

Le look inimitable du carbone. Les performances ne sont pas en reste.

Ils vous parlent du carbone

Pour ou contre le carbone ? Est-ce efficace sur une arbalète ? Est-ce utile pour les voilures ? Le débat n'est pas nouveau (lire Apnée N°102) mais la technologie ayant fait des progrès, un point s'imposait. Nous avons interrogé deux fabricants qui connaissent vraiment le carbone (et le manipulent quotidiennement) et des anonymes... du peloton.

Une enquête de Éric de Keyser

Dans son atelier, Éric Breier fabrique des palmes et mono-palmes en fibre de verre depuis plus de 10 ans et des palmes en fibre de carbone depuis six.

Comment ont été développés vos produits ?

Pour concevoir et fabriquer des palmes performantes et fiables, nous avons mis en place un programme de recherche et développement faisant intervenir différents chercheurs, designers et compétiteurs de haut niveau. Étalonner une dureté de voilure, répartir une zone de flexion, quantifier un rendement nécessitent des calculs très complexes. Trois chercheurs du CNRS et des élèves ingénieurs de l'École des Mines de Paris travaillent sur la modélisation des voilures composites. Nous exploitons depuis 6 mois les premiers calculs.

Le Laboratoire de biomécanique de l'Université de Rennes, en collaboration avec les chercheurs du CNRS et des nageurs de haut niveau, mesure les améliorations en termes d'ergonomie, d'hydrodynamisme et de performance motrice de nos dernières innovations. L'institut Universitaire de Lorient nous aide à mettre en place les procédés les plus récents et les plus adaptés de mise en œuvre des composites.

Quelles sont les différentes techniques de fabrication des voilures ? Comment reconnaître une voilure de qualité ?

Nos premières palmes en fibre de carbone ont été réalisées par moulage manuel sous vide : la mise en place des tissus et de la résine est manuelle ; un film plastique permet la mise sous vide du stratifié. Actuellement, nous

PH. J. OUBO



Tout est dans le GAP 2004

La plupart des produits en carbone du marché sont présentés dans le Guide d'Achat de la Plongée 2004 (actuellement en kiosque) ou en vente par téléphone (05.82.47.41.00.)

utilisons des préimprégnés qui polymérisent sous vide dans une étuve chauffée à 130°C. Nous avons fait l'acquisition d'une presse de 450 tonnes qui va nous permettre de fabriquer nos voilures par compression à chaud de préimprégnés.

Ce que l'on demande à des palmes en carbone, ce sont avant tout d'excellentes performances mécaniques pour que la restitution d'énergie au palmeur soit maximum. Elles doivent paraître légères et pour une même performance, demander beaucoup moins d'effort que des palmes traditionnelles en plastique et caoutchouc. Il faut également que ces palmes soient fiables et ne cassent pas en utilisation normale.

Rien ne ressemble plus à un stratifié carbone qu'un autre stratifié carbone et repérer visuellement une voilure de fabrication médiocre est quasi impossible pour un non spécialiste. On peut néanmoins apercevoir des "petits trous" à la surface du stratifié, signe d'une mauvaise imprégnation ou entendre de légers craquements lors de la flexion manuelle de la voilure, signe également d'une mauvaise fabrication. La meilleure manière de reconnaître des voilures en carbone de qualité, c'est de les essayer !

Quelle est la technique employée pour limiter la fragilité de la voilure ?

Dans sa formulation même, la question sous-entend que les palmes en carbone sont fragiles. Autre idée reçue : on dit que des voilures en carbone sont dures. Je soutiens le contraire. Il est tout à fait

possible de faire des palmes solides et souples qui, bien utilisées, auront une durée de vie aussi longue que des palmes en plastique. Ce n'est pas tant le choix d'une technique de fabrication que la maîtrise de cette technique qui permet de sortir des palmes de qualité.



Dans l'intimité d'un fût en carbone.

DANS L'ATELIER D'ERIC BREIER

- 1 - Compression de préimprégnés pour fabrication des voilures composites pression réglées à 15 kg/cm². Température de chauffe : entre 100 et 150 °c suivant le cycle de polymérisation.
- 2 - Table de sous vide pour la fabrication de voilures composites à partir de préimprégnés. Pression : 1 bar. Température de chauffe : entre 80 et 120 °C.
- 3 - Cabine de peinture-décoration et vernis anti-UV.
- 4 - Banc d'essai pour les stratifiés composites dans bac d'eau salée. Test de fatigue en flexion : mesure des caractéristiques mécaniques.

possède d'excellentes propriétés mécaniques : haut module en flexion et résistance à la rupture élevée. Un taux de résine (matrice époxy) trop important rend les voilures cassantes. Un taux de renfort en fibre trop important (manque de résine) provoque un délaminage du stratifié et également une rupture du composite.

Quelle est la forme ou le dessin de voilure qui procure le meilleur rendement ?

Nous équipons des apnéistes de niveau mondial et des chasseurs de l'équipe de France. Grâce aux informations que nous échangeons et aux tests pratiques en surface et en profondeur, nous sommes arrivés empiriquement à des voilures qui font pour la chasse 760 x 210 mm.

Le programme de modélisation que nous développons n'est pas encore suffisamment avancé pour répondre scientifiquement à cette question. Nous espérons une intégration 3D du modèle de calcul pour début 2005.

Quelle est l'importance du chausson dans le rendement d'une palme ?

Le chausson a une importance primordiale. C'est l'élément de liaison qui permet la transmission de l'énergie développée par le palmeur à la voilure.

Rien ne sert donc d'avoir une voilure carbone à haut rendement si le chausson ne peut pas transmettre la puissance. C'est pourquoi nos chaussons sont fabriqués sur mesure pour assurer un transfert de puissance optimum et aussi un confort d'utilisation.





Les palmes en carbone exigent un peu plus de soin.

PH. C. DEBON

A longueur de voileure et force musculaire égales par rapport aux palmes en plastique traditionnelles, peut-on mesurer le gain de rendement ?

Il y a plusieurs qualités de palmes plastiques comme il y a plusieurs types de palmes en carbone. Néanmoins, d'après nos tests, nous pouvons dire qu'en moyenne, nos voileures en fibre de verre ont des rendements 20 à 30 % supérieurs aux voileures en plastique et nos voileures en carbone 30 à 40 % supérieurs, voire 50 % pour nos modèles très haut de gamme.

Est-ce que la palme en carbone impose un palmage différent ?

Alors qu'une voileure plastique a besoin d'être constamment actionnée, une voileure en composites réagit comme un ressort, après l'action de flexion, il y a réaction et retour qui seront d'autant plus vifs que le composite carbone est de qualité. Le palmier doit donc laisser réagir ses palmes après flexion et ne pas les contraindre pour en tirer le meilleur rendement.

Un chasseur qui possède une bonne technique (un mouvement de palmage qui démarre des hanches et non pas des genoux) n'aura aucun problème d'adaptation et pourra très vite tirer profit des qualités mécaniques du carbone. Ses efforts musculaires seront moindres, ses articulations moins sollicitées et ses temps d'apnée prolongés.



Micro trottoir...

Les anonymes donnent leur avis

Ils sont chasseurs et ont essayé, parfois adopté, le carbone pour leurs palmes ou leur arbalète. Qu'en pensent-ils ?

■ Du ressort et de la rigidité

"J'ai commencé à faire de l'apnée profonde avec des palmes en carbone. Au fond c'est fabuleux, on ressent un effet ressort incomparable et donc un gain en réaction deux fois plus important.

Pour les arbalètes, la rigidité du tube carbone sur de grandes longueurs et la solidité de celui-ci avec des sandows puissants ou des doubles sandows a démontré sa valeur. Le prix souvent exorbitant des palmes et certains modèles vraiment mal finis sont un frein à l'achat."

■ Convaincu

"Je suis passé au carbone sur mon Viper 100 il y a déjà 3-4 ans et je ne regrette pas les 100 euros. C'est un tube H. Dessault avec guide-fleche intégral même avec des doubles sandows. Ça ne cintre pas, je suis vraiment très content du changement, d'ailleurs je me suis acheté un deuxième 100 cm carbone pour mes sorties en France."

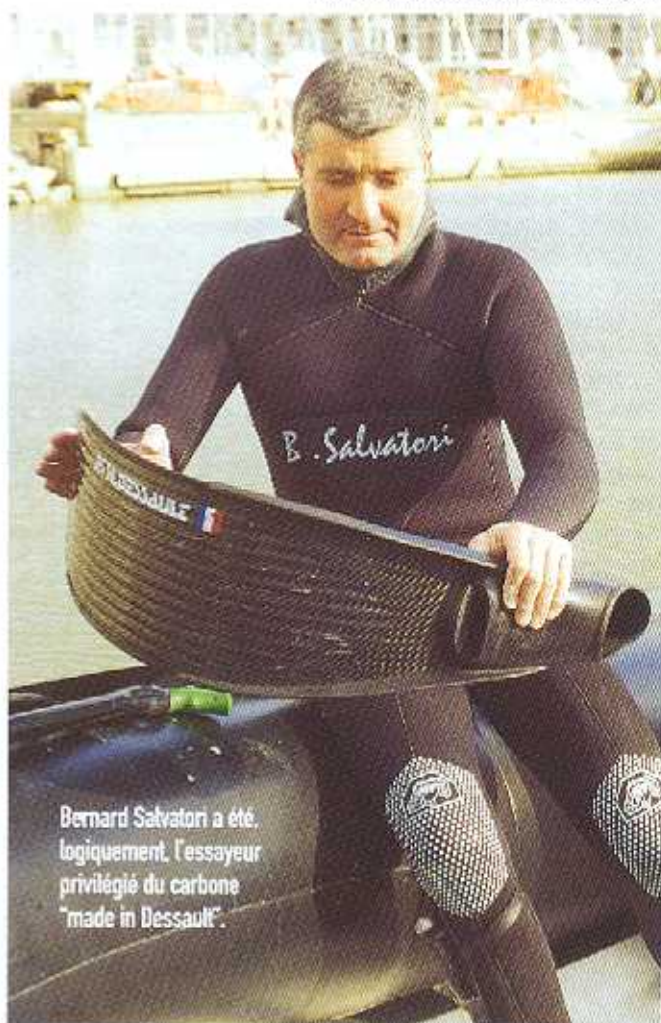
■ Un effet de mode

"Pour le fusil, le carbone n'a aucun intérêt, c'est cher, fragile et absolument pas justifié. Cette histoire de

tube qui cintre c'est bon pour les fusils de bas de gamme, mais un tube alu de bonne qualité, même avec deux sandows, ne bouge pas. En fait, c'est le mécanisme qui supporte mal les charges élevées et qui risque de casser. Le carbone, c'est plutôt un effet de mode, et si vraiment on craint qu'un tube de grande longueur se cintre avec deux sandows alors y'a pas mieux que le bois car c'est pas cher, ça se travaille avec des outils courants, ça se colle avec de l'araldite et c'est absolument pas fragile, vous pouvez sauter à pieds joints dessus, il ne se passera rien à part quelques écailles de vernis. Faites la même chose avec un fût carbone..."

■ Attention au recul

"Le problème du carbone dans les grandes longueurs (130 à 140 cm), c'est la légèreté. Quand vous installez une flèche de 1,80 m en 7 mm montée sur deux sandows, croyez-moi il y a un sacré recul. L'avantage du bois, de par sa densité, est qu'il



PH. J. LUTHER

Bernard Salvatori a été, logiquement, l'essayeur privilégié du carbone "made in Dessault".

absorbe l'énergie, d'où une plus grande précision."

■ Beau et léger

"Personnellement, j'ai choisi le carbone concernant les palmes et l'arbalète, pour des raisons d'esthétique au premier plan et de légèreté ensuite."

■ Pas justifié pour moi

"Compte tenu du prix en général, surtout celui des palmes, ça reste un investissement important et le rapport prix/nombre de sorties par an ne me paraît pas justifié pour l'instant, surtout pour les palmes, qui, d'après ce que j'ai pu lire, souffrent pour certaines d'une apparente fragilité."

■ On voit vite la différence

"Faut pas se voiler la face, le carbone c'est beau, c'est léger, solide mais ça coûte cher ! Alors c'est vrai on y regarde à plusieurs fois avant de faire le pas. Pour ceux qui hésitent, n'essayez jamais ! Essayer c'est l'adopter, c'est de la haute technologie, mais on voit vite la différence, l'aisance que ce type de matériel peut proposer."

■ Super... jusqu'à la rupture

"Je ne suis pas un athlète et ces palmes m'ont permis de gagner 30 % en profondeur. J'ai fait trois saisons avec sans problème puis l'année dernière (en fin de saison), en me mettant à l'eau, rupture d'une voile ! Je ne sais pas si c'est dans le bateau ou dans l'eau qu'a eu lieu l'incident."

■ Plutôt pour la profondeur

"J'ai essayé les palmes carbone Omer. Ça "pulse" mais on est vite "mort" et je ne me vois pas faire une partie de 6 à 8 heures avec ce genre de palmes chez nous au cap Gris Nez car avec le jus que l'on a, on serait vite épuisé. A mon avis, la palme carbone, c'est bien pour les pêches profondes."

■ Rendement et légèreté

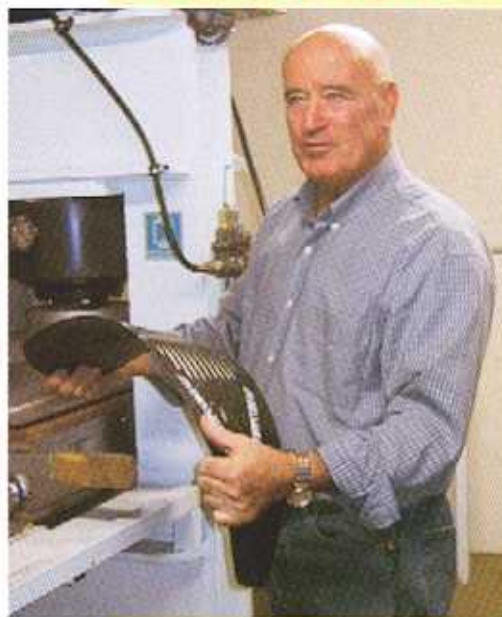
"L'avantage des palmes a été un bien meilleur rendement me permettant des incursions plus profondes et plus faciles ! Pour l'arbalète, je dirais plutôt la légèreté que le cintrage, car je préfère un 100 à un 115 cm, et sur mes tubes ahu, je ne ressens pas trop le cintrage. Les deux inconvénients majeurs du carbone pour les palmes sont le prix et la solidité."

Carbone, la passion selon

Hugues Dessault

Hugues Dessault a mis autant d'énergie et de passion à ses recherches sur le carbone qu'il en avait consacré à ses travaux sur la gomme de ses sandows. C'est dire si le sujet intéresse le fabricant...

Voici son avis sur la question.



Hugues Dessault.

techniques employées. Ces recherches pour les tubes m'ont permis d'accéder à de nouvelles techniques de transformation du carbone, utilisées dans la haute technologie de l'aviation.

C'est donc après les tubes que je suis revenu aux voilures avec pour objectif de lancer une nouvelle fabrication, industrielle cette fois. Dans ces nouvelles technologies, les secrets sont bien gardés et j'ai tâtonné pendant 18 mois sur tous les paramètres : matériaux, mélanges des matériaux, formes, dimensions, épaisseurs, trames, températures, pressions, etc.

De plus, chacun a ses convictions sur le rendement d'une palme ; mon opinion est qu'on parle beaucoup de formes et d'appuis et très peu de glisse et de poids. Mes recherches se sont donc bien évidemment dirigées dans ce sens, en privilégiant l'aspect brillant et lisse (qui n'est pas qu'un souci esthétique), la finesse et la légèreté.

La solidité est un paramètre à ne pas négliger et devient un vrai casse-tête quand on ne veut rien lâcher au niveau de la nervosité. Un carbone mou est plus solide qu'un carbone nerveux, mais parfois moins efficace qu'une voile en plastique. La solution pour laquelle j'ai opté est un additif de matière tout en gardant une épaisseur constante car les points de rupture se situent souvent aux points de liaison. Le carbone reste une matière à protéger des chocs violents et des rayures mais ne doit pas casser en utilisation.

Notre unité de production de tubes et de palmes est fin prête et nous sommes en mesure de lancer une fabrication industrielle ; nous espérons ainsi faire considérablement baisser les coûts et démocratiser ces produits d'avenir de la chasse sous-marine. "

" L'idée du carbone pour les voilures de palmes Dessault vient de notre collaboration avec Umberto Pelizzari en 1990. Nous avons commencé dans des moules en résine par des enductions manuelles, des mélanges de tissus de carbone et de fibre de verre et après plusieurs mois d'essais, Umberto a fait son record de l'époque (68 m en poids constant) avec les premières voilures en carbone, montées sur les chaussons Dessault. Il est difficile d'évaluer le gain en pourcentage mais nous savions désormais que le carbone apportait un "plus" dans l'efficacité d'une voile.

Par la suite, nous avons réalisé un moule métallique qui m'a permis d'approfondir les essais en faisant des études de températures et pressions différentes. Nous avons ainsi commercialisé pendant quelques années des voilures issues de ce moule et de fabrication artisanale.

Il y a cinq ans environ, j'ai cherché à réaliser un tube d'arbalète en carbone plein à guidage partiel, avec des extrémités rondes et donc adaptables dans divers modèles de crosses et de têtes d'arbalètes ; tous les avantages du fût en bois avec la légèreté et la rigidité du carbone.

La difficulté était de trouver des matériaux légers et d'obtenir une grande rigidité sur toute la longueur : avec le même carbone et la même épaisseur, on peut faire des cannes à pêche très souples ou bien des tubes très raides, tout dépend des