

LES PRINCIPES DE L'ARCHITECTURE NAVALE

Lorsque l'on choisit un bateau, beaucoup de paramètres échappent à la perspicacité de l'acheteur qui se retrouve rapidement perdu dans les méandres de l'architecture navale. Pourtant, il existe réellement de grandes différences entre toutes les formes de carène et à puissance égale, tous les bateaux ne se valent pas. Aussi, pour vous aider dans vos démarches et mieux comprendre ou anticiper ce qui vous attend, nous avons décortiqué quelques formules permettant d'estimer les performances d'un bateau.



Le jeu est simple, mais il convient de s'armer d'une bonne calculatrice et d'un peu de rigueur. Pour autant, il vous permettra d'en savoir plus et certainement de déjouer quelques pièges ou d'apprécier à leur juste valeur les performances affichées de certaines carènes. Le terre-plein d'un chantier naval est sans aucun doute le meilleur endroit pour observer et étudier les multiples formes de carène. L'observateur attentif constatera rapidement qu'en plus de la différence évidente entre les coques à bouchain et celles en formes, il existe de nombreuses variantes dans la géométrie des sections, la répartition longitudinale des volumes, la forme et la profondeur des sections et des tableaux arrière. Tous ces éléments ont une influence sur la résistance à l'avancement et donc sur les performances et la consommation d'un yacht.

Dossier technique...

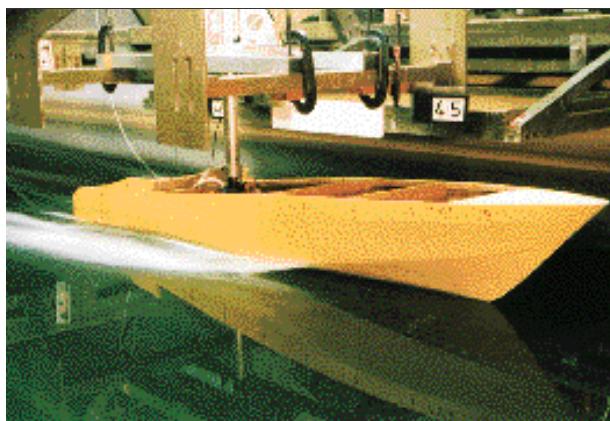
Les carènes des yachts à moteur sont classées en trois catégories : les coques à déplacement, à semi-déplacement parfois appelées semi-planantes et enfin les coques planantes. S'il est relativement facile d'identifier une coque à déplacement ou une coque planante, il existe un certain nombre d'idées reçues et souvent erronées sur la définition et les caractéristiques des coques à semi-déplacement. En effet, il ne suffit pas d'augmenter la motorisation d'une coque à déplacement et de gagner quelques nœuds qui coûtent généralement très cher en consommation pour la transformer en carène à semi-déplacement. Le mode de fonctionnement et les performances d'une carène sont fonction non seulement de son poids, de sa longueur et de sa largeur à la flottaison, mais également de ses formes et de la distribution longitudinale des volumes immergés.

Les architectes navals définissent les caractéristiques d'un yacht par quelques dimensions de base et des coefficients qui permettent de classer les carènes. Le premier de ces coefficients est connu sous le nom de quotient de Taylor (T_q) dérivé d'une formule du célèbre architecte anglais William Froude. Ce quotient est le rapport de la vitesse en nœuds divisée par la racine carrée de la longueur à la flottaison en pieds.

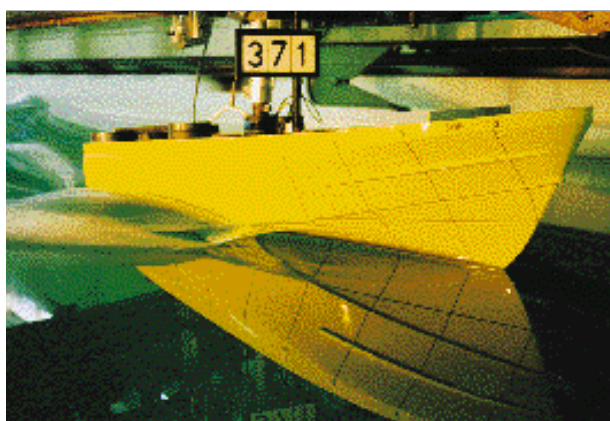
Daniel Savitsky, un américain reconnu pour ses travaux dans le domaine des coques planantes, définit sur la base de ce quotient la classification des différents type de fonctionnement d'une carène. Ainsi celles dont le quotient est inférieur à 1,34 sont considérées comme des carènes à déplacement. Les carènes à semi-déplacement présentent un coefficient compris entre 1,34 et 3, alors que pour un quotient supérieur à 3, il s'agit d'une coque planante. Par exemple, le Ghibli 21 M essayé dans ce numéro possède un quotient de Taylor de 3,74 qui correspond au calcul suivant : 28 nœuds/longueur 7,48 (soit 56 pieds).

Bien évidemment le déplacement ou le volume d'un yacht a une influence très importante sur ses performances. Pour être plus précis, il convient de mesurer ce volume en fonction de la longueur à la flottaison. Cependant, le déplacement n'est pas toujours communiqué par les chantiers et il faut savoir que cette valeur s'exprime en mètres cubes. Une formule toute simple permet de transformer un poids en m^3 afin de connaître le déplacement de son bateau. Ainsi, il suffit de diviser le poids en tonne par la densité de l'eau de mer à savoir 1,025. Ainsi, pour l'exemple du Ghibli dont le poids est de 49 tonnes, le déplacement est de 47,80 m^3 . Un chiffre important qui entre dans la composition d'autres formules.

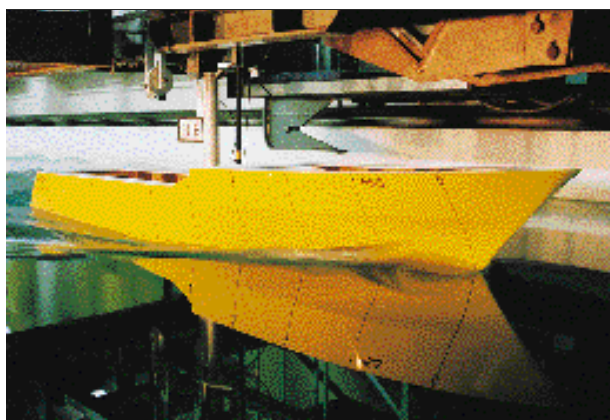
Les architectes utilisent également un coefficient de finesse (SR) qui permet de classer les bateaux en fonc-



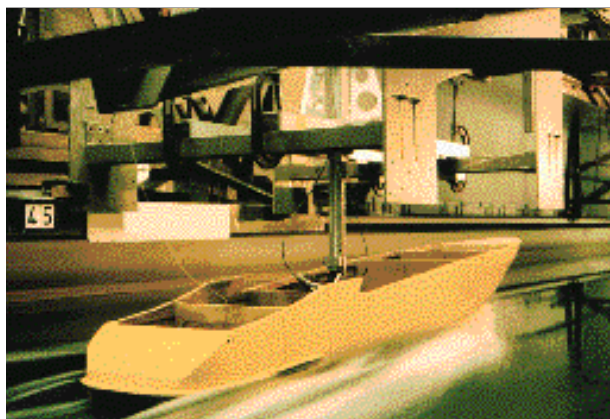
La carène planante génère une vague très basse.



La carène à semi-déplacement soulève un profond sillage.



L'étrave d'une carène à déplacement ne sort pas de l'eau.

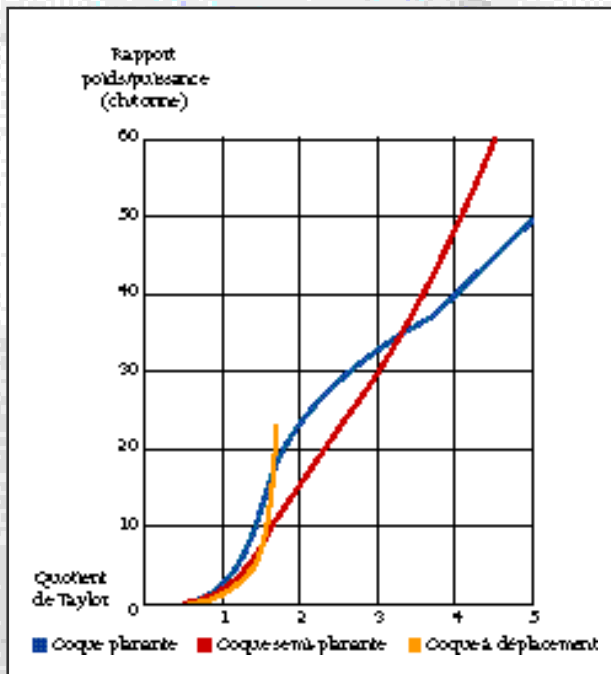


Essais d'une coque planante en bassin de carène.

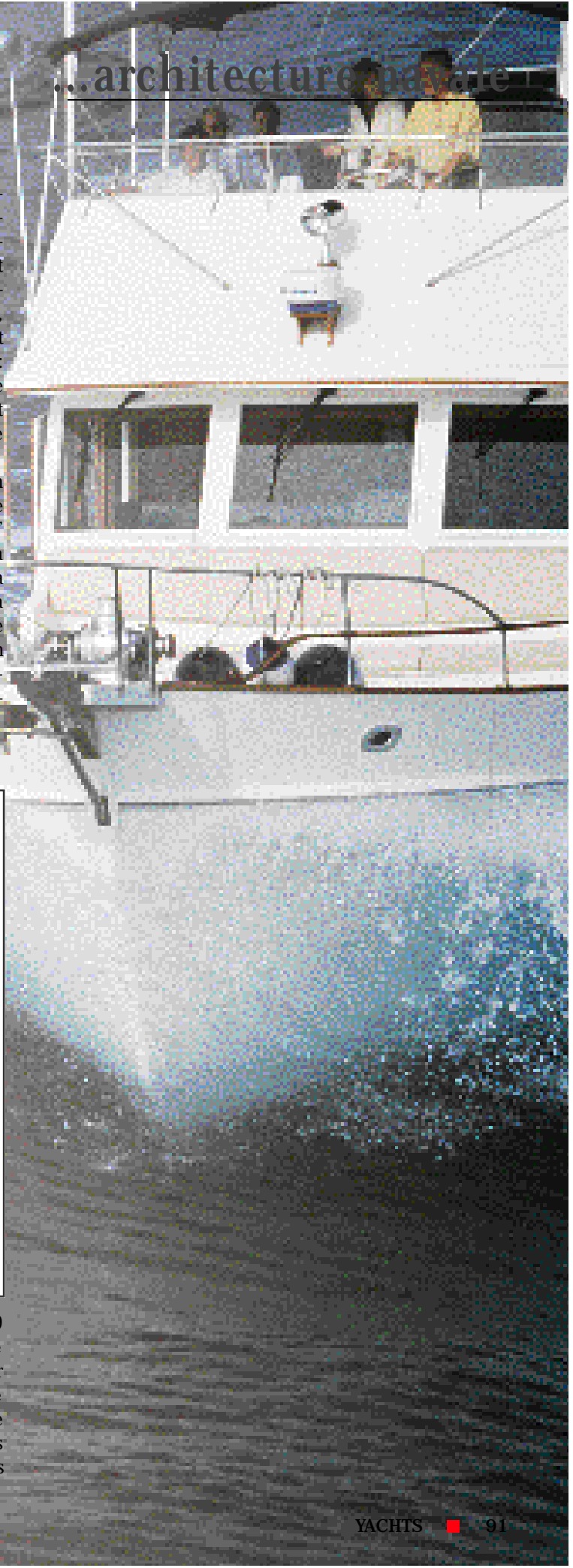
tion du rapport longueur à la flottaison en mètres divisé par la racine cubique du déplacement en m³. Au-dessus de certaines valeurs de ce rapport, il est totalement illusoire de vouloir faire entrer un bateau ayant un coefficient de finesse supérieur à 5 dans la catégorie des coques planantes ou semi-planantes et ce, même en doublant la puissance moteur ! En reprenant l'exemple du Ghibli 21 M, le calcul est le suivant : 17,10 m de long à la flottaison / 3,63 (soit la racine cubique de 47,80 m³). Le coefficient de finesse est donc égal à 4,71 ce qui correspond tout à fait au mode de fonctionnement semi planant de cette carène.

Une autre formule dite de Crouch, du nom de son inventeur, permet d'estimer la vitesse d'une carène planante. Cette formule intègre une constante "C" qui varie de 1,3 à 1,5 en fonction de la forme de la carène et de son mode propulsif. La formule est la suivante : $Vitesse = C \times L^{0.4} \times P/D$. C représente la constante applicable selon la carène et son système propulsif, L la longueur en pieds, P la puissance en chevaux et D le poids en tonnes. Dans le cas du Ghibli, la constante moyenne de 1,4 est retenue arbitrai-

Plus la courbe est verticale, plus la carène se heurte à un véritable mur d'eau.



rement ce qui donne : $1,4 \times 56 \times 2740/49 = 28,69$ nœuds, valeur légèrement supérieure à celle relevée au GPS pendant l'essai. Il est clair qu'à cette valeur théorique il convient d'appliquer un pourcentage de réduction notamment au niveau de la puissance puisque celle exprimée dans les fiches techniques des bateaux ne tient pas compte des différents freins

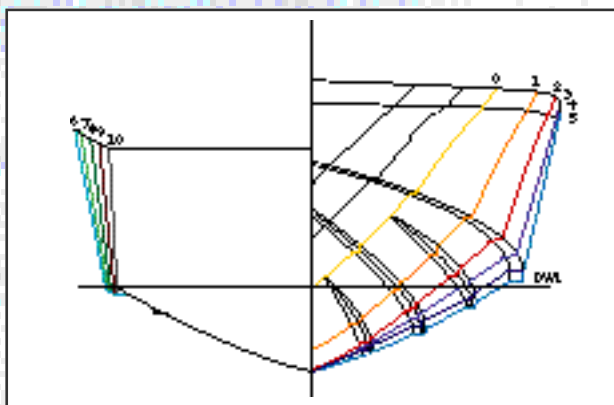


Dossier technique...

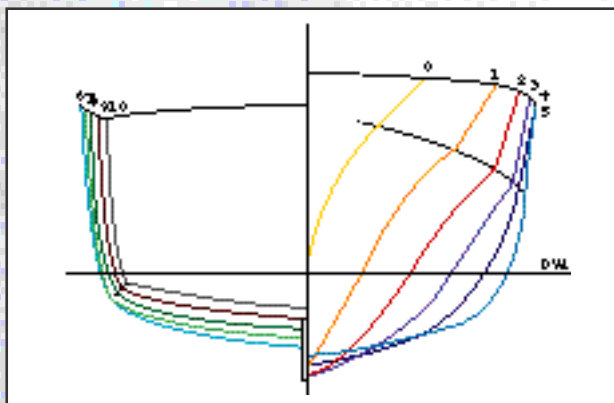
que représentent les paliers d'arbre d'hélice et autres pompes hydrauliques. Une réduction d'environ 10% de la puissance nominale n'est pas superflue. Dans ce cas, on obtient une vitesse théorique de 27 nœuds qui correspond parfaitement.

Un des autres coefficients fondamentaux de l'architecture navale, le coefficient prismatique (C_p), permet de mesurer la répartition longitudinale des volumes d'une carène. Plus ce coefficient est élevé plus les extrémités immergées et les formes arrières

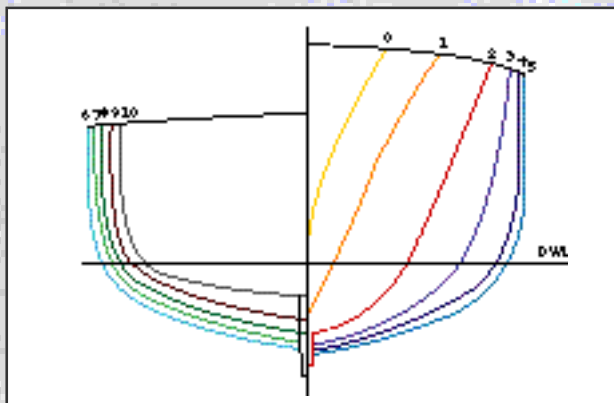
Carène planante.



Carène semi-planante.



Carène à déplacement.



sont volumineuses. Le coefficient prismatique optimum augmente en fonction du quotient de Taylor, sa détermination est donc fonction du type de carène. Pour une coque à déplacement ce coefficient est de l'ordre de 0,55 à 0,57, pour une coque à semi-déplacement il varie de 0,60 à 0,70 et pour les coques planantes il est souvent supérieur à 0,80. La formule est la suivante : le déplacement est divisé par le produit de la longueur à la flottaison en pieds par la surface de la section maîtresse en m^2 . Toujours dans le cas du Ghibli, on obtient un coefficient prismatique de : $47,80 / 17,10 \times 4,60 = 0,60$ tout à fait conforme au type de fonctionnement de cette carène.

Les coques à déplacement ne génèrent pas de portance hydrodynamique du fait de formes arrières généralement assez rondes et d'un tableau arrière non-immersé. Une coque planante possède quant à elle des sections arrières plutôt plates et larges avec un tableau immergé. Ces caractéristiques lui permettent grâce à une importante portance hydrodynamique, de déjauger et de réduire ainsi sa résistance totale à l'avancement pour atteindre des vitesses élevées. A contrario, une coque à déplacement ne déjauge pas et doit donc lutter contre la résistance créée par le milieu dans lequel elle se déplace. Notons que les formes à bouchains ne sont pas efficaces pour un bateau à déplacement, même si certains constructeurs les utilisent souvent pour des raisons de facilité de construction et d'économie. La finesse des formes d'une coque à déplacement a donc une importance fondamentale sur son rendement. Cette finesse est tout simplement mesurée à la flottaison par le rapport de la longueur sur la largeur (L/B). A titre d'exemple, les performances d'une coque à déplacement mesurant 30 m à la flottaison et pesant 150 tonnes augmentent d'environ 12% lorsque le rapport L/B augmente 3,33 à 5. Dans ce cas, la largeur à la flottaison passe de 9 à 6 mètres avec les conséquences que l'on imagine sur l'habitabilité et la stabilité transversale, ce qui montre un fois encore que l'architecture navale est une science et art du compromis.

Les coques à semi-déplacement ont généralement un rapport L/B assez bas et des entrées d'eau fines alliées à des formes arrières plus porteuses qui permettent à ce type de carène de réduire sa résistance totale à l'avancement et donc la puissance installée dans une plage de fonctionnement correspondant à un quotient de Taylor entre 1,4 et 3. L'étude des courbes de résistance totale ou plus simplement des rapports poids/puissance en fonction du quotient de Taylor illustre clairement la différence entre les trois types de carène. Ainsi, une coque à déplacement se heurte à un mur lorsqu'elle atteint sa vitesse critique. En termes simples, les deux autres types de carène se

...architecture navale



Etrave totalement dégagée, spray latéral très en arrière, telles sont les caractéristiques directement visibles d'une carène planante.

libère de la résistance de vague grâce à leur portance hydrodynamique qui leur permet de déjauger plus ou moins partiellement.

Si les formes des coques à déplacement ont évolué lentement au fil des siècles, les coques planantes ont connu des développements importants dans les cinquante dernières années grâce aux diverses applications militaires et aux bateaux de course offshore. En 1960, l'architecte américain Raymond Hunt révolutionna la géométrie avec le premier bateau avec une carène dite en V profond. On savait depuis longtemps que pour être performante une coque planante devait avoir des sections prismatiques, c'est à dire avec un V constant du milieu de la coque au tableau arrière. Ce type de coque utilisé par de nombreux architectes et constructeurs allie des qualités marines remarquables avec d'excellentes performances. De nombreux architectes comme Don Shead, Jim Wynne et Renato Levi ont contribué au perfectionnement de ces carènes et à l'amélioration de leurs performances en concevant des bateaux dont le quotient de Taylor est supérieur à 8, soit une vitesse dépassant 50 nœuds pour une coque de 12 mètres à la flottaison. L'angle optimum du V de la carène augmente avec sa vitesse de fonctionnement. Ainsi Renato Levi recommande-t-il d'utiliser un angle de 18° pour un quotient de Taylor de 3,5 et un angle de 25° pour un quotient de 8.

Les coques à semi-déplacement allient le confort, la tenue à la mer et la stabilité des bateaux à déplacement avec de

Une carène semi-planante dans la tourmente ne doit naviguer ni trop vite, ni trop lentement pour conserver ses caractéristiques.

bonnes performances et une meilleure efficacité au régime intermédiaire que les coques planantes. Les outils de conception modernes comme les essais en bassin et les simulations numériques, permettent aux architectes de concevoir et d'optimiser des carènes à semi-déplacement performantes. Cependant, ces bateaux sont particulièrement sensibles au poids d'où une très grande évolution depuis l'apparition de matériaux et de techniques de construction modernes. Les architectes britanniques et scandinaves ont beaucoup travaillé sur ce type de bateau pour relever le défi de

la vitesse dans des mers agitées et parfois fortes. L'efficacité de ces carènes peut encore être optimisée par l'addition de déflecteurs ou de wedges (coins en anglais) installés sur le fond en avant du tableau pour augmenter la portance.

Les coques à semi-déplacement offrent de nombreux avantages lorsqu'elles sont conçues avec rigueur par des architectes qui ont clairement assimilé les principes et les contraintes imposés par ce type de carène. Aujourd'hui, ce mode de fonctionnement est le plus employé dans les unités à fly de plus de 18 mètres où il permet de concilier les performances avec l'habitabilité. Reste que les carènes à semi-déplacement semblent avoir donné le maximum de leur potentiel et que l'avenir est peut-être vers d'autres solutions apportant encore plus de possibilités en performance comme en habitabilité.

Eric A. Ogden

Photos : Michel Karsenti & Renaud Jourdon

