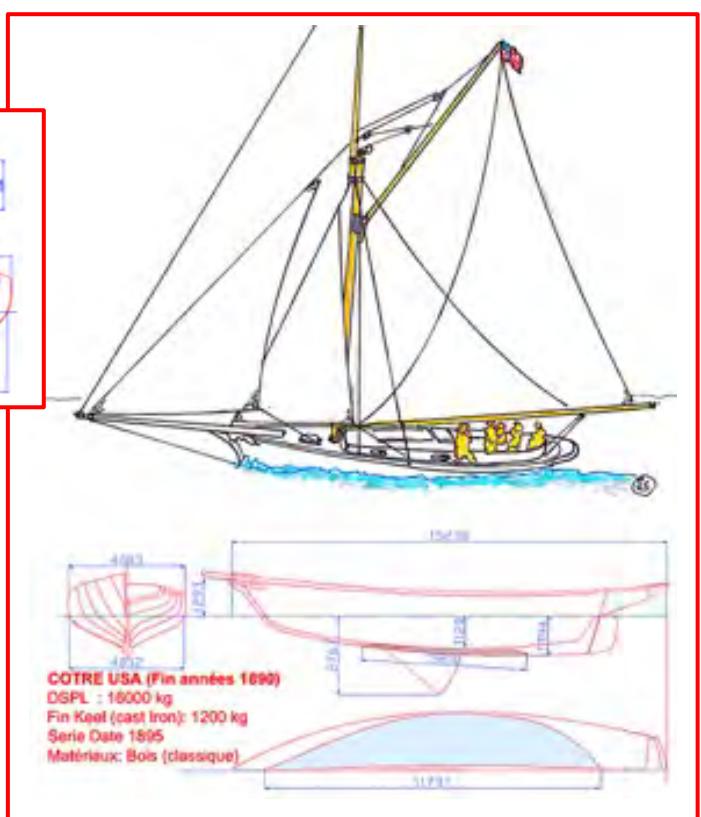
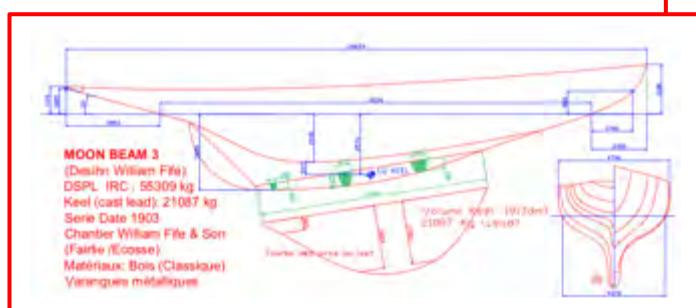
Sur cette centaine d'années, l'impression générale qui se dégage de la production de dessins de carènes pour des bateaux de régates offshore ou côtières, met en évidence l'influence majeure du conservatisme des écoles de pensées des différentes époques avec toutefois, par moment, une orientation de dessins qui bouscule ce ronronnement ambiant.

Pour autant, la réalité apparaît plus complexe. Le début 20^{ème} siècle se nourrit d'abord du travail considérable réalisé entre 1850 et 1900 par des ingénieurs/architectes comme Dixon Kemp, Louis Moissenet, William Froude,

Osborne Reynolds, Nathanaël Herreshoff qui théorisent les formes architecturales et leurs passages dans l'eau.

Toutefois, ces travaux très approfondis restent soumis aux contraintes imposées par les matériaux disponibles en cette fin de 19^{ème} siècle. Les dessins de carènes s'appuient uniquement sur le modèle archimédien où la longueur à la flottaison dynamique représente l'élément principal comme l'ont démontré Froude et Reynolds ($V = 2.44 * L \cdot F \cdot L \cdot T^{0.5}$).

La volonté de régater impose rapidement qu'un système de jauge existe, afin que tous les bateaux puissent naviguer de manière équitable.



Ce 20^{ème} siècle montre que les marins ne sont pas à une contradiction près. Ils souhaitent régater à armes égales, mais veulent en même temps conserver toutes libertés quant à la conception (formes, matériaux, etc...) de leurs bateaux.

En fait, un jour ils souhaitent une règle de jauge, le lendemain préfèrent la liberté totale qu'ils transforment rapidement en une Box-Rule (Monotypie à restriction), et pour les plus radicaux en une monotypie pure et dure, qu'ils abandonnent d'ailleurs aussi subitement qu'ils l'ont souhaitée.

A côté de cela, la quadrature du cercle apparaît comme une construction géométrique simpliste.

Durant la première moitié de ce siècle, deux grandes cultures maritimes se partagent le monde : la culture britannique de par son Empire et le Nouveau Monde avec les USA (principalement la côte Est).

L'influence de l'école britannique sur les dessins (stabilité de poids) des bateaux de course au large perdura pratiquement sur tout ce siècle malgré la fin de l'Empire.

La résistance des matériaux dicte la forme des carènes.

Le mode de construction des bateaux et les matériaux disponibles freinent l'imagination de certains architectes.

Pendant un peu plus de la moitié du siècle, les matériaux disponibles pour la construction des coques se limitent au bois et quelque fois à l'acier pour les très grandes unités (mais rares). Certes, on utilise éventuellement des structures de renforcement local en acier ou en fer, mais tout cela sur la base de la construction classique à bordés jointifs rivetés sur des membrures ployées ou sciées s'appuyant sur une ligne de quille longitudinale en bois massif.

La tenue (rigidité) d'une coque classique repose uniquement sur l'adhérence entre les différentes pièces de bois assemblées entre elles, par cloutage ou rivetage cuivre. Ce mode de construction qui perdure jusque dans les années 1960, impose des dessins de coque avec un rayon de courbure du retour de galbord nécessairement très important afin d'obtenir suffisamment d'inertie transversale pour résister au couple de flexion que génère le lest implanté dans la partie basse de la pièce de quille en bois. Cette tendance architecturale s'installe alors et devient la base des dessins construction des carènes.

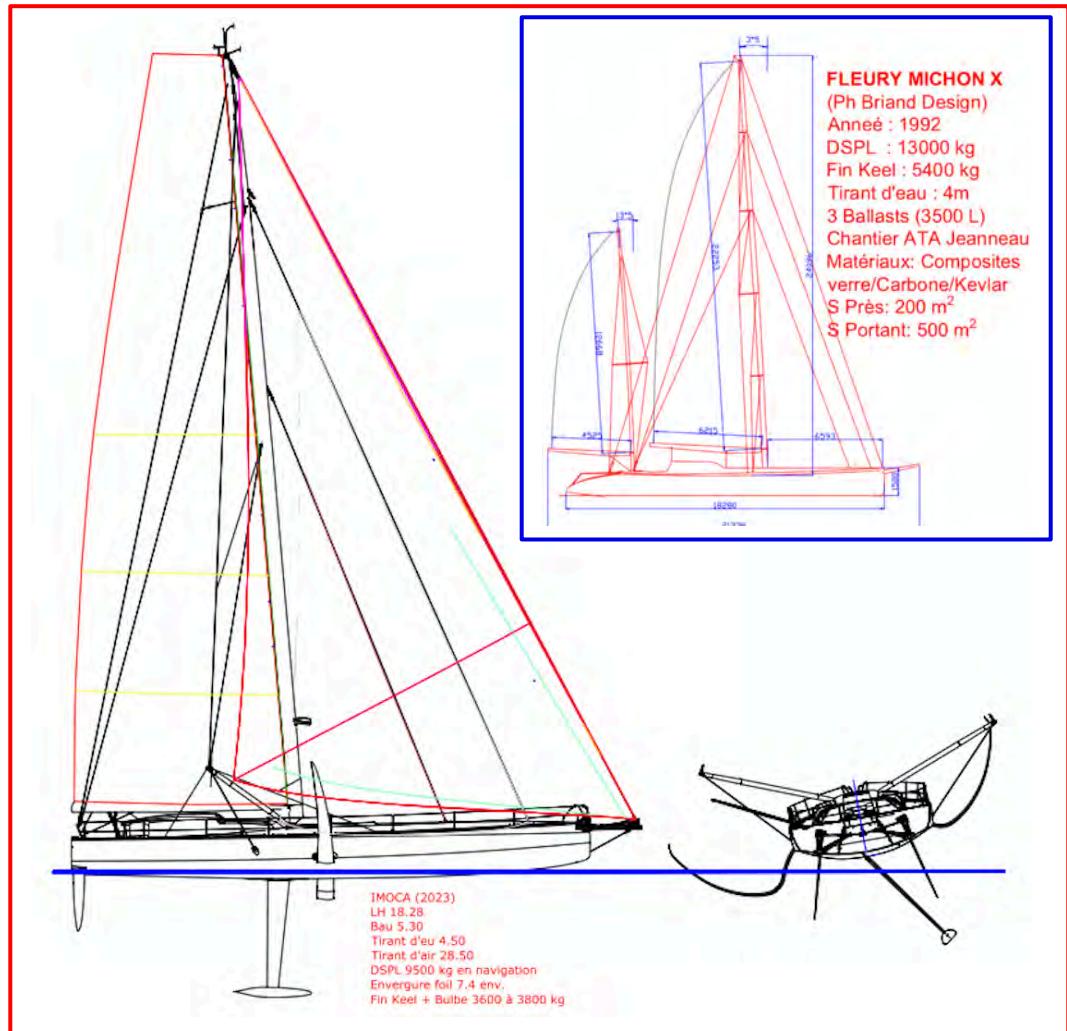
Cette contrainte de résistance mécanique interdit la construction de carènes à fond plat avec un lest assemblé sur le varangage de la pièce de quille.

L'implantation du safran sur le bord de fuite de la quille, procède aussi d'un problème de résistance mécanique. En 1963, les safrans se déportent sur un aileron fixe proche du tableau arrière. Il faut attendre 1970/75 pour que les safrans soient suspendus intégralement.

Le développement de nouveaux matériaux comme le contreplaqué, le bois moulé, le stratifié verre/polyester, l'aluminium, permet de concevoir des carènes avec un creux de coque faible, un BWL important et offre la possibilité d'utiliser des voiles de quilles avec ou sans bulbe.

La théorie du planning développée dans les années 20 par Uffa Fox ou par les 18 pieds australiens et néozélandais refait alors surface et permet d'atteindre des potentiels de vitesse au bas mot de $V=3.96 \cdot L \cdot F \cdot O \cdot T^{0.5}$, soit une progression minimale de 62% par rapport à la vitesse archimédienne.

Les meilleurs bateaux de la Quarter Ton Cup de Deauville valideront ce concept.

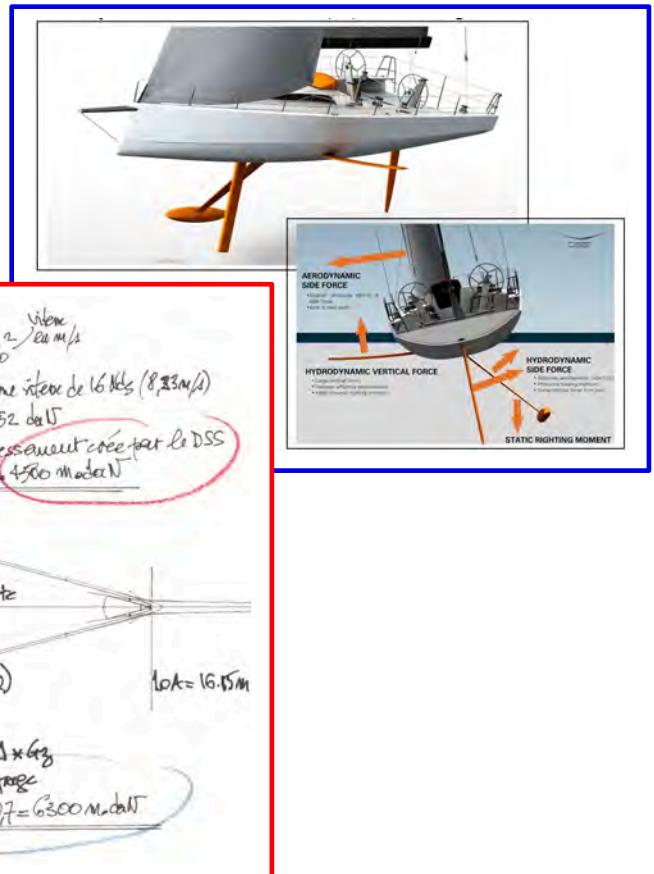


Le mode planning se diffuse rapidement et déforme les dessins des carènes

Progressivement, les monocoques Open (Boc, Vendée-Globe, Volvo Race), Class40, Mini 650, mais aussi des Maxi jaugés en IRC ou ORC, d'abord en 60' puis vers 2005 en 100' (30.38m) avides de vitesse, développent à l'extrême cette

architecture orientée vers le planning avec des bateaux larges, plus légers, un creux faible et des lignes tendues.

Une architecture différente résiste, basée sur un DLR (ratio Déplacement/Lfloat) très bas (32 = Déplacement très léger), des ratios (Bmax/LHT) et (BWL/Lfloat) de 0.17 et 0.14, donc des carènes étroites équipées d'une quille basculante. Elles utilisent souvent un foil horizontal type DSS afin d'augmenter le couple de redressement et d'améliorer la sustentation (soulager l'étrave). La série INFINITY (36' à 105') dont les carènes sont plus conventionnelles intègre aussi le DSS en plus de la quille pendulaire.



Au-delà du planning le mode vol apparaît.

Les IMOCA introduisent vers 2014, la sustentation des bateaux sur des foils sans toutefois qu'elle soit intégrale. Cela signifie qu'un IMOCA, et c'est toujours vrai en 2023, ne peut pas voler horizontalement hors de l'eau car la jauge interdit le plan horizontal de régulation (PHR) arrière (ou avant). Les Mini 650 autorisent par contre la combinaison de foils et d'un PHR sur le safran.

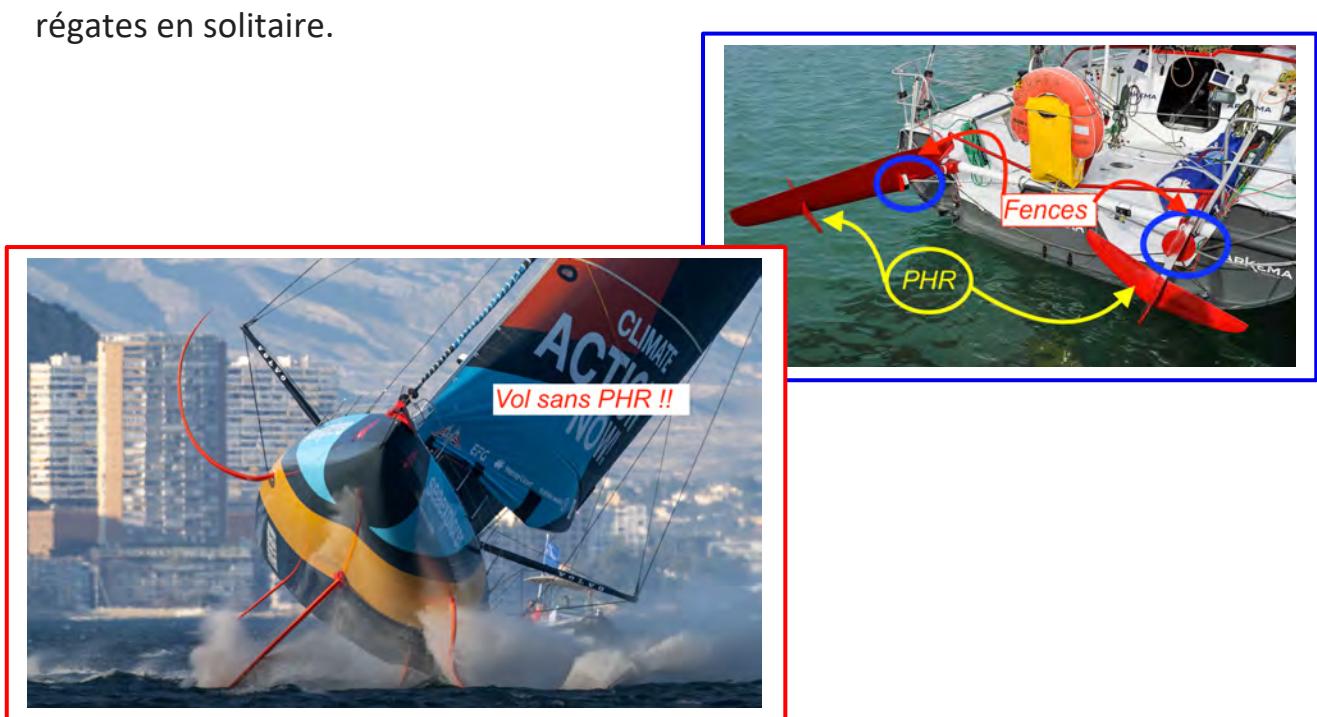
La sustentation par foils (Hors DSS qui permet de déjauger et augmente le couple de redressement) représente un autre domaine de navigation. Le bateau n'évolue plus dans le régime archimédien. Il entre dans le domaine du vol. Les lois de l'aérodynamique se substituent alors à celles de l'hydrodynamisme.

Les foilers utilisent des profils de foils cavitants. La vitesse maximale de tous les « bateaux foilers » se situe vers 40 nœuds. A 40 nœuds, la portance de ces profils s’écroule quasiment instantanément à cause du phénomène de cavitation sur l’extrados propre à ce type de profil cavitant. Le foil décroche alors et le bateau s’écrase dans l’eau.

Toutefois, il existe des profils de foils dits « super-cavitants¹¹⁰ » qui permettent d’atteindre des vitesses dépassant largement ce mur des 40 nœuds. Mais, pour décoller, donc à basse vitesse, il faut recourir à la postcombustion : technologie qui n’existe pas sur un voilier.

Finalement, après presque une centaine d’années où la vitesse en courses offshores et côtières plafonne et oscille autour de la limite archimédienne des carènes, on redécouvre la notion de planning en adaptant les carènes. Certes on quitte la vitesse limite archimédienne liée à la longueur à la flottaison dynamique, pour déjauger et naviguer bien au-delà de cette vitesse archimédienne, tout en conservant les lois hydrostatiques qui régissent l’équilibre du bateau.

Le passage en mode vol (integral) sur foils (ou foil + quille pendulaire) assisté d’un PHR bouscule tout cela. L’accroissement de vitesse obtenu se situe autour d’un facteur de 1.5 à 1.8 par rapport au mode planning mais au prix de contraintes de pilotage qui bousculent les capacités humaines, surtout lors de régates en solitaire.



¹¹⁰ Consulter la présentation suivante : 4th International Symposium on Marine, Austin, Texas, USA, June 2015. A New Family of Dual-Mode Super-Cavitating Hydrofoils (Stephano Brizzolara) Innovative Ship design lab, i-Ship, Department of Mechanical Engineering Massachusetts Institute of Technology.

Rapporté à un bateau de 18m de LFLOT, les vitesses de bases sont :

- Mode archimédien : 10.35 nœuds (Période jauge RORC et IOR)
- Mode planning : 17 à 25 nœuds (Période Open et jauge IRC et ORC)
- Mode vol intégral : 32 à 40 nœuds

Certaines classes, comme la Classe40 ou systèmes de jauge (ORC, IRC, etc...) choisissent de rester dans le domaine archimédien et d'exploiter au maximum les possibilités de planning. Cette évolution passe alors par une géométrie des formes avant très tulipées et volumineuses qui cabrent la carène sur la surface de l'eau, on parle « d'avant volant – flying bow – ». Apparaissent aussi les surfaces de flottaison quasi elliptiques, un bouchain très prononcé implanté sur les œuvres mortes (du mât au tableau arrière). Ce type d'architecture augmente la stabilité de forme aux angles de gîte de navigations et favorise le déclenchement du planning mais surtout permet de stabiliser ce mode de navigation.

En complément des évolutions assez radicales des œuvres vives et mortes les dessins des plans de voilure s'adaptent à ces nouvelles assiettes longitudinales (bateaux cabrés). L'implantation des pieds de mât recule, la quête augmente, la forme des grand-voiles devient un trapèze. Cette option aérodynamique du plan de voilure découle de la vitesse au planning mais surtout parce que la composante du vent apparent refuse, bien que le bateau navigue aux allures portantes.

La contrepartie de ces orientations architecturales radicales que sont les formes avant volumineuses et leurs fonds plats nécessaires pour déjauger se paye lorsqu'il faut naviguer près du vent.

Les Multicoques en course au large.

Cet ouvrage ne traite pas de l'influence des multicoques sur l'architecture navale en course au large. C'est une décision volontaire, car les lois hydrodynamiques, bien qu'elles soient archimédiennes, ne réagissent pas de la même manière que sur un monocoque.

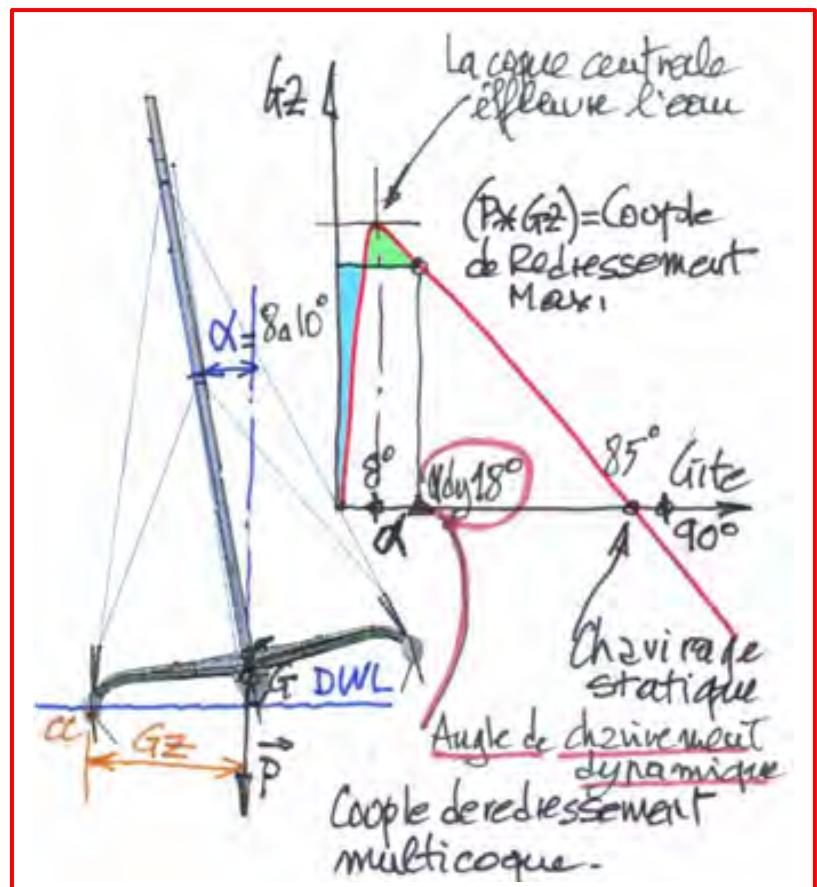
En effet l'équilibre d'un multicoque se partage entre le couple vélique qui le propulse mais peut le faire chavirer et le couple de redressement qui maintient la plateforme (2 coques ou 3 coques) assez proche du plan horizontal en navigation.

L'angle de gîte correspondant au couple de redressement maximal étant obtenu :

- Pour un Catamaran, lorsque la coque au vent sort complètement à fleur d'eau. Tout le volume immergé de coque est alors transféré dans la coque sous le vent.
- Pour un Trimaran « atlantique », lorsque la coque centrale déjauge entièrement (toujours à fleur d'eau), le volume immergé se trouve dans le flotteur sous le vent.

Comme cela a été présenté dans le paragraphe « Architecture totale » on distingue deux types de conceptions architecturales pour les trimarans :

- Trimaran « pacifique ». Le volume des flotteurs représente chacun environ 75% du déplacement du multicoque. Les flotteurs s'immergent complètement (limite admissible).
- Trimaran « atlantique » où le volume de chaque flotteur représente 115 à 125% du déplacement total du trimaran.



Seule la version « atlantique » se développera, car le flotteur sous le vent immergé à 100% du déplacement de trimaran (moment de redressement maximal = poids X demi largeur du trimaran) se comporte comme une carène de monocoque à déplacement léger (DLR de 20 à 22) qui peut donc rapidement planer d'autant plus que le flotteur est équipé d'un foil courbe qui sustente en partie le trimaran, sans le faire voler... comme cela se passera sur les ULTIMS.

Le centre de gravité se situe dans le plan de symétrie du multicoque. Par contre l'évolution latérale du centre de carène, bien qu'elle suive les lois hydrostatiques, est totalement différente de celle connue sur les monocoques.

On constate donc qu'au maximum du couple de redressement, c'est-à-dire au maximum de capacité de vitesse :

- Sur un catamaran, le Gz (distance horizontale entre les verticales passant par le centre de gravité et le centre de carène) maximal est sensiblement égal à la largeur entre les entraxes des coques divisée par 2.
- Sur un Trimaran, le Gz maximal est sensiblement égal à la largeur entre les entraxes des flotteurs (ou celle entre un flotteur et la coque centrale) divisée par 2.



Par exemple :

Elf-Aquitaine 2

LHT 22.85m, entre-axe les deux coques 13m

Poids 6.5T.

Couple de rappel maximal : $8.5 * (13/2) * \text{Cos}(10^\circ) = 41.6 \text{ T.m}$

Gitana 11

LHT 18.28 puis 22.00 m, entre-axe flotteurs 17m

Poids 7T.

Couple de rappel maximal : $7 * (17/2) * \text{Cos}(10^\circ) = 58.6 \text{ T.m}$

La largeur d'un catamaran est limitée, non pas qu'il soit impossible d'imaginer des catamarans plus larges que longs, mais dès qu'elle devient excessive, le bateau ne vire plus et présente une trajectoire erratique. L'entraxe des coques d'un catamaran ne dépasse guère 45% de sa longueur hors tout. Le Gz maximal sera donc de l'ordre de 22.5% de LHT

Sur un trimaran, l'entraxe des flotteurs atteint 97% de LHT : ce qui se traduit par un Gz maximal de près de 49% de LHT.

A poids égal, cela représenterait près de 50% de couple de redressement en plus.

Mais le trimaran possède trois coques : ce qui implique plus de surface de bordé, plus de cloisonnement, plus de longueur de bras de liaison et donc un poids très supérieur, soit moins de performances ... Le serpent se mord la queue, sauf si un matériau sauve la mise. Ce matériau « miracle » se nomme fibre de carbone. Il permettra de réduire les échantillonnages, donc le poids grâce à ses caractéristiques mécaniques largement supérieures au verre ou à l'aluminium, pour une densité assez proche. Ainsi un trimaran ORMA¹¹¹ affichait 5 600 à 5 800 kg (18.28 X 17.5m) alors qu'*Elf Aquitaine 1* (18m X 10.8m) pesait 7 800 kg dans sa première version lors de le RdR 82.

Au début des années 85, les Français précurseurs dans les courses Open en multicoques, lancent une jauge à restriction : la classe FORMULE 40 (LOA 12.19m). Cette jauge s'articule autour d'une Box-Rule très technique, qui ne laisse pratiquement de libertés que dans le choix du type de plateforme et sa largeur, ainsi que dans des matériaux de construction utilisés. Cette classe s'éteindra vers 1990 et donnera naissance, à l'horizon 1992, aux multicoques océanique 60' ORMA pour presque 20 années de compétitions de haut niveau.

L'architecture générale des carènes d'ORMA évolue très rapidement vers le trimaran équipé d'une dérive centrale et d'une dérive (droite puis courbe) dans chaque flotteur. L'optimisation des formes des flotteurs répond à deux critères : d'abord une trainée minimum du flotteur sous le vent lorsque le déplacement du trimaran est transféré intégralement sur ce flotteur (coque centrale à fleur d'eau), et ensuite suffisamment de volume et de franc-bord, dans les œuvres mortes de la partie avant afin de limiter le d'enfournement et limiter le risque de chavirage. Devant la diffusion des dérives courbes implantées dans le flotteur sous le vent, la classe ORMA limite la surface active de ces dérives (foils) afin d'interdire le passage du régime archimédien au domaine du vol intégral.

L'aboutissement se matérialise avec 20 trimarans ORMA au départ de la Route du Rhum 2002¹¹². Grandeur et sacre dans le bassin Vauban de Saint-Malo et « Waterloo » technologique 8 jours plus tard au milieu de l'Atlantique. En 2006, ils ne seront que 8 rescapés du Circuit ORMA au départ de cette même Route du Rhum, victimes de la désaffection des sponsors ou de la casse.

¹¹¹ Les largeurs données sont les entraxes des coques ou des flotteurs.

¹¹² Chaque Multicoque 60' coûte environ 2.5 à 3 M€, sans compter le fonctionnement.

Et pourtant, paradoxe, *Gitana 11* skippé par Lionel Lemonchois, établira, lors de la RdR 2006, le record absolu en avalant le parcours à pratiquement 20 nœuds (19.1 Nds) de moyenne, parcourant la distance entre St-Malo et la Guadeloupe en seulement 7 jours et 17h !!!

Cette performance exceptionnelle, près de 3 fois celle de Marc Pajot en 1982, soit 11 jours de moins de temps de traversée, ne suffira pas à sauver ce type de multicoques et la Classe ORMA.

La Route du Rhum représente depuis sa première édition en 1978 le terrain de jeu idéal pour les multicoques océaniques. Le parcours de 3542 milles peut se décomposer en deux parties, la première jusqu'au Açores qui a de fortes chances d'être parcourue par les dépressions automnales, la deuxième qui joue avec les alizés. Durant les 11 éditions, seule, celle de 2006 a connu une météo globalement favorable : ce qui permet à Lionel Lemonchois d'accrocher la moyenne de 19.1 nœuds.

Finalement la répartition des moyennes surprend.

- 1978 à 1982 Moyennes comprises entre 6.33 et 8.17 nœuds
- 1986 à 2002 Moyennes qui fluctuent entre 10.1 et 11.3 nœuds (1998)
- 2006 à 2022 Moyennes comprises entre 19.1 et 21.6 nœuds.

Soit un gain de 26 heures entre la victoire de Caudrelier en 2022 sur celle de Lemonchois en 2006.

Il faut noter que les « vrais » ULTIMS (trimaran foiler intégral) n'ont pas encore réussi à donner toute leur puissance dans cette course de vitesse qu'est la RdR. On peut penser que leurs potentiels de moyennes se situent aux alentours de 28 à 32 nœuds. La difficulté pour viser ces performances est évidemment liée à la météo, mais aussi à celle du pilotage en vol qu'il soit mode manuel ou automatique.



ROUTES LEMONCHOIS 2006 vs ROUTE CAUDRELIER 2022

La vitesse comme seul objectif.

Dans tout sport mécanique lié à un mobile qui se déplace, lorsque la fiabilité de la technique mise en œuvre est maîtrisée, la vitesse constitue le paramètre principal. On considère que tous les pilotes (skippers) sont d'un niveau très proche.

La technicité du mobile, en l'occurrence le bateau, relève d'abord de l'état de l'art correspondant à une époque (principalement les matériaux), puis de l'ingéniosité et du talent du concepteur et du constructeur.

Le montant du budget alloué à un projet, étant le nerf de la guerre, influe sur les compromis inévitables que les équipes de développements doivent accepter. Ces arbitrages décident au final de la technicité adoptée, sachant qu'il faut toujours privilégier une technique moins performante mais fiable plutôt qu'une technique très innovante dont la fiabilité n'est pas acquise. La part de prise de risque entre aussi dans la décision.

L'évolution technique dépend des apports technologiques, de la capacité à innover des concepteurs (architectes, ingénieurs, etc...) et des contraintes imposées par les règlements. Par nature, les concepteurs recherchent d'abord les techniques et les conceptions les moins onéreuses permettant d'obtenir des gains de vitesse importants. Les règlements ne peuvent pas encadrer toutes les évolutions possibles ce qui laisse la porte ouverte à des développements quelques fois hasardeux.

Il est évident qu'un règlement trop généraliste favorise des conceptions qui rapidement deviennent incontrôlables. A l'opposé, les règles de jauge permettant de quantifier les performances d'un bateau, outre leurs fonctions de permettre des classements équitables, encadrent aussi les évolutions technologiques. Dans ce dernier cas, les initiateurs d'une règle de jauge (ou d'un règlement) justifient cette volonté afin de préserver la flotte existante. Toutefois, ce type de décisions, pris par les instances dirigeantes, contraint (trop) souvent toutes velléités d'une architecture plus ouverte vers des idées novatrices.

Et pourtant l'innovation doit être encadrée, pesée à son juste gain. Les tendances du moment ne peuvent pas être une philosophie régissant la gouvernance. Le Vendée-Globe connaîtra cette ambiance dans les années 1994/96 où la recherche de vitesse conduit les teams à se lancer à corps perdu dans l'utilisation du carbone, notamment dans les voiles de quille ou encore en introduisant la réduction des superstructures et la diminution de la hauteur du

franc-bord des bateaux. Plusieurs années seront nécessaires pour ramener les skippers et les architectes à la raison.

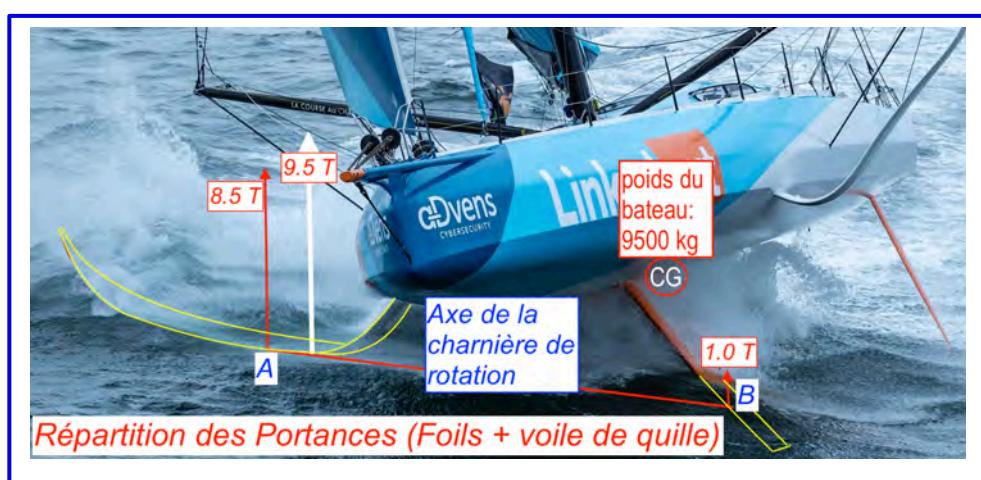
En fait, les skippers, les architectes, les ingénieurs mettent en œuvre des évolutions, des modifications non validées par des essais réels. Ces essais sont certes longs et coûteux, mais leurs absences génèrent souvent des incidents pouvant mettre gravement en défaut l'intégrité du bateau, comme la rupture de voiles de quille, de poutres navires, la perte de bulbe, la ruine de mécanismes de rotation des quilles, des chavirages, etc...

Quels que soient les types de sports mécaniques, les arguments opposés à l'instauration de nouvelles règles ou interdictions plus contraignantes sont toujours les mêmes : les performances vont s'écrouler. Pourtant les années passant, les nouvelles règles se mettent en place et, contre toute attente, les performances progressent.

Le mode « VOL » en navigation océanique

Depuis 10 ans, les foils appartiennent à l'environnement IMOCA, mais malgré l'America's Cup, la sustentation intégrale ne se diffuse pas réellement en course au large. Dessiner un bateau qui respecte à la fois les lois archimédiennes (donc posséder un lest relativement lourd au regard des critères de stabilité) et qui peut aussi voler même par vent faible (donc avoir un poids minimal et une faible trainée) apparaît comme contradictoire. Les IMOCA (déplacement voisin de 8500 /9000 kg) relèvent ce défi en s'appuyant sur la portance générée par le foil sous le vent associé à celle fournie par le voile de quille angulé au vent. Le voile de quille ayant un profil symétrique, on améliore sa portance (augmentation de l'angle d'incidence) en inclinant l'axe de rotation de la quille basculante de 5 à 8°. On nomme cette particularité le « Tilt ».

Chaque team réalise ses propres recherches sur les formes des foils. Une industrie s'est mise en place afin de produire ces appendices.



Jusqu'à il y a deux ans, aucune règle dimensionnelle limitait les envergures et les déploiements des foils. Devant la fuite en avant des teams, la classe IMOCA a dû imposer une box rule qui encadre la surface et l'envergure des foils.

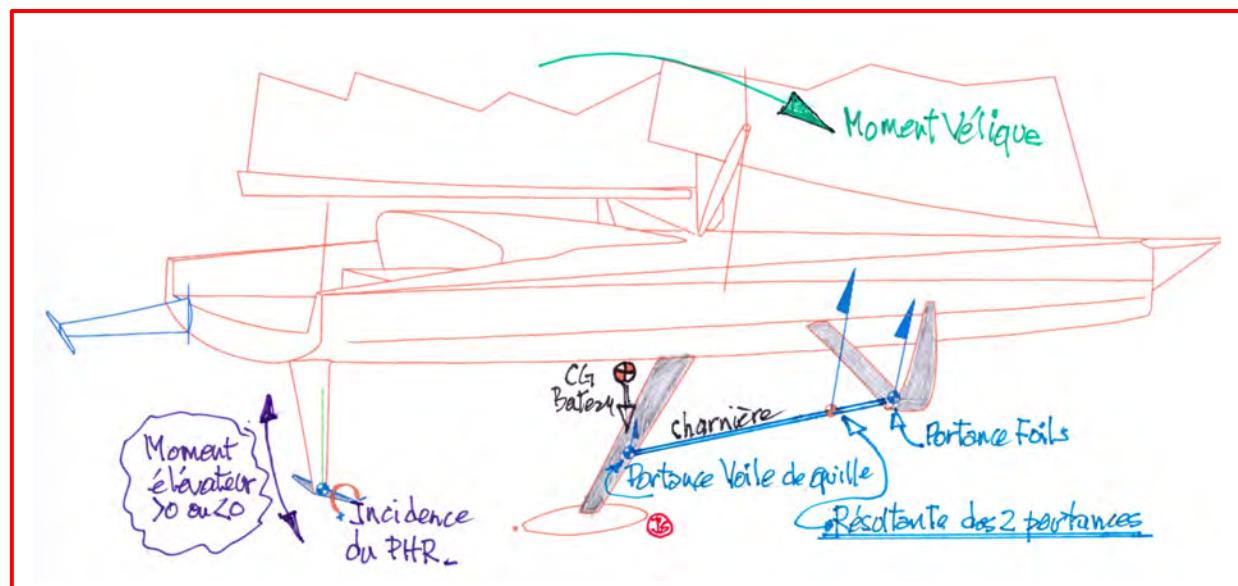
Les foils apportent un gain potentiel de vitesse de 1.5 à 2 fois supérieur à celui du mode planning. Certains bateaux arrivent atteignant des pointes de l'ordre de 35/40 nœuds (18 à 20 m/s).

Par contre le vol horizontal de manière stabilisée et contrôlé est rigoureusement impossible car la règle de jauge IMOCA interdit les plans horizontaux régulateurs (PHR) sur le(s) safran(s).

En supposant qu'un jour ces PHR soient autorisés, ce qui paraît inéluctable, la question du pilotage se posera alors. Il faut entendre par pilotage le contrôle permettant de maintenir le bateau en assiette horizontale à une altitude relativement constante, y compris dans une mer formée.

Cela sous-entend d'abord de posséder un référentiel du plan horizontal afin d'agir de manière continue sur :

- La portance du foil en modifiant son angle d'incidence et sur celle du voile de quille à profil symétrique en installant par exemple un trimmer sur le bord de fuite.
- L'incidence positive ou négative du PHR (action à piquer où à cabrer).
- Le safran assurant le contrôle du lacet de la trajectoire.



Il reste toutefois un quatrième paramètre : la puissance vélique, qui évolue en fonction des variations instantanées du vent (vitesse et direction) ou des oscillations de route du bateau (lacet). Les conséquences de cette instabilité ont un effet sur la vitesse du bateau et sur les performances (portance et trainée) des appendices sustentateurs. Sans régulation de la puissance vélique, l'équilibre du vol devient aléatoire.

La perception de l'environnement

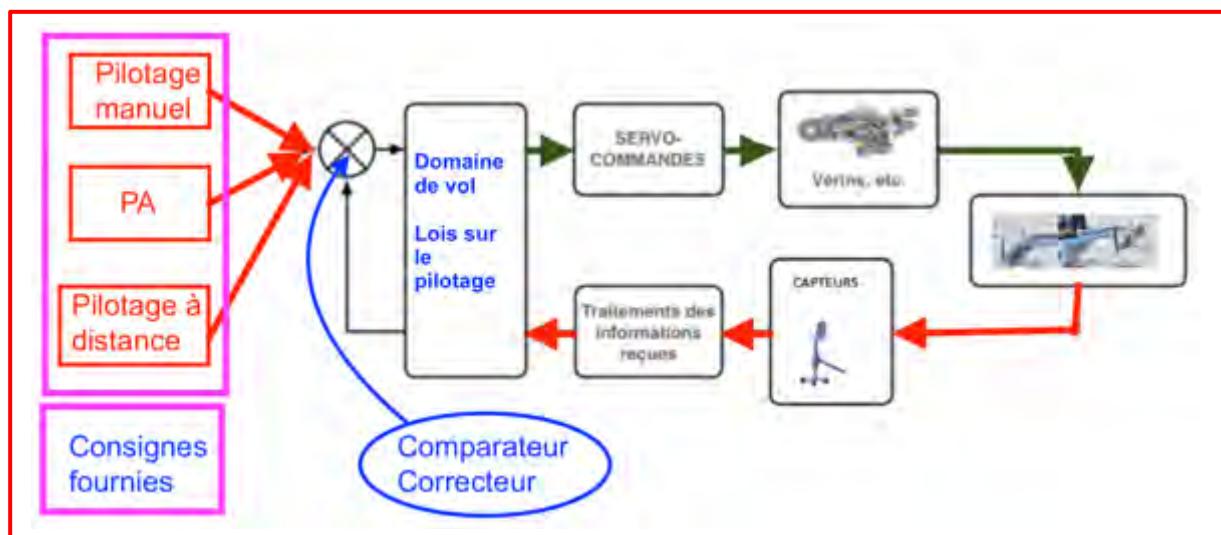
Le mode vol est totalement différent de la navigation en mode archimédien. En navigation archimédienne, de jour comme de nuit, le compas d'un voilier suffit pour se diriger. Les lois hydrostatiques assurent que le bateau navigue sans difficulté autour d'une position d'équilibre (gîte latérale et assiette longitudinale).

Par contre, sans aucun repère identifiable sur l'horizon (la nuit) ou même avec de la visibilité, la navigation devient impossible en mode vol horizontal et stabilisé. En effet aucune information corrective précise (le bateau vole entre 1.5m à 2.5m de l'eau) ne peut être donnée aux appendices sustentateurs sans connaissance du plan de référence horizontal et de l'altitude de vol.

Les corrections sont réalisées de manières continue dans deux directions : gîte et assiette longitudinale.

Seule une centrale inertie (pas un smartphone) qui entretien l'horizon artificiel de référence peut fournir, de manière continue dans les 3 directions (X, Y, Z), les informations aux algorithmes de commandes des vérins de manœuvre des appendices. Une information sur l'évolution **de** l'altitude de vol doit être aussi fournie en continu.

Un nouveau concept de pilotage.



Chaque bateau possède son domaine de vol défini par les caractéristiques de sa plateforme (coque), de son plan de voilure et de celles de ses appendices.

Il est aussi caractérisé par son équipement d'acquisition de données (capteurs) et par son système de servocommandes qui pilotent les mouvements des appendices.

A partir de cet ensemble, un « contrôleur de vol » autonome implanté dans le bateau est conçu.

Ce contrôleur de vol reçoit les paramètres (aussi appelées consignes) de vol : c'est-à-dire la vitesse, le cap, l'altitude de vol ou les coordonnées à atteindre. Ces données sont fournies soit par :

- ⇒ Le skipper qui opère en pilotage manuel à partir d'un joystick (commande électrique) en se référant à un horizon artificiel.
- ⇒ Le PA dans lequel le skipper a introduit préalablement ces mêmes objectifs.
- ⇒ Un opérateur à distance qui envoie ces mêmes données.

La stabilité du vol se joue alors au travers d'un comparateur (algorithme) interne au contrôleur de vol dont la mission est de conserver par corrections successives l'équilibre entre l'objectif à atteindre et la position instantanée du bateau par rapport au plan horizontal de référence (grâce à l'usage d'une centrale inertielle). Ces corrections affectent les réglages des appendices et aussi la vitesse du bateau autant que faire se peut.

Le contrôle de ce dernier point, la vitesse, est le plus complexe à réaliser. En effet, les réglages des voiles sont actuellement impossibles à réaliser en temps réel lorsqu'un bateau se déplace à 18 à 20m/s. La méthode utilisée consiste à modifier l'angle d'incidence par rapport au vent vrai, afin de conserver une vitesse la plus proche de la consigne initiale. Cela conduit à une trajectoire qui oscille sur la route à suivre (le cap). Il est évident que cette méthodologie possède quelques limites.

On constate donc qu'à aucun moment le skipper ou le PA ou encore l'opérateur extérieur ne pilotent réellement le bateau et n'agissent pas directement sur les réglages des foils ou du PHR. Lesquels commandent l'assiette de vol et celle du safran qui influe sur le lacet. Ces 3 entités fournissent simplement leurs objectifs au contrôleur de vol qui gère l'assiette de vol du bateau.

En pilotage manuel, le pilotage consiste à se référer visuellement à un horizon artificiel (comme sur un avion) installé dans le cockpit et à maintenir le bateau centré sur cette référence.

En mode PA, le skipper introduit les paramètres de vol (consignes).

On parle d'intelligence artificielle (IA).

Aujourd’hui, la Règle 52 des RCV est amendée afin d’autoriser l’utilisation d’un PA en navigation. Toutefois les fonctionnalités du PA, mais indirectement aussi celles d’un éventuel contrôleur de vol, sont très encadrées pour les bateaux utilisant des appendices sustentateurs comme les IMOCA, les trimarans ULTIMS ou même le FIGARO 3.

Extrait du règlement IMOCA :

« La règle 52 des RCV est remplacée comme suit : Le gréement dormant d'un bateau, son gréement courant, ses espars et les appendices mobiles de coque autres que la quille, le(s) safran(s) et le remplissage, le transfert ou la vidange des ballasts, doivent être réglés et manœuvrés uniquement par la force fournie par l'équipage. Tout asservissement est interdit sauf pour régler et manœuvrer la quille et le(s) safran(s). »

Les PA possèdent aujourd’hui un soft interne sophistiqué qui à partir de prérégagements introduits par le skipper fournit un mode de pilotage adapté à l’environnement global de navigation. Cela signifie que des informations externes instantanées (vitesse, vent, etc...) peuvent aussi être introduites automatiquement dans l’algorithme interne du PA. Mais en tout état de cause, le PA ne délivre qu’une force qui modifie l’angle de barre et/ou l’angle de la quille.

Actuellement le PA se comporte comme un pseudo « contrôleur de trajectoire ». Les paramètres liés au foil actif sont obligatoirement gérés manuellement par l’intermédiaire de vérins hydrauliques ou de palans. Il n’existe aucun asservissement entre les manipulations permettant d’obtenir le calage du foil et les fonctionnalités du PA.

Il est évident qu’à partir du moment où on souhaitera voler de manière stabilisée et la plus horizontale possible, l’ensemble de cette philosophie doit être repensée et réécrite.

Le vol intégral impose l’implantation d’un PHR sur le ou les safrans. Ce PHR est obligatoirement piloté, soit à cabrer, soit à piquer, incidence (+/-). Mais, surtout, les angulations de cet appendice doivent absolument être corrélées avec la portance instantanée produite par le ou les foils, la vitesse du bateau et la puissance vélique. D'où l'émergence d'un contrôleur de vol qui utilise les lois gérant les fonctions d'asservissement permettant de réaliser les consignes de vol.

Question : Est-ce que de l'IA est incorporée dans le contrôleur de vol ?

La réponse est négative. Certes le contrôleur de vol peut contenir un algorithme travaillant à partir d'une banque de données importante, stockée à bord, pour prévoir, en utilisant une fonction heuristique, la hauteur de la vague à venir en fonction des hauteurs des dernières vagues rencontrées.

L'utilisation d'une fonction heuristique dans des algorithmes permet de calculer rapidement une solution réalisable à venir, pas nécessairement optimale ou exacte, basée sur des évènements qui viennent de se produire.

Pour simplifier on pourrait dire : « *Voilà 3 vagues successives que je viens de subir et dont je viens d'analyser les caractéristiques. En associant ces 3 vagues aux apprentissages et historiques antérieurement acquis, je peux présager des évolutions possibles des vagues à venir (sous-entendu la 4^{ème} et la 5^{ème} vague), et communiquer ces informations au contrôleur de vol afin de régler les appendices (foils, quille, PHR, puissance) pour faire face à cette prédiction* ».

On troque alors l'optimalité, l'exhaustivité, l'exactitude ou même la précision de ce qu'on devrait faire dans un mode idéal (c'est-à-dire la perception de la vague quand on la rencontre), contre la vitesse de décision de la correction des paramètres de vol à anticiper et appliquer.

En fait, il n'y a pas d'intelligence artificielle dans ce type d'algorithmes, mais l'intelligence très concrète du programmeur qui les écrit.

Attention à ne pas voir un avis négatif sur l'IA dans ces lignes. Les techniques du vol (mais c'est aussi vrai pour la navigation archimédienne) relèvent de la loi de Newton, de celle de la conservation de l'énergie et de l'aérodynamisme. Aucune analyse de compilation de millions de datas (base de l'IA) ne peut influer sur la véracité de ces lois fondamentales.

Il faut aussi remettre le bateau dans son contexte et dans son environnement de navigation. Les échanges avec une équipe à terre passent obligatoirement par une liaison avec un satellite géostationnaire situé à 36 000 km ou des satellites à défilement qui évoluent entre 200 et 1 000 km d'altitude. Ces liaisons possèdent chacune leurs avantages et leurs inconvénients, mais ne permettent pas à un bateau d'utiliser un outil d'IA implanté à terre, soit pour des problèmes de débits soit pour des temps de latence. L'IA n'a de viabilité que si la réponse à une requête du skipper, ou d'un algorithme, est instantanée.

Cela signifie qu'un système d'IA, dans la mesure où il aurait une utilité, doit être implanté à bord : ce qui paraît compliqué vu les volumes de datas à stocker physiquement.

Au final...

Avec le mode « vol intégral », la course au large entre réellement dans un autre monde très différent de celui de la régate archimédienne, même en mode planning.

Piloter ce type de voiliers volants intégralement, même si le vol n'est pas permanent à 100%, suppose que le monde sportif s'appuie obligatoirement sur de nouvelles règles de course et surtout sur une nouvelle habilitation des skippers. Ces contraintes se calquent sur celles de tous les sports de haut niveau, notamment mécaniques, avec une particularité pour la course au large d'avoir la mer comme terrain de jeu.

On s'oriente ainsi vers une élite professionnelle dont la compétence dépasse largement celle des équipages amateurs, même « éclairés » qui évoluent depuis presque deux cents ans dans la course au large.

Est-ce à dire que la navigation et l'architecture des foilers vont supplanter celles basées sur l'archimédien ? Je ne le crois pas. La course au large et côtière que nous connaissons représente, pour les amateurs que beaucoup d'entre nous sommes, un art de vivre, un espace de liberté, de sociabilité qui pour autant n'exclut pas la recherche de performances. Imaginer que quiconque pourra accéder à la pratique du vol en monocoque lors de courses au large ou côtière, même si les plateformes, obligatoirement archimédiennes, sont équipées de PHR, de centrales inertielles, de PA « intelligents » me paraît impossible.

En effet, il ne faut pas croire que l'automatisme embarqué, même le plus performant, assurera des conditions de vol du bateau absolument sécuritaires. Si c'était possible, on se passerait de pilote et de co-pilote dans un avion. Certes, les skippers d'IMOCA ne barrent plus physiquement les bateaux, mais ils surveillent et introduisent en permanence les consignes nécessaires au déplacement et à l'équilibre du bateau (qu'il soit archimédien ou plus ou moins foiler).

Aujourd'hui, le vol continu stabilisé n'est pas entièrement acquis en course au large, mais cela pourrait se produire dans les années à venir. Alors, la vitesse progressera pour se rapprocher des 30 à 35 nœuds (15 à 18 m/s), limite physique des foils cavitants. Ces conditions extrêmes de pilotage limiteront de fait (c'est déjà le cas) la diffusion de ces foilers.

Mais, sans aller vers le domaine de vol intégral, on peut imaginer utiliser des formes d'appendices sustentateurs qui amplifieraient la vitesse au planning dans certaines conditions.

Par contre, les effets de ces types d'appendices devront rester dans un domaine sécuritaire. Ce qui revient à dire que lorsque les appendices sustentateurs décrochent, le bateau doit retrouver naturellement la situation de planning ou archimédienne d'origine, sans problème particulier.

Trouver et intégrer dans une carène archimédienne la forme optimale de ce type d'appendices représente un véritable challenge architectural, et implique une nouvelle méthode de pilotage pour les skippers.

Il est d'ailleurs probable que cela nécessite une corrélation avec les formes des carènes et des volumes des voiles.

Les algorithmes des jauge actuelles IRC, ORC, etc... sont basés sur les équilibres hydrostatiques liés au domaine archimédien et intègrent le planning.

Imaginer intégrer les équations de performances en vol dans les jauge actuelles ou même écrire une nouvelle jauge est un leurre pour deux raisons essentielles. D'abord, on est en présence de deux modèles physiques entièrement différents : l'un répond aux équations hydrostatiques, l'autre aux équations aérodynamiques. Ensuite, comment faire la part des choses entre les périodes où les bateaux volent et celles où les carènes évoluent dans le mode archimédien ou même planent ?

La solution se trouve peut-être dans une forme de compromis où la jauge autorise une certaine sustentation qui produit un allégement virtuel du déplacement du bateau, ce que fait déjà le planning, en utilisant des appendices sustentateurs de conception libre mais dont la surface active serait limitée.

C'est la solution que propose l'IRC avec une formule simple :

S max = 0.0046 * (BW / LWP), dans laquelle le déplacement à vide BW est exprimé en Kg, et la longueur à la flottaison statique LWP en mètre, S étant en m². Cette formule revient à limiter la sustentation verticale à 30% du déplacement à vide du bateau.

Ainsi, on relance un domaine de recherche pour améliorer encore les performances des carènes archimédiennes.

FIN

(17/10/2023)

Bibliographie :

Archives revues

- *Course au Large (UNCL)*
- *Les Cahiers du Yachting*
- *Neptune Nautisme*
- *Bateaux*
- *Seahorse*
- *Yachting world*
- *Régates*
- *Bibliothèque YCF*

Sites internet

- *Rbsailing.com*
- *Histoire des half.com*
- *Uncl.com*

Archives et documents architectes

- *Philippe Briand*
- *Gilles Vaton*
- *Cabinet Philippe Harlé*
- *Cabinet Mauric*
- *Bernard Nivelt / Michel Joubert*
- *Jean Berret*
- *Jim Pugh (Reichel-Pugh design*

Archives personnelles

- *Certificats IOR*
- *IOR Rules (ORC)*
- *Minutes congrès ORC et ISAF (1981-2008)*
- *Special-Reg Committee member (ISAF 1996/2004)*
- *Travaux Technical Committee IRC (1983-2022)*
- *Bibliothèque personnelle*

