

GRÉEMENTS

<http://www.voiles-alternatives.com/>

Pirogue double de l'île de tongatapu



Certains plans de formes des premiers gréements Crab Claw ont été appelés voilures proto-latines ou latino-océaniques primitives par d'éminents historiens maritimes. De tels plans de formes étaient caractéristiques de la Polynésie occidentale, quand Tasman et Schouten explorèrent la zone des îles Tonga au XVII^e siècle. En fait, le grément Crab Claw n'est primitif à aucun point de vue quand on l'envisage sous son aspect aérodynamique.

LA RÉVOLUTION DES VOILES D'ANTAN

Un grément polynésien meilleur qu'un plan de voile moderne ?
Allons donc ! C'est pourtant la conclusion ébouriffante d'essais
en soufflerie menés par le très sérieux professeur Marchaj.

A lors que l'on connaît bien les gréements de haute performance conçus pour la course – essentiellement le grément Marconi –, pratiquement aucune recherche systématique n'a été faite sur les autres configurations de voile traditionnelles. Quand on choisit un plan de voile, il est donc difficile, voire impossible, d'affirmer avec certitude quel grément est le plus efficace (pour une surface de voile donnée), qu'il soit futuriste ou qu'il existe déjà. Et il y a un énorme parti pris sur les qualités du grément Marconi.

Tout le monde – ou presque – croit que ce grément, qui domine

actuellement la course et la croisière, est vraiment le meilleur. Le magazine américain *Wooden Boats* écrit ainsi : « Tout le monde sait que le grément Marconi est plus efficace que le grément à corne ou à livarde, ou n'importe quel autre. Cela peut être prouvé scientifiquement par des courbes comparatives de la portance par rapport à la trainée, etc., qui donneraient à la voile triangulaire, avec son bord d'attaque plus long, un net avantage. » Après tout, les 12 mètres J1 courant l'America's Cup, qui sont la quintessence de tous les résultats atteints dans le domaine des yachts de haute per-

formance, sont propulsés par ce type de grément.

La jauge a bloqué l'évolution des gréements

Pour être reconnue, toute configuration de voile compétitive devra avoir au moins la même puissance qu'une voile Marconi et, de préférence, la surpasser sur certains points de la navigation. Les règles actuelles de jauge et de course ont de toute manière pratiquement empêché le développement de tout autre configuration de voile. Même si des voiles non

orthodoxes n'ont pas été explicitement rejetées, la formulation du système de mesure est telle que les expériences sur des gréements inhabituels sont découragées, voire complètement proscrites. C'est ainsi que les gens abandonnent avec regret tout espoir de voir se développer d'autres types de gréement, sous l'empire des règles de course au large actuelles.

Quelle est en fait la base de cette supériorité supposée du gréement Marconi? J'ai récemment effectué des essais en soufflerie sur différents gréements

— Marconi, latin, aurique, Houari, à gréement au tiers et « Crab Claw » — certains étant modifiés, comme on peut le voir sur le *dessin 1*. Les résultats de cette recherche sont particulièrement instructifs.

Résultats des tests en soufflerie

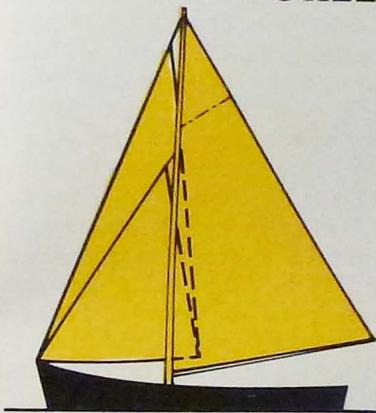
Tout le problème des essais en soufflerie, et la façon dont ils sont menés, est lié à ce que l'on espère en tirer. Si l'on désire déterminer les forces sur une voile existante, dans des conditions normales de

Par habitude, nous ne jurons plus que par le gréement Marconi, alors que d'autres configurations sont possibles

navigation, la démarche logique sera de naviguer sur le bateau et de mesurer ces forces : une procédure longue et difficile, mais pas insurmontable. Toutefois, tester des modèles en soufflerie permet de faire systématiquement varier d'importants facteurs géométriques et physiques, et d'en garder le contrôle au fur et à mesure. On peut ainsi attendre très justement des résultats dissemblables si la surface de voilure est gardée constante, mais modifiée dans sa disposition : répartition des voiles, allongement, etc.

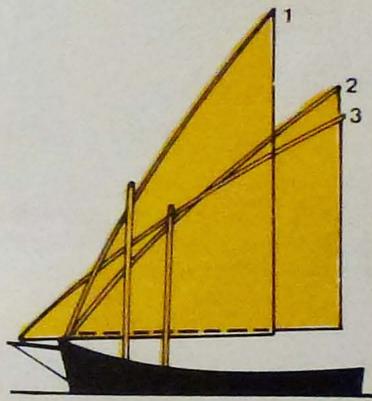
Le schéma 2 montre la nécessité d'un contrôle strict sur toutes les expériences, qu'elles aient lieu en grandeur réelle ou sur des modèles. Il est difficile, voire impossible, de déterminer quel effet produit la modification d'un facteur particulier, si un ou plusieurs autres changent au même moment. L'utilisation d'un modèle qui n'a pas la même taille que l'original limite inévitablement les résultats. Et l'art des essais en soufflerie est surtout d'obtenir des résultats types conformes au comportement en dimension réelle que nous voulons comprendre ou pré-évaluer.

1 - GRÉEMENTS TESTÉS



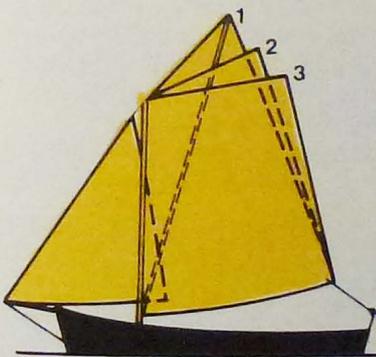
1. Gréement Marconi

Avec ou sans foc grand ou petit ; il est aussi indiqué quelle surface de la tête de la grand-voile peut être supprimée.



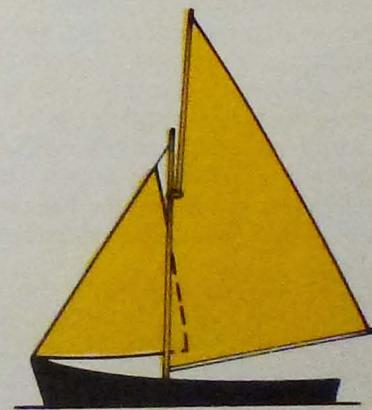
2. Gréement latin

Trois formes de voile différentes.



3. Gréement aurique

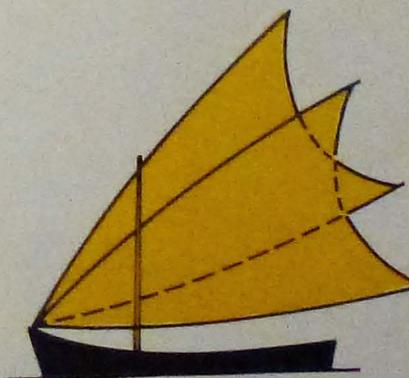
Trois allongements différents.



4. Gréement Houari



5. Gréement au tiers



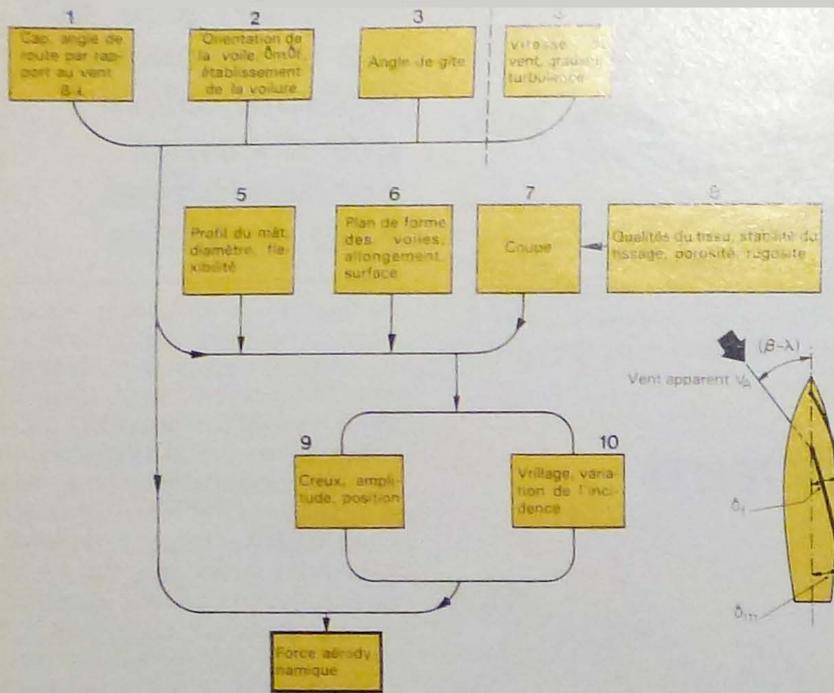
6. Gréement Crab Claw

En forme de pince de crabe ; voile établie à différents angles.

DU BERMUDIEN AU MARCONI

La voile qui a donné son nom au gréement bermudien était portée par les bateaux des Bermudes. Elle était presque triangulaire : la tête de nos voiles actuelles était remplacée par un espar très court (une sorte de corne). La voile actuelle qui lui ressemble le plus est celle des bateaux à dérives hollandais. Cette voile fut ensuite appelée Marconi, car le mât qui la portait, très haut pour l'époque, était soutenu par un haubannage compliqué qui ressemblait à celui des antennes des émetteurs radio (au temps de la TSF).

2 Facteurs influençant les forces aérodynamiques sur la voile



Certains de ces facteurs sont déterminés à la conception (plan de formes, allongement, coupe, qualités du tissu), certains dépendent du savoir-faire de l'équipage et d'autres du vent (gradient, vitesse, turbulence).

Même si on ne peut pas toujours atteindre des données quantitatives exactes, du fait, par exemple, de l'effet d'échelle, de l'absence de gradient de vent, de l'instabilité du vent réel, etc., toutes les tendances importantes peuvent être obtenues assez facilement. Sinon, le concepteur doit compter sur son imagination, ou sur des observations à long terme du comportement du bateau en grandeur réelle, dans des conditions où tout est réel et naturel, mais où rien ne peut être contrôlé et mesuré avec précision. C'est la raison pour laquelle certains facteurs, qui contribuent à la réussite d'un projet, restent parfois peu clairs, hors de propos ou sujets à controverse.

Notre propos n'est pas d'entrer dans un exposé méthodique de tous les facteurs pouvant avoir une influence sur les forces développées par une voile, mais le schéma 2 donnera une idée de leur complexité. Il ne montre que les principales relations entre les facteurs, beaucoup d'entre elles ayant été passées sous silence pour plus de simplicité. L'une de ces omissions est celle du « feedback » : la façon dont un facteur qui a un effet sur un autre est à son tour affecté par lui.

Les dessins 3 et 5 et les photos 4 montrent comment on peut mesurer et comparer la force pro-

pulsive de gréements différents en termes plus précis que les spéculations ésotériques faites au coin du feu. Une méthode pratique : celle du diagramme, qui met en évidence les modifications de puissance d'un gréement donné, selon les angles d'attaque relatifs du vent apparent – du plus près au vent arrière. Les dessins 3A et B illustrent la méthode permettant d'obtenir un tel diagramme à partir d'essais en soufflerie sur une voile unique. Nous devons connaî-

tre en premier lieu l'importance de la force totale aérodynamique FT. Celle-ci est produite par le gréement à une vitesse de vent donnée pour un angle d'incidence α (ou angle d'attaque $\beta - \lambda$). La valeur de α et sa direction d'action peuvent être déterminées en mesurant les deux composantes de FT, c'est-à-dire la portance L (lift) et la traînée D (drag).

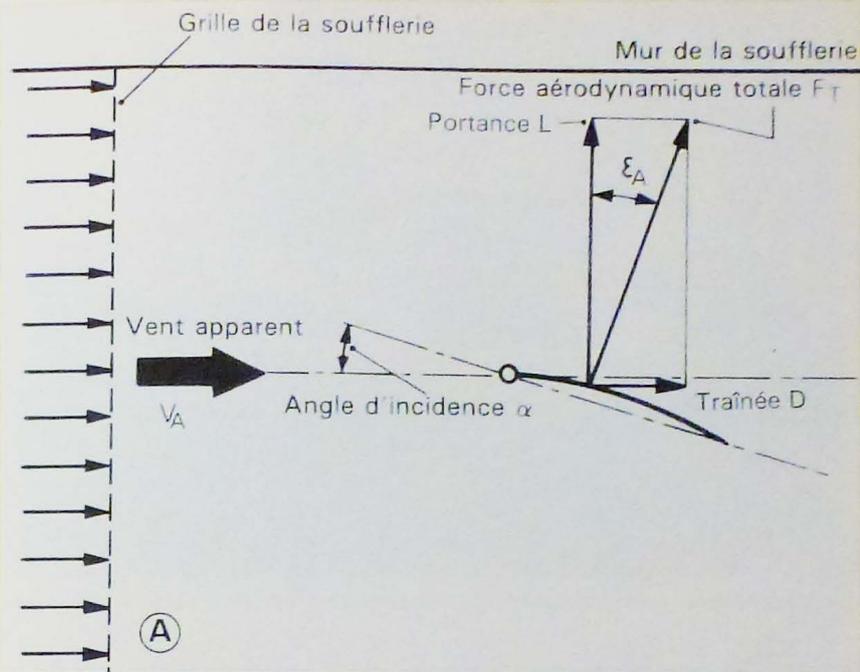
Un subtil équilibre de forces

La portance est mesurée à angle droit par rapport au vent apparent VA, et la traînée suivant la direction du vent apparent. La première composante L est appelée portance par tradition ; parce que l'exemple le plus familier d'une force de cette espèce est la force ascendante qui agit sur les ailes d'un avion et lui permet de rester en l'air. Malgré son nom, la portance n'agit pas toujours vers le haut – prenons l'exemple d'une voile ou d'un gouvernail (ou un avion faisant des vrilles ou des loopings). En répétant les mesures de L et D pour différents angles α ou $\beta - \lambda$, on peut voir comment varie la force totale aérodynamique FT (photos 4). Une fois que l'on connaît la force totale FT, on peut la diviser en deux composantes : la force de propulsion FR et la force de gîte FH (voir dessin 3B). La force propulsive FR fait avancer le bateau ; elle agit dans la direction de la route suivie. La force de gîte ou de chavirement FH, orientée perpendiculairement à la précédente, provoque la dérive de la coque ainsi que la gîte.

La qualité essentielle d'une voile est de créer une grande compo-

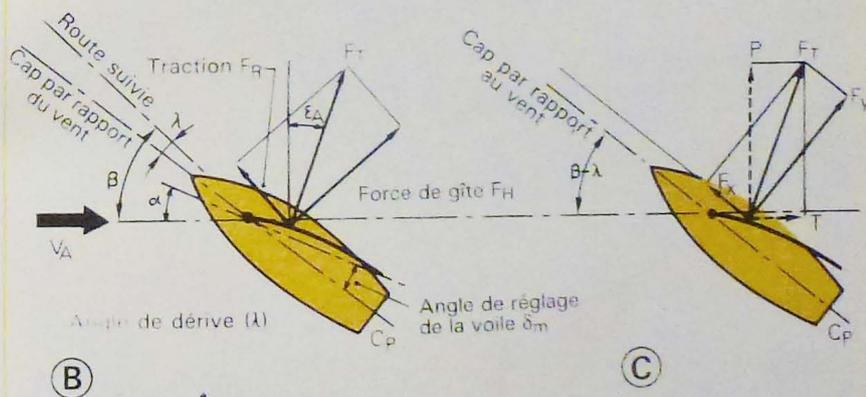


Aussi pointus que soient nos voiliers IOR, peut-être n'exploitent-ils pas au mieux les lois de l'aérodynamique...



3 - LE RÔLE DE LA PORTANCE

Elle doit aider un lecteur qui n'est pas familier des termes aérodynamiques à comprendre ce que signifie portance (L) et traînée (D), et comment ils sont convertis en composantes de propulsion et de gîte, directement responsables des mouvements du voilier. Puisque l'angle de dérive (λ) n'est pas le même pour tous les bateaux, et que sa valeur ne dépend pas seulement de la forme de la coque, mais aussi de la route suivie (β) et de la vitesse du bateau (V_s), il est courant de présenter les résultats d'essais en soufflerie d'une façon légèrement différente de celle du schéma B. On le voit sur le schéma C, où les deux composantes (F_x et F_y) de la force totale F_T sont parallèles et perpendiculaires à l'axe longitudinal de la coque, c'est-à-dire au cap par rapport au vent ($\beta - \lambda$), au lieu de les lier à la route suivie β .

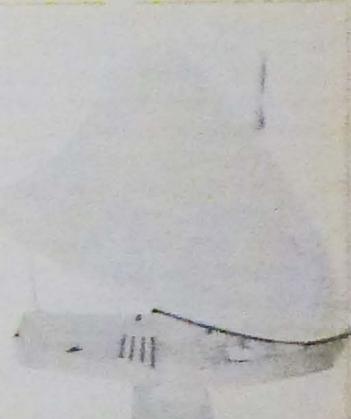


sante de force propulsive F_R , mais on ne peut le faire, sauf plein vent arrière, sans produire en même temps une force de gîte F_H . Comme le montre le dessin 3B, la force propulsive obtenue est proportionnelle à la force de gîte ; au près ($\beta = 30^\circ$ environ), F_R approche du quart ou du tiers de la valeur de F_H . En d'autres termes, chaque kilo de force propulsive appliquée sur la voile est accompagné de trois à quatre kilos de force de gîte, auxquels le bateau doit résister grâce à sa stabilité.

La difficulté de l'extrapolation

Pour rendre les résultats des essais sur des voiles-modèles applicables d'une manière générale à des voiles similaires, mais de taille différente, on a coutume d'exprimer les forces mesurées sous forme de coefficient de voilure. Le dessin 5 montre, par exemple, ce qu'on appelle un « diagramme polaire » des coefficients de voilure des deux gréements latins 1 et 3 (voir dessin 1). →

Dégager une grande force propulsive n'est pas la seule chose que l'on demande à une voile



4 - MODÈLES DE GRÉEMENTS

Une coque de bateau de pêche type a été construite pour les essais. Elle se compose de la partie normalement émergée, disposée suivant un angle de gîte nominal de 10 degrés. Ici, les modèles d'un gréement au tiers (A) et d'un Crab Claw (B) ont été testés dans la soufflerie de l'université de Southampton. Les voiles ont été préalablement ajustées selon un angle de cap déterminé par rapport au vent, d'une manière satisfaisante pour l'œil d'un marin expérimenté. Les mesures de portance et de traînée sont prises pour toute une série de caps. Les essais ont été faits avec un vent de vitesse constante $V_A = 15,2$ nœuds (29,3 pieds/seconde).



La signification du coefficient de voilure est assez simple. Elle représente la valeur de la force qui serait créée sur une voile de surface unitaire SA (1 pied carré), sous l'effet d'un vent apparent VA de 1 pied par seconde. En d'autres termes, le coefficient de voilure peut être considéré comme l'indicateur d'efficacité de la voile.

Une fois les coefficients de voilure établis, les forces réelles créées sur une voile en grandeur nature pour une vitesse de vent apparent donnée peuvent être estimées en multipliant le coefficient de voilure par la surface de voilure SA, et par la pression dynamique du vent apparent VA (voir encadré). Grâce au dessin 5, on peut trouver que, pour un même angle d'attaque $\beta-\lambda = 33^\circ$, le coefficient de force propulsive C_{x1} de la voile latine n° 1 approche de 0,47, alors que la voile n° 3 atteint 0,31.

A surface égale, les résultats changent

A titre d'exemple, calculons quelle force est produite par ces deux voiles latines, de plans différents, mais d'une même surface de 100 pieds carrés (9,29 m²), et pour une même vitesse de vent VA = 20 nœuds (33,8 pieds/seconde ou 10,29 m/sec). La force propulsive créée par la voile n° 1 sera :

$$C_x \times SA \times 0,00119 \times VA^2 =$$

$$0,47 \times 100 \times 0,00119 \times 33,8^2 =$$

$$63,8 \text{ livres}$$

$$(C_x \times SA \times 1/16 \times VA^2 =$$

$$0,47 \times 9,29 \times 1/16 \times 10,29^2 =$$

$$28,9 \text{ kg})$$

Alors que la force développée par

LA CLEF DES CHIFFRES

Correspondance des unités anglaises et françaises :

1 pied = 0,3048 mètre

1 livre = 0,453 kilo

1 mètre = 3,2808 pieds

1 kilo = 2,2075 livres

Force de propulsion = F

En livres :

$F = \text{coeff} \times SA \times 0,00119 VA^2$

SA en pieds carrés, VA en

pied/sec.

En kilogrammes :

$F = \text{coeff} \times SA \times 3,2808^2 \times$

$0,00119 \times VA \times 3,2808^2 \times$

$1/2,2075$

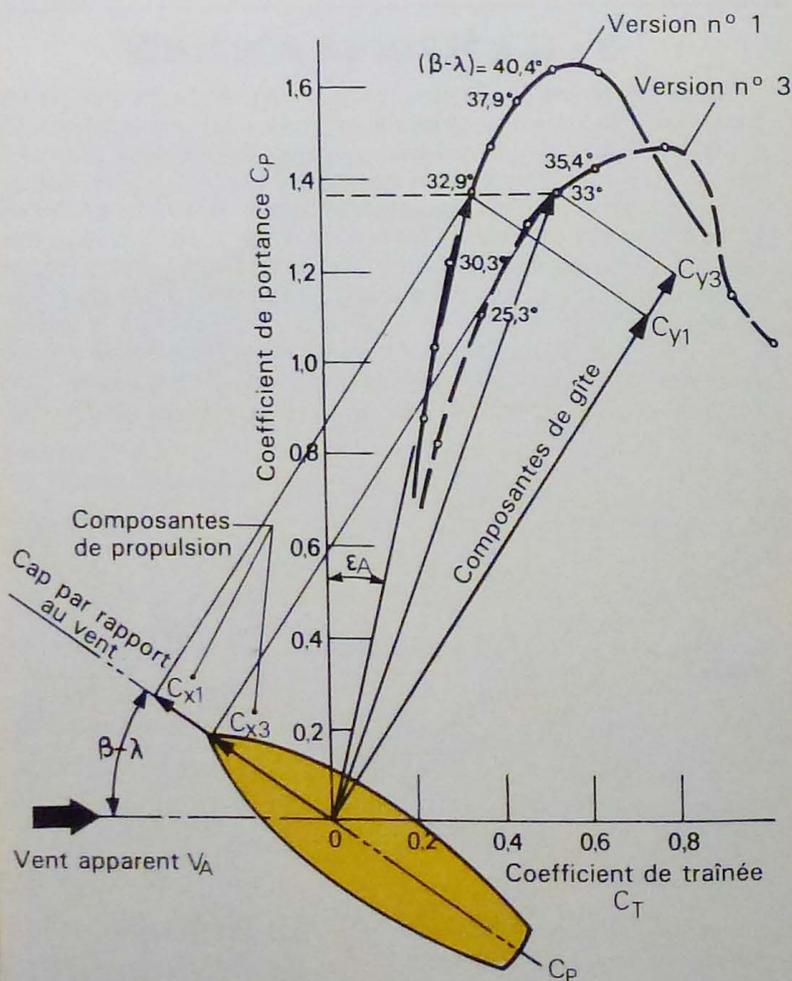
$= \text{coeff} \times 0,0625 SA \cdot VA^2$

$= \text{coeff} \times SA \cdot VA^2 / 16$

SA en mètre², VA en m/sec.

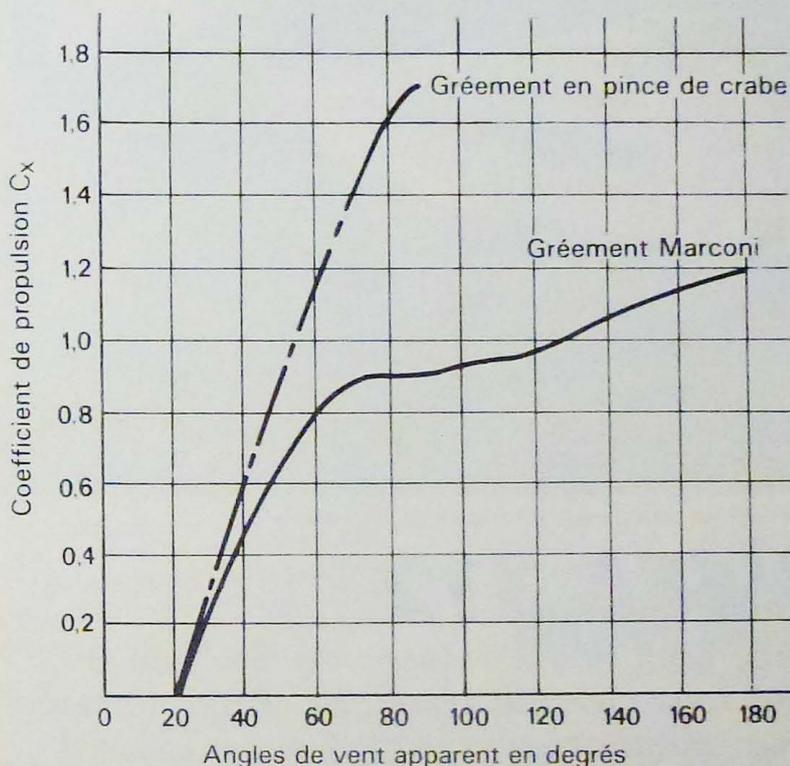
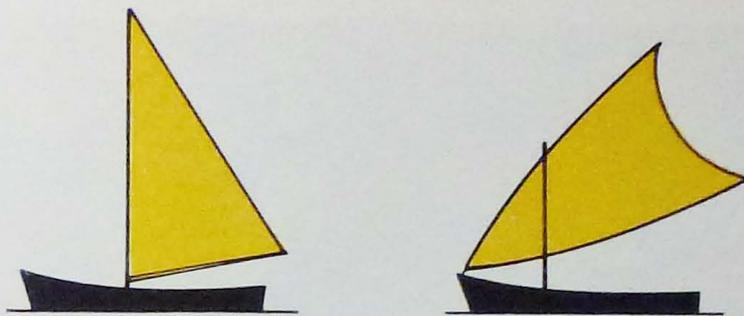


Verra-t-on nos croiseurs modernes abandonner bôme et gréement de sloop ?



5 - LES POLAIRES EN FONCTION DES GRÉEMENTS

Les diagrammes polaires des versions 1 et 3 du gréement latin (voir dessin 1) montrent le principe de l'interprétation des performances au près. Les deux flèches partant du point origine des portances et des traînées (point O), aboutissant aux angles 32,9° et 33° (pour les versions 1 et 3), indiquent la direction de l'action, ainsi que des valeurs proportionnelles à celles produites par l'ensemble des forces aérodynamiques. Elles peuvent ensuite être décomposées de la manière indiquée sur le dessin 3C.



6 - PUISSANCE ET CAP

Diagrammes des coefficients de propulsion C_x pour les gréements Crab Claw et Marconi à voile unique ; ils sont tracés à partir de l'angle de vent apparent (cap par rapport au vent, voir dessin 3C), et donnent une base de comparaison commune entre les différentes formes de voile.

la voile n° 3 sera :

$$0,31 \times 100 \times 0,00119 \times 33,8^2 =$$

$$42,1 \text{ livres}$$

$$(0,31 \times 9,29 \times 1/16 \times 10,29^2 =$$

$$19,06 = 19,1 \text{ kg})...$$

C'est-à-dire 21,7 livres (9,8 kg) de moins que ce qui est produit par la voile n° 1. En d'autres termes, à surface égale, la voile n° 1 a un potentiel d'environ 50 % supérieur à celui de la voile n° 3 - résultat assez surprenant !

Encore plus saisissant : la performance extraordinaire du gréement Crab Claw montré par le dessin 6. Le tracé de la courbe des coefficients de force de propulsion en fonction de l'angle du vent apparent (cap, voir dessin 3C) montre

clairement que le Crab Claw est supérieur à une unique voile Marconi, dès les allures près du vent. Sa supériorité s'accroît quand le bateau laisse porter. Quand l'angle de vent apparent (cap) avoisine les 90°, le coefficient de traction du gréement Crab Claw est d'environ 1,7, alors que celui du gréement Marconi est à peu près de 0,9. Ceci veut dire que le Crab Claw développe une puissance propulsive d'environ 90 % supérieure à celle du gréement Marconi.

À la lumière de ces résultats, le mythe de la voile bermudienne en prend un coup... Le gréement Crab Claw, qui a pratiquement disparu (il était utilisé par les marins poly-

Etonnant : le bon vieux « crab claw » se révèle supérieur à l'ultramoderne Marconi !

La recherche à laquelle se réfère cet article est le résultat d'un programme dont l'initiative revient au Département des ressources naturelles et de l'environnement pour le développement outre-mer du gouvernement britannique. Ce programme était dirigé par Mac Alister Elliott and Partners, des architectes navals et des conseillers en halieutique. Les résultats furent présentés dans le rapport du huitième « Chesapeake Sailing Yacht Symposium », à l'Académie navale US d'Annapolis en 1987 : « The Comparison of Potential Driving Force of Various Rig Types Used for Fishing Vessels » de C.A. Marchaj.

nésiens), est bien supérieur au produit né des règles de course et de jauge que nous préservons jalousement. Celui-ci est si protégé que les architectes des 12 mètres JI sont libres d'expérimenter n'importe quelle forme de quille mais n'ont pas le droit de faire de même avec le gréement. Pour certaines raisons étranges et incompréhensibles, la forme de la voile semble considérée comme un tabou, le monde de la plaisance se trouvant contraint à adorer une sorte de vache sacrée.

L'origine du gréement Crab Claw se perd dans la nuit des temps. Certains historiens ont classé cette voilure des bateaux d'Océanie dans le type proto-latin. Une similarité du plan de formes (voir dessin 1, les gréements 2 et 6) peut justifier une telle hypothèse. Ces deux gréements ont cependant de grandes différences de performance, le gréement latin (type 2) étant particulièrement médiocre. Voilà pour l'aspect rendement, qui n'est évidemment pas le seul critère pour juger d'un gréement. La facilité de manœuvre a aussi son mot à dire ; mais c'est une autre histoire...

C.A. MARCHAJ ■

Traduit de l'anglais par
Véronique DUVERGIE