



# GRÉEMENTS CARBONE

# Gréements carbone Seldén





Seldén a été fondée en 1960 et s'est hissée au premier rang des producteurs de mâts et de gréements avec des sites de fabrication en Europe, aux USA et en Asie. Nos produits et nos procédés combinent des méthodes fiables et éprouvées avec la technologie la plus avancée pour produire des gréements pour les Champions Olympiques et les Champions du Monde, la course au large, les navigateurs hauturiers et la croisière en famille. Nous avons mobilisé toute cette expérience et tout ce savoir-faire au profit de notre dernière génération d'espars en carbone.

Nos profils sont conçus à l'aide de la méthode la plus avancée de calcul par éléments finis s'appuyant sur des années d'expérience concrète en matière d'ingénierie.

Notre méthode exclusive de fabrication confère une esthétique unique à nos produits. Nous appelons cette méthode le moulage filamentaire sur mandrin, de l'anglais Mandrel Filament Moulding (MFM). Le processus est intégralement automatisé et piloté par ordinateur pour une précision, une répétabilité et une efficacité sans faille et d'obtenir cet étonnant aspect "peau de vipère".

Seldén produit plus de 400 mâts en carbone par an, mais également des bômes, des tangons, des bouts-dehors pour des unités aussi diverses que les dériveurs de compétition, les quillards de course, des voiliers de régate IRC mais aussi certains voiliers de croisière parmi les plus prestigieux. Avec un nombre croissant de navigateurs optant pour les espars en carbone Seldén, la tendance est évidente.

# Pourquoi choisir le carbone ?

Partout dans le monde, que ce soit en dériveurs, sur des quillards ou des yachts, les avantages des gréements carbone Seldén ont conquis les plaisanciers, qu'ils soient régatiers ou adeptes de la croisière.

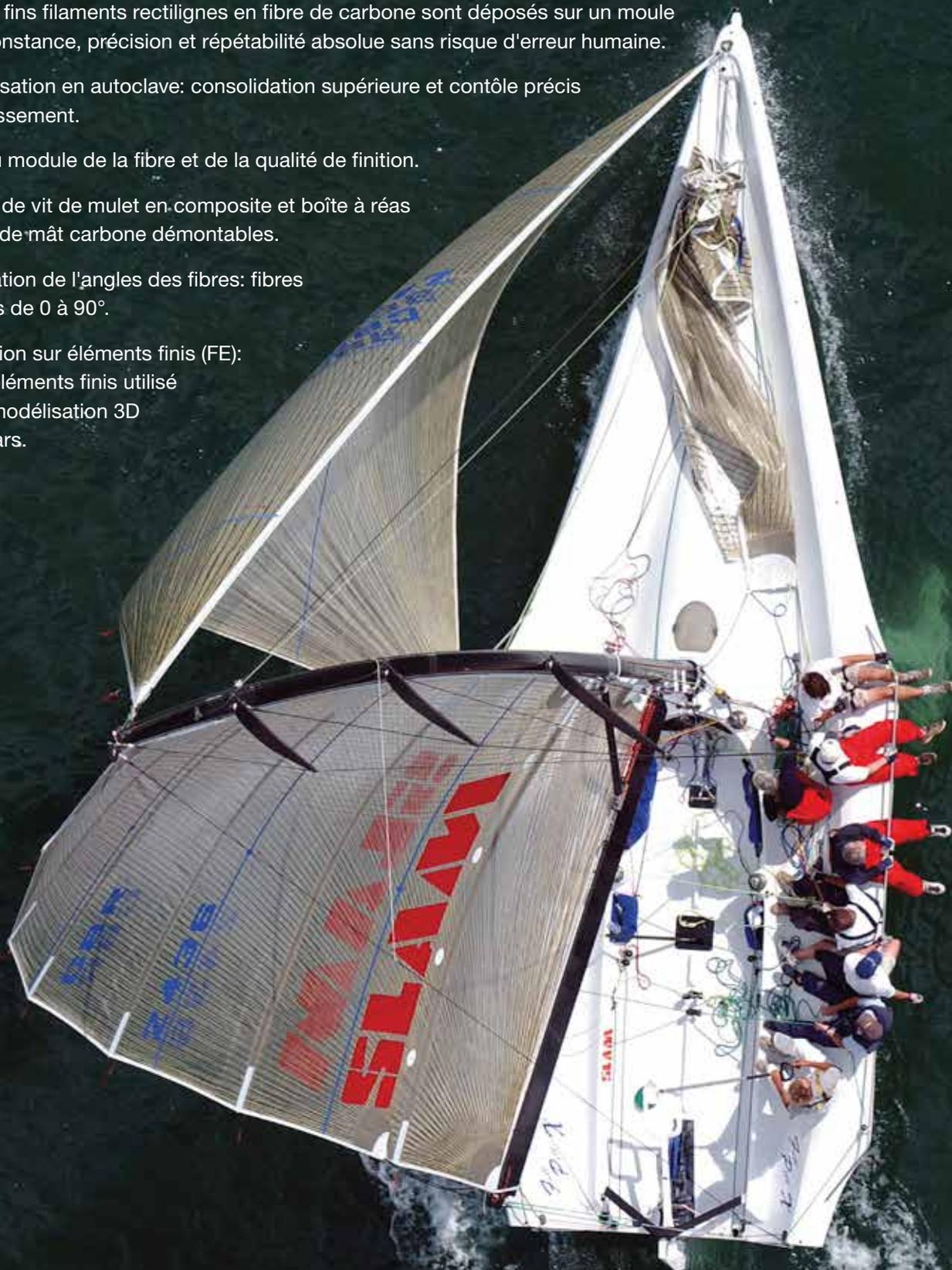
- Les mâts carbone sont plus légers: l'allègement du gréement améliore le couple de redressement en réduisant le tangage pour des performances supérieures et une navigation plus confortable.
- Les mâts carbone sont plus raides : un meilleur contrôle du cintre améliore le profil de la voile et réduit le dévers d'étai pour plus de performances et un meilleur cap au près.
- Les bômes carbone sont 40 % plus légères: moins de poids sur le bateau et sur la chute de grand-voile améliore significativement les performances. Une bôme plus légère a moins d'inertie ce qui facilite les empannages en les rendant plus sûrs.
- Les tangons carbone sont plus légers à soulever, les manœuvres rapides sont plus faciles et plus sûres (envoi, empannage...).





# Le système Seldén

- Fibre pré-imprégnée: tous les tubes sont entièrement fabriqués à partir de fibres pré-imprégnées. Aucune couche en voie humide n'est ajoutée.
- Tubes continus: l'emploi d'un mandrin mâle permet de réaliser des tubes d'une seule pièce. Pas besoin de joindre deux demi-tubes verticalement.
- MFM: de fins filaments rectilignes en fibre de carbone sont déposés sur un moule mâle.
- CNC: de fins filaments rectilignes en fibre de carbone sont déposés sur un moule mâle. Constance, précision et répétabilité absolue sans risque d'erreur humaine.
- Polymérisation en autoclave: consolidation supérieure et contrôle précis du durcissement.
- Choix du module de la fibre et de la qualité de finition.
- Ferrures de vit de mulet en composite et boîte à réas de têtes de mât carbone démontables.
- Optimisation de l'angles des fibres: fibres orientées de 0 à 90°.
- Conception sur éléments finis (FE): logiciel éléments finis utilisé pour la modélisation 3D des espars.



# Profil

Polymérisation en autoclave pour une consolidation proche de la perfection et un stratifié sans aucune poche d'air.

La fibre est appliquée sous forte tension pour garantir une linéarité parfaite des fils de carbone et une stratification compacte.

Les fibres longitudinales orientées à zéro degré procurent un gain de rigidité à la torsion, là où nécessaire, pour optimiser le cintrage et les performances du tube.

Fibres orientées à 90° pour garantir l'intégrité structurelle du tube.

Fibres continues orientées selon l'angle optimal (entre 15 et 22°) pour renforcer la résistance à la torsion et la rigidité longitudinale. Aucune besoin de fibres à 45°.

Toutes les fibres de carbone structurales sont unidirectionnelles et pré-imprégnées. Aucune résine liquide n'est utilisée.

Les filaments de carbone sont faiblement saturés en résine comparativement aux tissus ou aux patches de carbone.

Tube continu: pas d'assemblage vertical, pas de mastic ou de stratifié supplémentaire, pas de colle.



# Parlons chiffres

Chez Seldén, chaque gréement est spécifiquement conçu et calculé pour un bateau donné. Nous basons nos calculs mathématiques de dimensionnement sur les données fournies par l'architecte naval à l'aide de notre formulaire "Rig Fact".

Ces données sont utilisées par notre équipe 'Rigcalc' pour calculer le couple de redressement du bateau, qui détermine la section du tube et les charges appliquées au gréement. Chaque bateau est ajouté dans une base de données qui donne à nos concepteurs une banque de renseignements, riche de plus de 10 000 calculs de gréements.



*Test de gîte en 1965. Le couple de redressement du bateau est mesuré avec un angle de gîte de 30°.*

En plus de cette approche théorique nous appliquons une politique rigoureuse de contrôle de nos calculs par des tests de stabilité. Nous avons utilisé cette méthode pour la première fois en 1965 et nous continuons aujourd'hui. Les matériaux et les technologies évoluent, les bonnes méthodes demeurent.

## Calcul par éléments finis

En plus du processus "Rigcalc" habituel, notre équipe d'ingénieurs Structures est à même de modéliser les espars en carbone à l'aide du logiciel le plus avancé de calcul par éléments finis. Ce logiciel leur permet de créer une représentation visuelle d'un gréement et de simuler le comportement des différentes configurations. Ils peuvent même simuler les effets de différentes forces et directions de vent et de houle et leurs conséquences sur l'intégrité structurelle du gréement.



*Test de gîte aujourd'hui. Les matériaux évoluent, les bonnes méthodes demeurent.*

L'emploi de cette technologie permet à notre équipe Rigcalc d'optimiser encore plus le design et la fabrication de nos espars en carbone. En collaboration avec nos ingénieurs en matériaux composites, ils optimisent la rigidité de chaque panneau du mât et renforcent le tube à chaque fixation.



# Matériaux

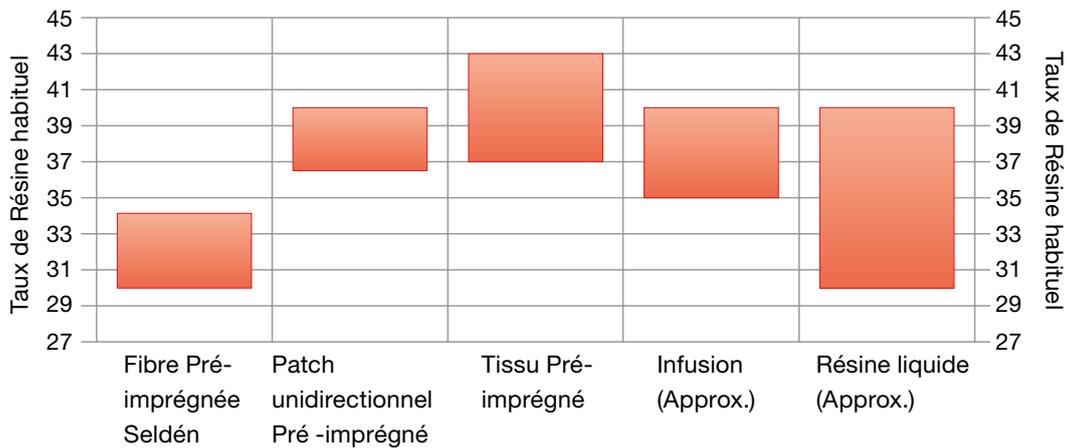
## 100 % carbone pré-imprégné

Tous nos espars sont en pré-imprégné, ce qui signifie que la fibre est enduite de la quantité exacte de résine époxy nécessaire à une stratification optimale. Cette technique permet de fabriquer un espar plus léger et plus solide en augmentant le rapport carbone/résine pour un poids donné. Aucune couche avec imprégnation de résine sur place n'est utilisée dans la fabrication de nos espars.

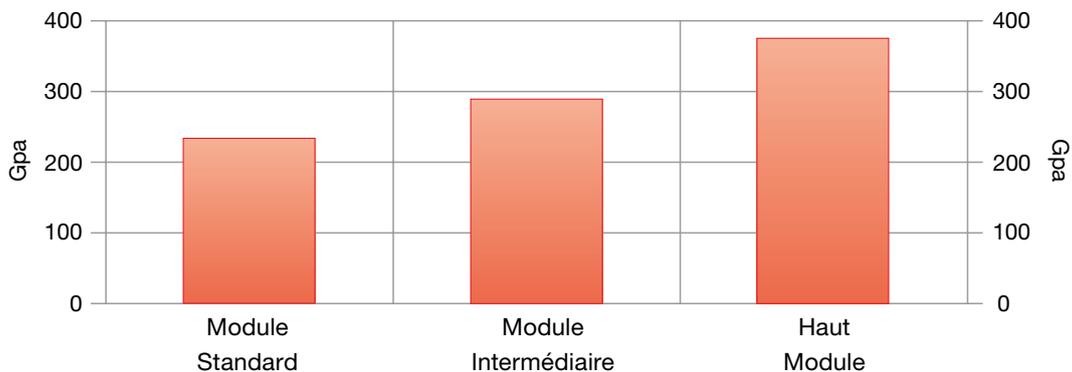
Le procédé MFM utilise une bobine de carbone, un ruban de fibres de carbone maintenues ensemble par la résine non durcie. La quantité de résine contenue dans le fil de carbone est inférieure à celle contenue dans un tissu de carbone ou dans un "patch" de carbone unidirectionnel, utilisés par d'autres procédés tels que la fabrication sur moule femelle.



## Taux de résine



## Module de différentes qualités de fibres



## Chez Seldén nous utilisons exclusivement les fibres de carbone de la meilleure qualité.

Nous utilisons trois différents modules de carbone que nous appelons standard, intermédiaire et haut module. Plus le module est haut, plus le carbone est résistant et donc plus le mât est léger et rigide. Le choix du module utilisé dépend des exigences de performances du client. Si vous demandez un mât Seldén haut module, toute la fibre utilisée sera en haut module.

	Type de fibre	GPA Module
<b>Module standard</b>	T700	230
<b>Module intermédiaire</b>	T800	294
<b>Haut module</b>	M40J	377

# Moulage Filamentaire sur Mandrin (MFM)



Le processus MFM est une exclusivité Seldén. Nos machines CNC d'application de fibres, fabriquées sur mesure, sont efficaces et rapides. Elles sont équipées d'une tête de distribution des fibres conçue et mise au point par Seldén pour réaliser un espar fini d'une précision inégalée. Les étapes clés du processus sont :



## Enroulement

Un moule mâle en aluminium tourne sur une machine MFM. Un chariot, portant les bobines de fibre de carbone et la tête de distribution, se déplace le long du mandrin. Ce système se compose d'une série de roues d'approvisionnement, d'un système de mise en tension et d'une roue de sortie qui dépose la fibre de carbone sur le mandrin.



## Commande par ordinateur

Le nombre de couches et l'angle sous lequel les fibres sont disposées sont commandés par le même logiciel utilisé par nos concepteurs en composites et par l'équipe Rigcalc lors de la conception de l'espar.

## Film thermo rétractable

Quand la pose des fibres est terminée, un film thermo rétractable est déposé à l'aide de la tête de distribution et enferme la combinaison mandrin/laminé carbone. Cet ensemble est retiré de la machine MFM, introduit dans une enveloppe sous-vide et préparé pour la phase de polymérisation.



## Polymérisation en autoclave

Tous les espars Seldén sont polymérisés en autoclave. Un autoclave est un four pressurisé. Le secret de fabrication d'un bon stratifié est d'utiliser le bon équilibre de température et de pression pour comprimer et cuir l'espars. Notre système est piloté par ordinateur et gère un cycle complexe de polymérisation pour assurer une consolidation maximale du stratifié.

Seule la polymérisation en autoclave peut garantir l'obtention d'un stratifié suffisamment consolidé et pratiquement sans vide.

## Extraction

Une fois la polymérisation terminée, le mandrin est extrait du tube de carbone qui est prêt pour la phase de finition.



## Une finition parfaite

Les espars Seldén sont proposés selon 5 niveaux de qualité de finition de la surface. La finition choisie dépend du type de bateau et des exigences propres à l'espars.

Les espars peuvent être recouverts d'une finition transparente ou peints dans une couleur sélectionnée dans notre nuancier.



**Naturelle:** en standard, les espars et tangons de dériveurs sont livrés tels quels sans peinture de finition supplémentaire. Le système de résine utilisé dans la fabrication de nos espars en carbone comprend un inhibiteur d'UV qui protège la résine époxy des effets nocifs de l'exposition prolongée au rayonnement solaire. Un pigment noir est également ajouté à la résine pour renforcer la résistance aux UV. Une finition naturelle et la résistance limitée aux UV qu'il confère sont idéales pour les espars quand le poids et le coût sont des facteurs déterminants.

**Basique:** notre finition basique est appliquée en standard sur tous nos espars pour quillards. Nous dépolissons légèrement la surface de l'espar avant d'appliquer deux couches de revêtement anti-UV en base époxyde. La couche sacrificielle transparente crée une excellente protection mais peut nécessiter plusieurs opérations de ponçage et de surcouchage tout au long de la durée de vie de l'espar.

**Transparence supérieure:** tous nos espars pour yachts sont livrés avec la finition Transparence Supérieure. Dans ce procédé, les espars sont intégralement poncés, puis reçoivent jusqu'à sept couches de revêtement époxy transparent. Le résultat est cet aspect "peau de vipère" combiné à un brillant intense qui distingue nos espars tout en offrant de nombreuses années de protection.

**Opaque Supérieure:** cette finition est identique à la finition transparente supérieure à ceci près qu'un pigment opaque est ajouté au revêtement époxy. Un grand éventail de couleurs est proposé et des nuanciers sont disponibles sur demande.

**Opaque haut de gamme:** notre finition haut de gamme crée une surface extérieure parfaitement lisse. Le procédé comprend les étapes suivantes: ponçage intégral de l'espar, enduction à l'aide d'un mastic, puis application d'une peinture de finition opaque.

Type d'espar			
Espars pour deriveur	Espars pour quillards	Espars pour grands voiliers	Tangons de spinnaker pour quillards et grands voiliers
Standard			Standard
Optionnel	Optionnel		Optionnel
	Optionnel	Standard	Optionnel
	Optionnel	Optionnel	Optionnel
	Optionnel	Optionnel	

Finition naturelle				
	Finition Basique			
		Finition Transparence supérieure		
			Finition Opaque supérieure	
				Finition opaque Haut de gamme

Procédé	Époxy transparente insensible aux UV	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Ponçage léger et Laque UV monocouche		Oui			
	Ponçage complet & vernis UV multicouches			Oui	Oui	Oui
	Profilage de la surface					Oui
	Peinture de revêtement				Oui	Oui

Poids réduit	Finition brillante	Finition super-brillante	Finition super-brillante	Finition super-brillante
Protection anti UV limitée	Protection anti UV limitée	Bonne protection anti UV	Excellente protection anti UV	Excellente protection anti UV
Finition transparente	Finition transparente	Finition transparente	Choix de la couleur	Finition de surface lisse
				Choix de la couleur

**Benefits**

# Le spécialiste de l'accastillage de mâts

Tous les espars Seldén en carbone sont équipés d'origine de têtes de mât, ferrures de vit de mulet et de hale bas en carbone. Seldén bénéficie d'une renommée mondiale pour la qualité de l'accastillage de ses mâts en aluminium. Quand ils conviennent, ces mêmes accessoires sont posés sur les espars en carbone. Dans d'autres applications un accastillage dédié a été conçu et développé.



## Tête de mât

Tous les mâts en carbone Seldén sont équipés de têtes de mât en carbone. Ces têtes de mât comprennent les réas de drisse de grand-voile et de spinnaker pour gréement en tête si nécessaire. Elles sont démontables pour les opérations d'entretien.



## Ancrage du haubanage

Les mâts en carbone Seldén pour yachts sont équipés d'ancrages en acier inox et tubes de compression collés dans le mât pour le capelage des haubans. Ces ancres sont compatibles avec les principaux systèmes de fixations de haubanage en composite en rod ou en câble.



## Ferrure d'étai

Nos ferrures d'étai sont en acier inox haute résistance moulé et permettent la fixation d'étais en câble, rod ou composite. Des ferrures pour embouts en T sont disponibles pour les mâts de plus petites sections.



## Barres de flèche et ferrures de barres de flèche

Les ferrures de barres de flèche sont en barres d'acier inox moulé. Elles sont robustes et légères et comprennent des assises pour recevoir les embouts à boule pour le haubanage diagonal. Les profils CC105 et en inférieurs, sont équipés de colliers périphériques enveloppants en acier inox. En standard, les barres de flèche sont en aluminium. Nos barres de flèche en carbone, disponibles en option, permettent une économie de poids significative et sont fabriquées sur mesure pour une parfaite adéquation à chaque application. Notez que l'IRC n'applique aucun handicap spécifique en cas d'utilisation de barres de flèche en carbone.



### Rail de grand-voile

Les mâts carbone pour grands voiliers sont livrés avec un rail de grand-voile sur mesure permettant à la fois le chargement de chariots de lattes RCB pour la croisière et l'endrailage d'une ralingue pour la course. Le rail est collé et riveté pour plus de sécurité. Les mâts pour quillards sont équipés d'origine d'un rail pour ralingue en aluminium mais peuvent, en option, être livrés avec un rail pour chariots RCB.



### Ferrures de vit de mulet et de hale-bas

Tous les mâts en carbone Seldén pour yachts sont équipés de ferrures de vit de mulet et de hale-bas en carbone. Ces ferrures sont en carbone pré-imprégné et collées au mât. Les mâts pour quillards sont équipés de ferrures légères en aluminium.

### Pieds de mât et embases

Les pieds de mât sont en fonte d'aluminium légère avec une isolation en composite pour prévenir les risques de corrosion. Sur la plupart des sections de mât de yacht, un système hydraulique interne au mât est proposé en option. Ces systèmes facilitent le réglage tout en éliminant le besoin de vérins extérieurs, de barres de poussée et de modifications du plancher du bateau.

### Bômes en carbone

Les bômes en carbone sont jusqu'à 40 % plus légères que les profils comparables en aluminium. Nos bômes sont fabriquées selon le même procédé MFM utilisé pour nos mâts et sont disponibles avec la même variété de fibres et de finitions.

Les embases de pied de mât sont en aluminium léger et sont réglables pour une parfaite adaptation à la quête et au cintrage du mât.

Notez que l'IRC n'applique aucun handicap spécifique en cas d'utilisation d'une bôme en carbone dès lors que le mât lui-même est en carbone.

# Le spécialiste de l'accastillage de bôme:

## Embouts

Les embouts côté amure sont en aluminium usiné. Ils comprennent des rainures pour accueillir diverses combinaisons de réas, tous encastrés dans le profil de bôme.



L'embout côté point d'écoute est équipé d'une boîte à réa en alliage intégrée dans le tube principal et masquée par une plaque en carbone qui recouvre l'extrémité de la bôme.



## Ferrure de hale-bas

La robustesse du capelage est assurée par une ferrure en acier inox moulé fixée à un renfort local en carbone posé manuellement.



## Fixation de l'écoute de grand-voile

Une simple boucle mais robuste passe au travers de la bôme par un tube en composite. Des bagues en inox préviennent les risques d'usure.

## Options de prise de ris

Les bômes sont proposées avec des prises de ris conventionnelles ou bosses de ris uniques (Système Seldén SLR). Des coinçeurs peuvent être intégrés dans le tube coté amure si nécessaire.

## Bordure

Une bosse en Dyneema à ramener jusqu'au cockpit est fournie d'origine. Sur les bômes plus petites et pour les applications course, un système interne de palan en cascade est disponible avec un taquet coinçeur et poulie de guidage sur l'embout de point d'amure.

## Éclairage de bôme

Peut être monté en option.

# Bôme 'Y' Seldén

La bôme 'Y' Seldén est une bôme carbone de type Park Avenue, conçue pour faciliter la prise de ris et l'affalage sur les grands yachts. Les lazy-jacks guident la voile vers le dessus de la bôme tandis que la forme élégante des ailes en 'Y' facilite le rangement et le maintien de la voile affalée. Il suffit ensuite de refermer la housse sur la voile à l'aide du zip. Un système de bosse de ris unique et des éclairages de bôme sont disponibles en option. Les bômes 'Y' sont uniquement disponibles avec une finition peinte.



Profil rétréci particulièrement esthétique. L'image montre un embout de point d'amure intégré avec réas escamotés pour les bosses de ris uniques, le rail de housse de grand-voile intégré et les padeyes de fixation des lazy-jacks.



Extrémité arrière montrant le rail et le chariot de bordure, les réas dissimulés et le pad-eye de retenue de bôme.



Détail des réas dissimulés dans l'embout de point d'amure.



Padeye d'écoute de grand-voile intégré sous la bôme.



Option d'éclairage de bôme à LED.

# Tangons de spinnaker

Un tangon de spinnaker en carbone est une amélioration majeure tant pour la croisière que pour la course. Les tangons en carbone sont 40 % plus légers que les tangons équivalents en aluminium. Leur maniement est donc beaucoup plus facile pour le hissage, les empannages et le décrochage du mât. De plus, ils allègent les contraintes appliquées à la balancine de tangon. Les tangons carbone Seldén sont disponibles pour des voiliers jusqu'à 70'.



En standard ces profils sont fournis avec une finition naturelle. Les autres finitions sont disponibles en option. La pose d'un manchon de protection en Twaron peut être proposée pour réduire les dommages, là où le tangon est en contact avec l'étau.



Les tangons carbone Seldén sont disponibles pour des voiliers jusqu'à 70'. Les tangons les plus grands sont rétreints aux extrémités. Une gamme d'accessoires est disponible en option.

# Bouts-dehors de gennaker

Les bouts-dehors de gennaker Seldén sont disponibles en kits faciles à poser. Seldén propose une gamme de fixations d'étrave compatibles avec la plupart des bateaux, facilitant l'extraction et la rétractation du bout-dehors. Des systèmes intégrés à la coque, complets avec bout-dehors et tube de guidage à fixer à travers l'étrave du bateau sont également disponibles. Ces systèmes comprennent un bout-dehors en carbone, un tube de guidage en fibre de verre et tous les paliers associés.

## Liste des profils en carbone

Les espars en carbone Seldén couvrent une large gamme de profils étendant leurs applications des dériveurs aux grands yachts jusqu'à 75'. En plus des profils de mâts indiqués ci-dessous, Seldén est à même de produire 20 tailles différentes de tubes cylindriques pour la fabrication de tangons de spinnakers, bouts-dehors et tubes de guidage de gennaker, ainsi que 10 tailles différentes de tubes cylindriques rétreints pour la fabrication de tangons de spinnaker rétreints.

Seldén conduit un programme d'investissement permanent dans l'outillage et peut fabriquer des outillages spéciaux pour des commandes spécifiques. N'hésitez pas à nous consulter pour plus de détails.

Toutes les dimensions ne sont pas standards. La taille réelle finie du profil et l'épaisseur de la paroi dépendent de la conception individuelle de chaque espar.

Section	Section dim. mm	Epaisseur de la parois mm	Application
CC050	54/54	2.0	Mât pour dériveur
CC064	64/52	2.0	Mât pour dériveur
CC077	77/62	2.4	Mât pour quillard
CC086	87/62	2.4	Mât/bôme pour quillard
CC095	96/68	2.4	Mât/bôme pour quillard
CC105	106/71	2.4	Mât/bôme pour quillard
CC115	116/74	3.0	Mât/bôme pour quillard
CC138	139/86	3.0	Mât/bôme pour quillard
CC154	157/87	3.6	Mât/bôme pour yacht
CC174	177/93	3.6	Mât/bôme pour yacht
CC192	195/102	4.2	Mât/bôme pour yacht
CC210	213/110	4.2	Mât/bôme pour yacht
CC226	228/118	4.2	Mât/bôme pour yacht
CC244	247/127	4.8	Mât/bôme pour yacht
CC263	265/135	5.4	Mât/bôme pour yacht
CC284	286/146	5.4	Mât/bôme pour yacht
CC303	306/156	6.0	Mât/bôme pour yacht
CC364	376/192	6.6	Mât/bôme pour yacht

# DÉRIVEURSQUILLARDSYACHTS

**Seldén Mast AB, Suède**  
Tél. +46 (0)31 69 69 00  
Fax +46 (0)31 29 71 37  
e-mail [info@seldenmast.com](mailto:info@seldenmast.com)

**Seldén Mast Limited,  
Royaume-Uni**  
Tél. +44 (0)1329 50 40 00  
Fax +44 (0)1329 50 40 49  
e-mail [info@seldenmast.co.uk](mailto:info@seldenmast.co.uk)

**Seldén Mast Inc., USA**  
Tél. +1 843-760-6278  
Fax +1 843-760-1220  
e-mail [info@seldenus.com](mailto:info@seldenus.com)

**Seldén Mast A/S, Danemark**  
Tél. +45 39 18 44 00  
Fax +45 39 27 17 00  
e-mail [info@seldenmast.dk](mailto:info@seldenmast.dk)

**Seldén Mid Europe B.V.,  
Pays-Bas**  
Tél. +31 (0)111-698 120  
Fax +31 (0)111-698 130  
e-mail [info@seldenmast.nl](mailto:info@seldenmast.nl)

**Seldén Mast SAS, France**  
Tél. +33 (0)251 362 110  
Fax +33 (0)251 362 185  
e-mail [info@seldenmast.fr](mailto:info@seldenmast.fr)

**Seldén Mast Asia Ltd,  
Hong Kong**  
Tel +852 3572 0613  
Fax +852 3572 0623  
e-mail [info@seldenmast.com.hk](mailto:info@seldenmast.com.hk)

**[www.seldenmast.com](http://www.seldenmast.com)**

Le groupe Seldén est le leader mondial des fabricants de mâts et systèmes de gréement en carbone et aluminium, pour dériveurs, quillards et yachts jusqu'à 30 tonnes de déplacement. En 2008 la gamme s'est étendue à l'accastillage de pont.

Le groupe se compose des sociétés Seldén Mast AB en Suède, Seldén Mast A/S au Danemark, Seldén Mast Ltd au Royaume-Uni, Seldén Mid Europe B.V. aux Pays-Bas, Seldén Mast SAS en France, Seldén Mast Inc. aux Etats-Unis et Seldén Mast Asia Ltd à Hong Kong.

Nos marques de grand renom sont Seldén et Furlex. Le succès mondial de Furlex nous a permis de mettre en place un réseau de plus de 750 revendeurs officiels, avec une couverture complète sur tous les marchés maritimes mondiaux. Où que vous pratiquiez la voile, vous pouvez être certain d'accéder rapidement à nos services de maintenance, fourniture de pièces détachées et expertise.

SELDÉN et FURLEX sont des marques déposées de Seldén Mast AB.