

EXperts-Yachts

Jean SANS
Expert honoraire près la cour d'Appel de Rennes
 26 rue du Couédic, 56100 LORIENT - France
 +33 (0)6 07 10 24 03 www.experts-yachts.fr jean.sans@wanadoo.fr
*Expertises Maritimes (Privées ou Judiciaires) - Consultant technique
 Arbitrage - Relevés de carènes (Photogrammétrie)
 Mesures et calculs de stabilité - Jauge IRC*

JAUGE IRC

Présentation de LA JAUGE IRC



Des dizaines d'années de régates (Depuis 1835 !!!) et donc de règles de jauge, montrent que l'imagination dans ce domaine est infinie.

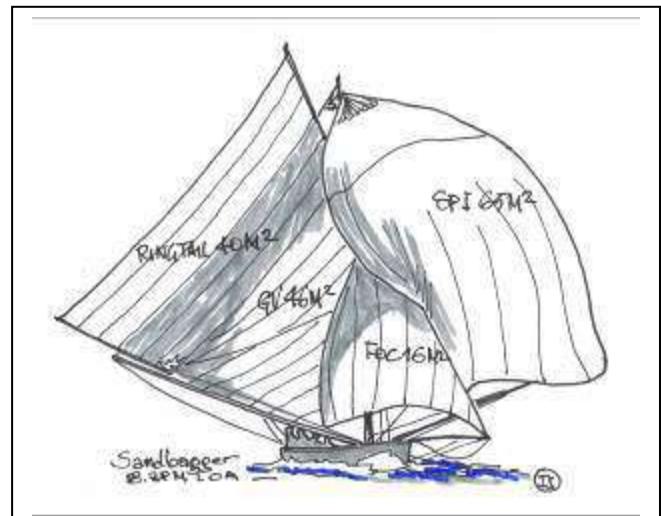
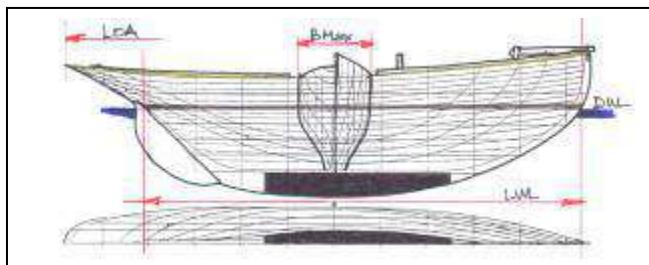
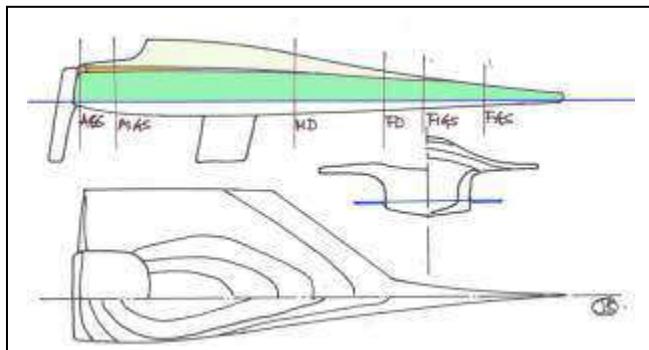
Des « règles de Jauge » font régulièrement un tour de piste et rejoignent les archives sans avoir été capables de séduire des régatiers.

Un court historique de la Jauge IRC, qui a été écrite en 1983 et qui reste reconnue et incontournable dans les courses offshore.

Préambule

Une Jauge permet en théorie de dessiner (et de construire) des bateaux de régates performants et esthétiques (la dernière appréciation étant subjective).

Mais une Jauge, lorsqu'elle perd la tête, engendre aussi des bateaux pour le moins surprenants.



Une Jauge quel qu'elle soit doit aussi permettre à l'équipage de sortir de situations délicates – que l'équipage peut toutefois avoir initié - afin d'éviter de se trouver cul par-dessus tête.



La Jauge IRC.... la « JAUGE »

Les bases fondamentales de la JAUGE IRC sont simples et connues (malgré le secret des formules), elles s'appuient les 150 années de travaux et d'expériences des Clubs et Institutions qui ont œuvré au développement de la régate offshore ou inshore, mais aussi sur les principes physiques basiques qui concourent à améliorer la vitesse des bateaux.

Contrairement aux idées reçues, ce ne sont pas uniquement les paramètres physiques du bateau (Longueur, Surface des voiles, Déplacement etc..) qui pilotent la JAUGE IRC¹, mais un assemblage des ces paramètres physiques avec les conditions météorologiques dans lesquelles les bateaux évoluent dans le temps. En effet l'expérience montre qu'à chaque type de conditions météorologiques se trouve associé un ou plusieurs paramètres physiques du bateau, le rôle de la JAUGE IRC étant d'écrire la partition qui permet de mettre en musique toutes ces données.

Résumé sous forme de tableau :

| | |
|------------------------|---|
| Le petit temps | La Surface de Voile est l'élément principal. Aucun bateau n'atteint sa vitesse limite. La vitesse, bien que faible croît avec cette Surface |
| Le temps Médium | La vitesse est optimum car le bateau peut donner sa pleine puissance. Mais la vitesse est limitée par les paramètres physiques du bateau (Longueur à la Flottaison et la surface mouillée). |
| La brise | La Surface de voilure est réduite (par rapport au plan de voilure initial). Tous les bateaux sont à leur vitesse limite. La raideur devient alors un élément important car elle favorise les performances. |

L'ANALYSE

Une Jauge doit quantifier chaque élément (Longueur à la flottaison (*LFLOT*), Surface de voilure (*S*)... etc) afin d'attribuer à chaque bateau un handicap le plus équitable possible.

Mais une Jauge n'est pas uniquement une formulation mathématique même si elle se présente comme une Jauge de Haut Niveau. En effet toutes les simulations imaginées ne peuvent rien devant une zone de vent local, de calme plat de quelques heures, ou de quelques minutes, contre une mer croisée au détour d'un cap, un effet de cuillère dû à un effet de côte etc.

Il existe donc une grande part d'incertitude dans la pratique de la régate, dans le comportement réel d'un bateau par rapport aux prévisions et cela malgré tout le talent des architectes et des équipages, ce qui induit que la Jauge ne peut tout quantifier.

Reste qu'au final les bateaux dessinés avec génie, réalisent d'excellentes performances, gagnent les régates et sont jaugés correctement.

Mais revenons à la structure de base de la JAUGE IRC.

¹ Cette méthodologie a été inventée en 1925 par la Jauge RORC

LE PETIT TEMPS

Seule la surface de la voile (et bien sûr la forme et le type de tissu) compte. Aucun bateau n'atteint sa vitesse limite théorique. Plus les voiliers sont optimisés « petit temps » et plus la surface de voile est importante, et donc plus le bateau est théoriquement véloce. Il y a quand même aussi un compromis traînée/portance à trouver.

LA SURFACE de VOILURE = LE MOTEUR

Malgré l'inventivité des Voiliers à souhaiter la surface réelle la plus grande (*et facturée*) pour la surface jaugée, l'exercice de l'Autorité de Jauge n'est pas très complexe pour quantifier le « moteur ». Aujourd'hui la surface prise en compte dans le calcul du TCC correspond pratiquement à la surface projetée des voiles.

Innovation de l'IRC

Longtemps (plus de 50 ans), la surface du spinnaker a été indexée sur les paramètres du triangle avant, c'est à dire sur le dessin du gréement.

Rappel des anciennes pratiques :

- Largeur maximale du spi = $1.8 * J$ (base du triangle avant)
- Longueur maximale du guindant = $95\% \text{ de } \sqrt{I^2 + J^2}$, soit sensiblement 95% de la longueur de l'étaï avant.

Pendant très longtemps, ces « normes de faits », ont laissé peu de place à l'imagination des Voiliers et des Architectes.

En 1998, la JAUGE IRC a mis fin à cette contrainte. La surface du spinnaker devient totalement libre, mais contrepartie évidente, le TCC augmente avec cette surface.

Petit calcul basique

Un JOD35 de base à un spi de $63.5m^2$ avec un tangon de $3.55m$, soit un TCC de 1.042

Avec un spi de $75m^2$ (+19%) et un tangon de $3.95m$, son TTC devient 1.049 (+ 7 millièmes)

Avec un très grand spi asymétrique en tête de $85m^2$ (+34%) et un tangon de $4.20m$, le TTC passe à 1.055 (+ 13 millièmes). Cet exemple est purement théorique, mais illustre les possibilités offertes par la jauge en terme de surface de voilure au portant.

Conséquence normale de la libéralisation de la surface du spinnaker, la notion de symétrie du spinnaker disparaît et ouvre l'ère des spinnakers asymétriques en course au large, qu'ils soient amurés sur la coque, sur un tangon (classique) ou sur un bout dehors fixe ou rétractable. Il restait à la JAUGE IRC, la mission d'évaluer les performances comparées des spinnakers associés au système d'amure choisi par l'architecte. Ce travail, basé sur les VMG (gain sur la route directe au portant), permettra d'accepter en régate toutes les formes de spinnakers. Cette initiative « révolutionnaire » de l'IRC recevra un accueil enthousiaste des propriétaires, des architectes et des voiliers.

Contestations, incertitudes de mesures

Il y a peu de contestations concernant la surface des voiles, certes de temps à autres, des litiges apparaissent lors de contrôles, mais ces conflits sont généralement liés au vieillissement et à la déformation des tissus ou alors à de mauvaises conditions de mesures.

Après le MOTEUR, les FORCES qui s'opposent...au bateau (qui le freinent)

Au final, LE MOTEUR du bateau est correctement quantifié (en M^2 projetés), reste à jauger :

- Ce qui s'oppose (ou favorise) au déplacement du bateau dans l'eau ... et dans l'air et
- Ce qui influe sur l'équilibre latéral (gîte) et autorise de porter la surface de voilure.

Restons modeste, quand nous écrivons « LE MOTEUR du bateau est correctement quantifié », cela signifie que la JAUGE IRC évalue les surfaces « planes » des voiles (M^2) et non leurs formes aérodynamiques, ce qui n'est pas tout à fait la même chose.

Toutefois, afin de tenir compte de l'élancement des plans de voilure au près, la JAUGE IRC calcule l'élancement aérodynamique de la grand-voile et de la voile d'avant et en déduit un facteur d'efficacité, sorte de coefficient de performance théorique de chaque voile. Cela permet de graduer un correcteur de voilure suivant que l'on est en présence d'un prototype, d'un bateau de course-croisière ou d'un bateau de croisière basique.

LE TEMPS MEDIUM

L'équation se complique, car dans le temps médium l'architecte recherche la longueur à la flottaison maximale en utilisant tous les artifices permettant de gagner quelques centimètres décisifs.

Ces précieux centimètres se trouvent un peu à l'étrave (élancement avant) mais surtout sous la jupe arrière.

A l'avant les étraves bulbées (avec discernement) offrent dans l'atmosphère feutrée des bassins de carène ou dans les logiciels CFD (*Computational Fluid Dynamics*) des avantages théoriques incontestables mais ces gains supposés jouent souvent l'arlésienne en navigation.

Sous la jupe arrière, par contre, il y a d'autant plus du potentiel caché² que les mesures imposées par la JAUGE IRC sont très peu nombreuses³ dans cette zone. En effet en désaxant latéralement le plan de flottaison (on le fait pivoter autour de l'étrave de quelques degrés), on arrive à trouver une longueur à la flottaison dynamique supérieure à la longueur à la flottaison de référence de la Jauge (pour les bateaux modernes : distance sensiblement entre l'étrave et la fin du tableau arrière).

Pour s'en convaincre, il suffit de regarder les Open 60' IMOCA ou les VOLVO 70 avec leurs bouchains. Mais si augmenter les largeurs des tableaux arrières profite bien à ces types de bateaux, car cela leur permet aussi de donner de la puissance à la coque en déplaçant le centre de carène à la gîte, il ne faut pas tomber dans l'excès lors de la conception de bateaux de Jauge.... qui ne sont pas conçus pour les mêmes programmes de navigation que les IMOCA ou VOLVO.

La JAUGE IRC s'applique alors à évaluer cette longueur à la flottaison dynamique (*LFLOT* pour la JAUGE IRC).

L'autre paramètre sur lequel l'architecte travaille se nomme « surface mouillée ». Il apparaît évident pour le commun des mortels marin que plus le bateau a de surface en contact avec l'eau, plus il y a de frottements, donc de résistance à l'avancement. Ce qui impose de posséder un moteur plus puissant (surface de voile).

² JM. FINOT a déjà présenté cette théorie en 1975 dans un excellent ouvrage.

³ Cet état de fait est volontaire afin de ne pas retomber dans les affres de la Jauge IOR

Pour faire simple : dans le temps médium, à surface de voile identique, le bateau le plus rapide sera celui qui trouve le meilleur compromis entre :

- Longueur à la flottaison Dynamique réelle (la plus grande possible)
 - Longueur à la flottaison Dynamique « pour la Jauge », (la plus courte possible).
 - Surface mouillée (la plus faible possible).
- Le tout pour un TCC le plus optimisé.
..... Ce n'est pas gagné !!!

LA BRISE

La vitesse passe au second plan, en effet les bateaux possèdent de la puissance à revendre. La difficulté étant de la domestiquer et de rester « debout », en d'autres termes de ne pas se coucher au près (le bateau est vautré, s'arrête et dérape), ou sous spinnaker éviter une trajectoire incontrôlable.

Hormis le passage dans la mer, la stabilité transversale entre en jeu, pourtant la JAUGE IRC fait l'impasse sur ce paramètre, c'est-à-dire qu'elle n'impose⁴ aucun critère de stabilité à respecter.

Inconscience de la JAUGE IRC ou analyse pragmatique ?

Cette décision, de ne pas imposer de critères de stabilité influençant directement le TCC, remonte au lancement du CHS (Channel handicap System) en 1983.

Petit rappel historique :

- La Jauge CCA Américaine impose pour la première fois une mesure et un calcul de stabilité (1931). La Jauge RORC contemporaine de la Jauge CCA, propose de son côté une approche pragmatique de la stabilité par analyse, mais intègre cette expertise dans le TCC de chaque bateau.
- La Jauge IOR (1973), née du mariage de la Jauge CCA et de la Jauge RORC, reprend, en développant la méthodologie de la Jauge CCA.

Que constate-t-on alors ?

- Que le TCC augmente avec la stabilité, ce qui est normal puisque le bateau peut porter plus de voilure
- Que le TCC, qui intègre les résultats du calcul de stabilité, est applicable même le jour de petit temps, ou la raideur ne sert à rien, puisque l'équipage est placé sous le vent afin de faire gîter le bateau et ainsi diminuer la surface mouillée. Le Propriétaire comprend très vite que dans 25% du temps (*régates de petit temps*) et plus si on prend en compte le début du temps médium, il « paye » un TCC élevé pour rien !!!
- L'architecte fait évidemment une analyse identique et conçoit des bateaux dotés d'une stabilité de forme utilisable jusqu'au temps médium et ensuite intègre le rappel de l'équipage dans ses paramètres à la place d'une stabilité de poids obtenu par un bulbe. Le rappel de l'équipage n'augmente pas le TCC.

⁴ Hormis, indirectement, les critères CE qui sont obligatoires sur tous les bateaux construits après 1998 et imposés par les organisateurs sur toutes les courses au-delà de la catégorie OSR 2 (Fastnet par exemple). Mais ces critères n'influent pas sur le TCC.

Effets pervers de la tentative d'intégrer la stabilité dans le TCC : le TCC augmente avec les critères de stabilité, ce qui de fait pénalise les bateaux raides.

Deuxième effet très pervers, les architectes cherchent une baisse du TCC en diminuant réellement la stabilité et en dessinant des bateaux sans bulbe, avec le lest concentré dans les fonds du bateau, avec des voiles de quilles en bois !!!

Ce qui conduit la jauge à imposer une stabilité minimale ou tout le monde se réfugie. Paradoxe, cette stabilité minimale devient une sorte de « norme » de conception des bateaux de régates des années 80, **pour s'étendre ensuite aux bateaux non destinés à la régate !**

Il apparaît donc qu'imposer une mesure et un calcul de stabilité directement intégrable dans le TCC, ne conduit à rien, ou plutôt conduit au contraire de l'effet souhaité.

La JAUGE IRC (comme le CHS l'avait initié) laisse donc ce paramètre libre, en se disant que l'autorégulation fonctionnera.... et elle fonctionne.

En effet les architectes constatent rapidement que la JAUGE IRC ne réalise pas de mesure, de calculs de stabilité, ni même n'impose de stabilité minimale alors ils descendent le plomb stocké dans les fonds vers le bas des lestes. Les quilles bulbées (modérément dans un premier temps) réapparaissent rapidement, les petits bulbes se transforment en quille sabot, puis en quille torpille... la stabilité des bateaux renaissait de ses cendres naturellement, sans pour autant augmenter le TCC.

Mais toute évolution crée toujours des dommages collatéraux, dans le cas présent, les conséquences ne seront pas une diminution de la sécurité, comme ce fut le cas à une certaine période de l'IOR, mais par le fait de créer une injustice (au niveau des TCC) vis-à-vis des anciens bateaux conçus suivant la « norme IOR ».

Comment rétablir l'équité ?

L'architecture, sous l'impulsion de la JAUGE IRC, a abandonné rapidement les bateaux à déplacements lourds, pour les déplacements médiums qui « passent mieux » dans la Jauge et au final apparaissent beaucoup plus adapté à la philosophie de la JAUGE IRC.

Le travail de la JAUGE IRC consiste alors à quantifier la performance des lestes et la position de leur centre de gravité sans privilégier une quelconque architecture.

Ainsi, la JAUGE IRC,

Compare :

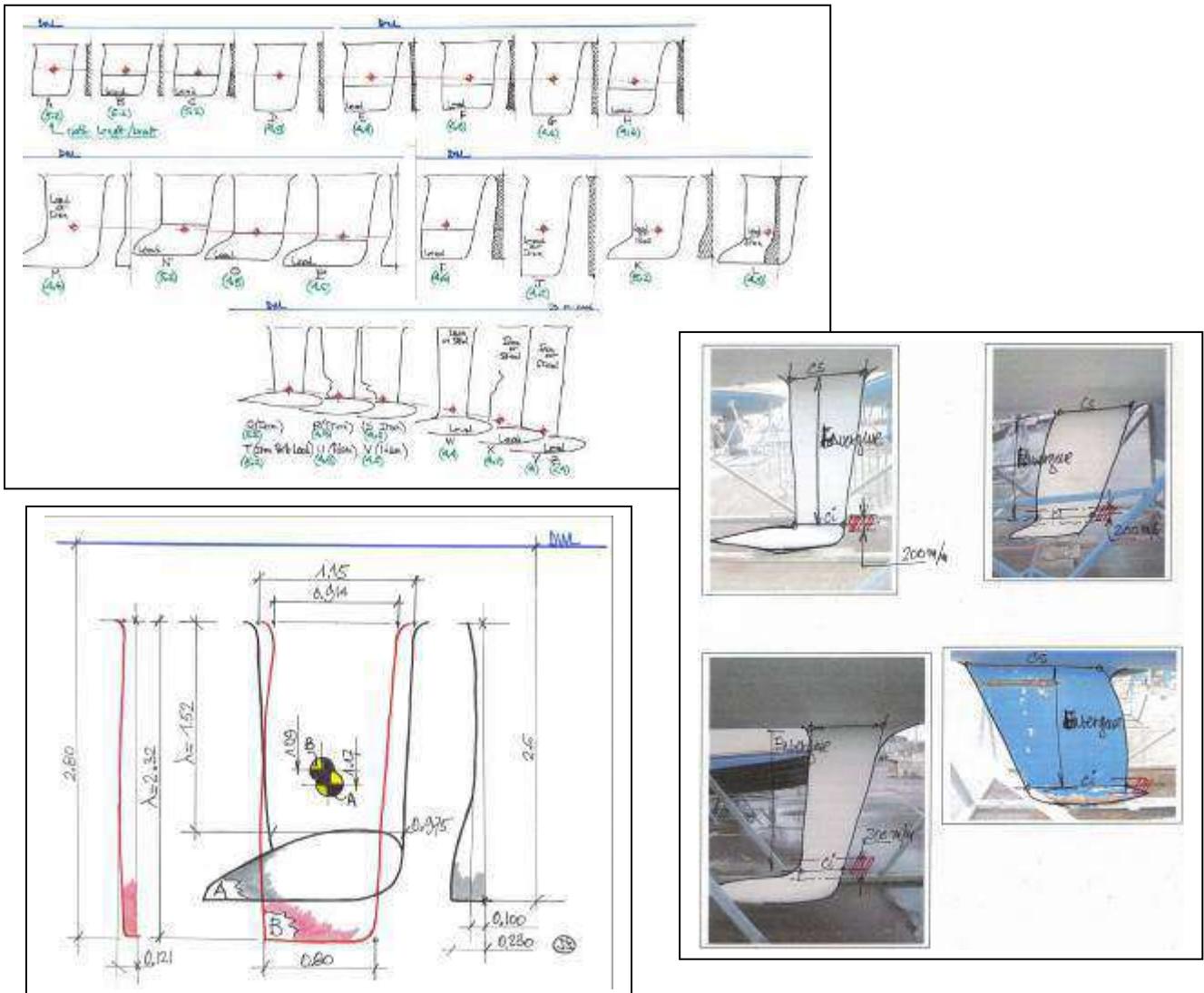
- Il existe de l'ordre de 50 possibilités de conception de types lestes.

Calcule :

- L'allongement du voile porteur, c'est-à-dire la partie de la quille qui donne la portance.
- Le Ratio Longueur Hors Tout du bateau / Tirant d'eau effectif

Prend en compte :

- Les matériaux du bulbe
- Les matériaux du voile de quille



LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Doit-on comprendre qu'il y a, pour chaque bateau, plusieurs TCC calculés en fonction d'un éventail de conditions météorologiques.

La réponse est « NON ». L'originalité de la Jauge IRC, qui a été reprise à la Jauge Rorc et à l'IOR, est de globaliser les répartitions des conditions météorologiques sur une année de régates, soit sensiblement 25% de petit temps, 50% de moyen, et 25% de brise.

C'est à la fois vrai globalement et évidemment faux si on prend les statistiques de l'année en cours et encore plus faux si on prend les « statistique » de la journée de régate.

Toujours est-il que, cette conjecture fonctionne. Elle a l'avantage d'être simple et équitable pour les coureurs.

Certaines Jauges ont expérimenté et constaté qu'introduire des vitesses de vents relevés pendant une régate sur le plan d'eau, complique, jusqu'à rendre impossible les classements.

QUELS AUTRES COEFFICIENTS ?

Tous les régatiers connaissent l'existence du fameux DLR (Displacement, Length Ratio) qui n'est que le rapport du déplacement IRC sur la longueur à la flottaison.

Le CHS le crée en 1983. Sa formulation du type mathématiquement homogène permet de classer les bateaux de déplacement lourd à déplacement ultra léger et ainsi de paramétriser la surface de voilure de base. La réalité est évidemment plus complexe car d'autres critères entrent dans le jeu de l'IRC, comme le tirant d'eau, la largeur, la longueur dynamique à la flottaison etc. suivant la complexité des bateaux modernes.

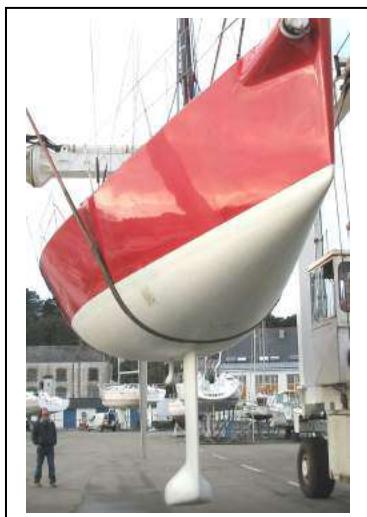
Le Hull Factor, vulgarisé par un article de début 2008 permet de graduer les concepts hyper orienté course (en d'autres termes le « proto » pur et dur) au concept croisière avec au milieu l'architecture et la conception course-croisière.

De même de Rig Factor, quantifiera le gréement aussi bien pour son type, que pour sa technologie à s'adapter rapidement aux évolutions météorologiques ou aux allures.

QUELLES ORIENTATIONS POUR L'IRC

Comme toute les jauge, l'IRC impose une tendance architecturale, non par volonté hégémonique, mais simplement parce que les formules mathématiques issues de la physique du navire, donnent naissance à des courbes dont certains points correspondent à des optimums permettant d'obtenir le ratio optimum :

TCC / (vitesse du bateau).



Ces formules mathématiques reprennent donc le paramétrage physique du bateau lorsqu'il navigue, sans pour autant devenir un VPP qui lui ne s'attache qu'à fournir une **prédiction de la vitesse absolue** du navire.

Le paramétrage représente autant de curseurs que les gestionnaires techniques de la jauge peuvent actionner chaque année en fonction de l'évolution qu'ils souhaitent donner à la règle de jauge mais aussi pour contrer après réflexion les attaques insidieuses d'architectes.

Actuellement, et ce n'est un secret pour personne, l'IRC est plutôt écrite :

- Pour des carenes courtes en longueur à la flottaison (statique) ; c'est pour cette raison que les brions d'étrave sortent de l'eau et que les pentes des voûtes arrières voisinent les 12°.
- Pour des déplacements médiums ; le ratio Déplacement/Longueur à la flottaison (statique) doit se situer autour de 170⁵.
- Pour des bateaux généralement voilés avec des focs de l'ordre de 110/115% du triangle avant
- Pour des bateaux possédant une assez bonne stabilité latérale initiale.

Cela correspond à un standard permettant de dessiner des prototypes (très en vogue dans les pays anglo-saxons) mais aussi des bateaux de production rapides et confortables. Notons que ce but paraît être celui de tous les systèmes de jauge... c'était déjà celui de la règle du Rorc mais aussi de l'IOR (IOR Mark 3A, part 1, General, §101) et de l'IMS.

La question souvent posée se rapporte à l'évolution du standard actuel. Il est possible de déplacer quelques curseurs simultanément afin de pas détruire les corrélations existantes entre les paramètres physiques. Une telle évolution doit être réfléchie car elle risque de scinder la flotte ou de rendre obsolète une partie des bateaux déjà construits, en les pénalisant par rapport à leurs performances réelles.

Certains architectes souhaiteraient voir le DLR (voir la note 5 en bas de page) évoluer vers une valeur se situant autour de 130 afin de pouvoir dessiner des bateaux qu'ils qualifient de plus « funs ». Est-ce vraiment la finalité de la jauge IRC ?

L'IRC demeure toutefois un système type « Mid-Level Rule », de part sa simplicité, notamment au niveau des mesures qui s'adaptent bien aux carenes basiques. Cette particularité rend plus complexe la gestion des dessins architecturaux extrêmes ou essentiellement dédiés à la course. La philosophie même de l'IRC, c'est-à-dire le secret de la formule, s'accorde mal à ce niveau de compétition, des désirs des architectes de jouer avec la formulation mathématique de la règle de jauge.

Les systèmes « Top-level Rule » produisent très rapidement des bateaux très onéreux car il est inconcevable d'imaginer libérer les énergies, les initiatives, les recherches des architectes et de freiner l'utilisation des matériaux et des processus de fabrication, la recherche des designs teams.

La Jauge IRC ne PENALISE (ni n'interdit) aucune initiative technique ou architecturale, elle TAXE uniquement ce que ces initiatives techniques et architecturale sont susceptibles d'améliorer le potentiel de vitesse du bateau.

Pour preuve, elle rapidement introduit un algorithme qui permet de taxer les Foils.

COMMENT TRAITER les INNOVATIONS

Ce n'est pas le travail le plus simple.

C'est même quelquefois assez proche de la quadrature du cercle. En effet, l'axiome premier d'une innovation est de révolutionner une technologie et mettre l'existant aux antiquités.

⁵ 170 est calculé suivant la formule particulière du DLR (Displacement length Ratio) utilisée en IRC.

Le reflexe premier est d'interdire. Ce n'est pas et cela n'a jamais été la philosophie de l'IRC.

En fait l'IRC possède un immense avantage avec le « secret » de la formule, bien que tout le monde pense que ce secret est éventé depuis des lustres.

L'IRC n'étant pas un VPP, la technique de taxation est alors beaucoup plus facile et surtout plus originale et pragmatique.

Le principe est le suivant : Un équipement installé sur un voilier est sensé apporter un gain de vitesse, ou de VMG en d'autres termes, il doit améliorer les performances.

L'IRC quantifie globalement ces performances, à l'Architecte de bien concevoir l'équipement afin qu'il apporte plus au bateau que l'IRC taxe.

Par exemple, je reviens sur l'apparition des Foils. Plutôt que de se lancer dans l'écriture de modèles mathématiques très complexe et surtout très difficile à valider, l'IRC part du principe que le foil génère une portance hydrodynamique avec une composante verticale qui soulève le voilier toute en augmentant son moment de redressement.

Cette portance diminue, de fait, son déplacement hydrodynamique en navigation, sans pour autant modifier sa masse générale.

L'IRC évalue cette portance hydrodynamique en fonction du dessin de chaque Foil.

Pour faire simple, l'IRC considère que la partie active du Foil est équivalente à une « aile d'avion » qui soulève le bateau.

D'autres paramètre comme l'aptitude à planer sont alors introduit.

Il est évident que le résultat de ce calcul n'est pas la vérité, mais le résultat de ce que peut apporter un Foil en termes de performances.

Par contre si le Foil est mal dessiné ou totalement inapproprié au bateau, la taxation pénalisera le bateau. Pour autant la cause n'est la Jauge, mais la conception du bateau.

On revient ainsi au fondamentaux de l'IRC, qui sont de laisser l'Architecte transcender les prévisions de la Jauge.

Mais l'IRC possède toujours sa botte secrète en rayon. Elle peut ainsi jouer sur les curseurs de ses formules afin de limiter la portée d'une innovation ; « frein » au début et ensuite « libéralisation » au fur et à mesure de la diffusion de cette innovation.

Ce pragmatisme permet à toutes les générations de voilier de régater avec succès.

Pour information, lors de la dernière MIDDLE SEA RACE (600 miles environ), courue dans toutes les conditions météorologiques, le classement Toutes Classes (sur 100 bateaux IRC) :

- | | |
|-------------------|---------------------------------|
| 1 ^{er} | JPK 11.80 (2018) |
| 2 ^{ième} | FIGARO BENEATEAU 2 (Année 2003) |
| 3 ^{ième} | NIVELT / MURATET 43 (2017) |
| 4 ^{ième} | SWAN 651 (Année 1984) |