

**TECHNIQUE**



LE GREEMENT

# Comprendre et régler son mât

Technique la question du gréement, sans doute, mais cela ne doit pas vous rebuter !

Se familiariser avec votre mâture et régler son mât aux petits oignons, c'est la garantie de naviguer plus vite et plus longtemps...

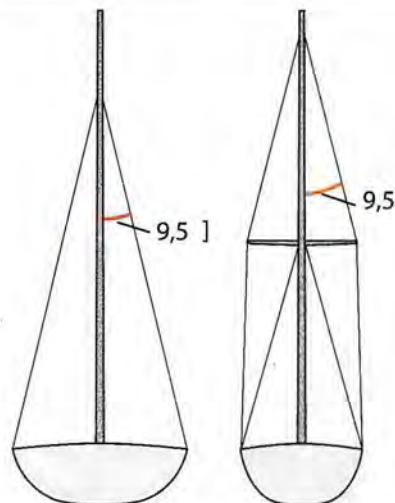
Texte : Paul Gury. Photos : François Van Malleghem et l'auteur.



**AVANT DE PASSER** aux choses sérieuses, à savoir comment régler son mât en fonction du type de gréement, nous allons passer en revue les grandes notions de cet univers complexe, riche en vocabulaire et en principe, mais au final très abordable. Plutôt que de compter sur la chance ou faire mine de ne pas s'y intéresser en espérant que les démâtages n'arrivent qu'aux autres, prenez le problème à bras-le-corps en vous aidant sur cet article que nous avons voulu le plus pédagogique possible. Pour prendre l'information à la source, nous avons poussé les portes de la société Gréement Systems implantée de longue date au Croesty. Et c'est aux côtés de Manfred et Laurent, experts en la matière, que nous avons arpenté les pontons...

## A quoi servent les barres de flèche ?

L'angulation entre le mât et le galhauban doit être supérieure ou égale à 9,5 degrés sous peine de surcomprimer le mât. D'où le rôle des barres de flèche qui permettent d'ouvrir l'angle du galhauban. Mais leur présence nécessite de faire intervenir un élément supplémentaire : le bas-hauban. Pourquoi ? Parce qu'il fallait imaginer un moyen pour s'opposer à la pression de la barre de flèche sur le profil. Disons que le bas-hauban rééquilibre la compression de la barre de flèche sur le profil qui a tendance à le faire plier. Mais la barre de flèche ne se limite pas à ce rôle puisqu'elle sert aussi à diviser par deux le nombre de panneaux (chaque étage de



▲ La barre de flèche augmente l'angle de traction du hauban. Elle est contrée par le bas-hauban.

profil correspondant à un panneau). Donc à diminuer la section du profil, et son poids. C'est ainsi pour des raisons d'allégement du mât que l'on est passé de mâts systématiquement conçus avec un seul étage de barres de flèche à des profils à deux ou trois étages. Voir à quatre ou cinq comme sur les anciens monocoques de la Coupe de l'America. Certains mâts peuvent même se passer de barres de flèche, à l'image des cat boats, des IMOCA 60 et des Ultimes. La raison est simple : grâce à la présence d'un mât aile ou d'un maître bau important, l'angulation du galhauban avec le profil reste suffisamment grande pour se passer de celles-ci.

## Barres de flèche poussantes ou dans l'axe ?

Très majoritaire jusqu'au début des années 1980, le gréement à barres de flèche dans l'axe, dit aussi dans le plan, se caractérise par la présence d'une paire de bas-haubans doublés (avant arrière) ou d'une seule paire de bas-haubans qui sera alors complétée d'un bas-étai. A ne pas confondre avec le faux étai qui, lui, est largable. Ce dernier arrivé sous l'étai principal avec une cadène sur le pont et un point de capelage au niveau du deuxième étage de barres de flèche.

Lorsque les cadènes sont toutes alignées dans l'axe des barres de flèche (dans la latéralité) à l'image des anciens Bénéteau ou des Pouvreau à deux étages de barres de flèche, on retrouve en plus des bastaques de mi-mât, dites aussi de maintien pour limiter les effets du pompage sur le mât. Depuis une vingtaine d'années, le gréement à barres de flèche poussantes s'est largement imposé pour des raisons avant toutes financières. La tendance s'est amorcée timidement avec un V peu prononcé pour finir à des barres de flèche très poussantes à l'instar du Pogo 30. Cette disposition a permis aux chantiers de faire des économies puisqu'il est dorénavant possible de faire revenir tout le haubanage sur une unique cadène associée à un seul renfort ou tirant. Cela autorise aussi de pouvoir déplacer les cadènes sur l'extérieur du passant afin de faciliter les déplacements sur le pont. Inconvénients : ce type de gréement est plus fastidieux à régler puisqu'il y a dépendance entre les câbles transversaux et longitudinaux. Par exemple, si l'on reprend du galhauban, celui-ci pousse la barre de flèche vers l'avant et fait avancer le profil. En outre, leur résistance en cas de chavirage laisse à désirer, ce qui est moins vrai avec un espar à barres de flèche dans l'axe.

Le mât naturellement plus neutre – il y a moins d'inertie – s'avère mieux tenu car le gréement propose plus de triangulations. Pour s'en convaincre, il suffit de regarder la composition des gréements des voiliers qui sont partis sur le dernier Golden Globe : que des barres de flèche dans le plan avec bastaque, double pataras et double paire de bas-haubans !



▲ Gréement fractionné en 7/8 à un seul étage de barres de flèche poussantes avec un mât posé sur le pont sur le Focus 7.50. Bas-hauban et galhauban se retrouvent sur la même cadène.

## Gréement en tête ou fractionné ?

Le premier, une espèce en voie de disparition souvent associée aux barres de flèche dans l'axe, se caractérise par un étai et un pataras fixés en tête de mât. Reprendre du pataras a donc un impact direct sur la raideur de l'étai. Mais comme souvent dans l'univers du gréement, une exception vient confirmer la règle : la première génération de Sun Odyssey par exemple affichait un gréement en tête avec barres de flèche poussantes et présence d'un bas-étai. Certes peu angulées mais suffisantes pour éviter un cintrage inversé (c'est-à-dire orienté vers l'avant). Mais alors, pourquoi fractionner son gréement ? Pour obtenir une meilleure possibilité de réglage de la GV et des voiles d'avant. En reprenant du pataras dans la brise, on évacue de fait la puissance contenue dans la grand-voile et le génois. En effet, cette action a pour conséquence de cintrer le mât, ce qui permet d'ouvrir la chute des voiles. De plus, ce type

de gréement permet de libérer de la place pour l'installation d'emmagasinage en tête puisque l'étai est accroché plus bas que la tête de mât. Il existe plusieurs degrés dans le fractionnement : 9/10, 7/8... Ce rapport exprime la hauteur du triangle avant sur la hauteur du mât. Plus le rapport est petit, plus le gréement est fractionné et plus l'étai est accroché bas.

## Gréement continu ou discontinu ?

Voilà encore deux termes largement employés dans l'univers du gréement même s'ils ne concernent que les mâts équipés au minimum de deux étages de barres de flèche. Avec un gréement continu – les plus fréquents sur les gréements d'ancienne génération – c'est le même câble qui passe par l'extrémité des barres de flèche. Que ce soit le hauban intermédiaire comme le galhauban. En discontinu, il y a interruption mécanique à l'extrémité des barres de flèche. Si l'utilisation d'un gréement discontinu complique dans une



▲ Gréement continu en tête à deux étages de barres de flèche dans l'axe pour le Feeling 416. Pas de bas-étai mais une double paire de bas-haubans.



▲ Gréement discontinu fractionné en 9/10 à deux étages de barres de flèche poussantes pour le Sun Odyssey 411, élu Voilier de l'année 2018.

## LES POINTS A VERIFIER

Votre mât subit des efforts importants en mer. Une attention particulière devra être portée aux éléments décrits ci-dessous. Les assureurs conseillent de changer votre dormant tous les dix ans...



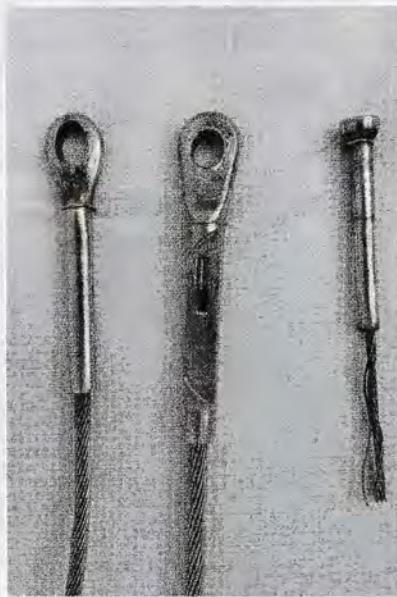
▲ L'émerillon d'enrouleur de géniois est une pièce sensible à la corrosion. A surveiller !



▲ Ridoirs et cadenes sont des pièces essentielles et faciles à contrôler avant et après navigations.



▲ La liaison barre de flèche-mât subit de l'usure mécanique. Ne pas trop tendre les D2.



▲ Embout mal serti, détoronnage, fissure de l'œil nécessitent un changement immédiat.



▲ On inspecte la zone très sensible du capelage. Idem pour les embases de barres de flèche.



▲ Le vit-de-mulet en bout de bôme est très sollicité en navigation. Il casse sans prévenir...

large mesure la procédure de réglage

- obligation de grimper dans le mât au niveau des barres de flèche - il offre deux avantages. Tout d'abord il permet l'utilisation de câbles de diamètre dégressif à mesure que l'on monte, donc de diminuer le poids du haubanage dans les hauts. Cet allégement a logiquement séduit de nombreux chantiers de course-croisières (Sun Fast, JPK, Archambault...). Enfin, ce dernier simplifie, au niveau du pont, la cadène. Là où il faut trois points de fixation avec un gréement continu, deux suffisent avec un discontinu.

## LE DISCONTINU PLUS DIFFICILE A REGLER

En revanche côté réglages, les choses sont moins aisées. En plus de devoir monter avec une chaise pour régler le D2 (voir schéma), le discontinu demande une certaine habitude. Un ordre strict de réglage est à respecter : on commence par laisser les D2 mous et on finit par eux (il s'agit de la plus faible tension du gréement) sous peine de provoquer un cintre inverse du mât dans sa partie supérieure. Puis on enchaîne avec les V1/D1 avant de reprendre du pataras (cela tend les bas tout en mollissant les galhaubans). Pour finir, on rééquilibre l'ensemble en regardant les tensions. En définitive, le pourcentage maximal de tension devra toujours être supérieur sur les galhaubans que sur les bas-haubans.

## Mât emplanté ou posé sur le pont ?

Là aussi, deux façons de poser le mât cohabitent. Soit directement positionné sur le pont avec reprise des efforts par une épontille. Ce montage est préférable sur les voiliers dédiés à la croisière car il présente de nombreux avantages : pas d'infiltration possible par le pied de mât comme ou l'intérieur de l'espar lui-même, les actions de mâtage-démâtage sont facilitées et l'on risque moins d'abîmer le pont en cas de démâtage involontaire. Avec un mât emplanté en revanche, on peut utiliser un profil plus faible en section, donc plus léger, mais aussi mieux contrôler son cintre. Les masts emplantés offrent en effet une possibilité de réglage supplémentaire en jouant sur la quête du gréement via la position du pied de mât sur la quille. En allongeant l'étaï sans déplacement du pied de mât, on crée du pré-cintrage - notons que celui-ci ne devra jamais dépasser la valeur d'un profil du mât. Pour obtenir une quête plus importante, en maintenant cette valeur de pré-cintrage il suffit alors d'avancer le pied de mât sur la quille. Cette combinaison s'avère utile en compétition pour adapter la courbure du mât à celle de la voile. Revers de la médaille, ce type de mât pose des soucis d'étanchéité au niveau de l'étambrai et nécessite de faire appel à des tirants pour éviter au rouf de monter à la traction.



## LES CONSEILS DU GREEUR

- ✓ Un gréement préférera toujours être sous une tension permanente suffisante que d'être trop mou. Si jamais le gréement sous le vent flotte par moins de 15 noeuds de vent, vous devez intervenir. Le risque : que les à-coups finissent par attaquer l'intégrité du câble en créant une fatigue mécanique accélérée.
- ✓ Il est important de bien homogénéifier la tension dans tout le gréement pour les mêmes raisons d'usure accélérée, d'où la nécessité d'obtenir un mât rectiligne en amont.
- ✓ Ne pas hésiter à mettre de l'huile (proposée par la marque Seldén) dans les cages pour lubrifier avant de commencer à régler. En remettre aussi une couche en fin de saison pour éviter de gripper définitivement vos ridoirs.
- ✓ Ne jamais mettre de dégrippant dans les roulements à billes des émerillons et du tambour d'enrouleur (la lubrification étant déjà faite, le produit risque de dissoudre les joints, faire rentrer l'eau et attaquer les billes en acier [type Profurl]).
- ✓ Au moment de l'hivernage de votre voilier, soulever les protège-ridoirs pour enlever la saleté, les rincer avant de vérifier tous les torons en sortie du sertissage. On peut insérer doucement un petit tournevis plat au niveau de l'embout de sertissage pour s'assurer qu'aucun toron n'est cassé. Faire légèrement tourner les cages pour voir s'il y a un grippage potentiel. Sur l'étaï, le câble le plus sollicité du gréement : vérifier en premier le capelage car les efforts sont plus forts en tête.
- ✓ Avant de prendre la mer, vérifier qu'aucune drisse ne se bloque avec l'émerillon de l'enrouleur de génois. Autrement c'est l'étaï qui va tourner au moment de rouler la voile, au risque de casser le câble. On prendra garde à ne jamais toucher à la drisse de génois pendant les navigations.
- ✓ Pour enlever les goupilles rapidement et sans forcer, il suffit d'attraper la tête de la goupille avec une pince coupante puis de faire bras de levier sur la cage pour l'extraire en douceur. Cette astuce change la vie, mettez-la vite en application.
- ✓ Ne pas scotcher entièrement vos ridoirs pour laisser l'eau et la salissure s'évacuer naturellement.



▲ Toujours mettre de l'huile sur les tiges filetées avant de régler.



▲ Le scotch autour des cages doit laisser passer l'eau et l'air.



Le sertissage des haubans est une opération manuelle.  
Elle consiste à écraser le fût (embout) sur le câble  
en comprimant l'inox entre deux molettes tournantes.

## Les mots pour le dire

**BASTAQUE :** La plus fréquente reste celle de maintien ou fausse bastaque pour limiter le pompage et éviter un cintre inverse (l'arc est alors orienté vers l'avant). On trouve aussi des bastaques dites hautes – le plus souvent sur un gréement fractionné pour reprendre la tension de l'étai (type half tonner)... La bastaque de tête (pataras volant) quant à elle, est là pour permettre de faire passer une grand-voile avec rond de chute. Il existe aussi des bastaques dites de trinquette mais elles ne sont là que pour reprendre les efforts de l'étai de celle-ci.

**CADENE :** Sur un voilier, la cadène est une pièce généralement métallique solidaire du pont du navire ou de la coque, sur laquelle sont frappés les câbles tenant le mât : bas-hauban, galhauban, haubans intermédiaires, étai, bas-étai, pataras... La traction exercée sur les cadènes nécessite la présence d'un renvoi ou d'un tirant de cadène.

**CAPELAGE :** Système d'accroche d'un élément du gréement dormant au mât. C'est une pièce essentielle du gréement qui mérite une attention toute particulière.

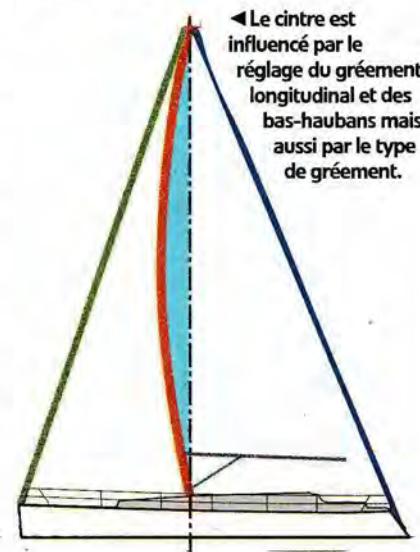
**CINTRAGE :** Il s'agit de la courbure de l'espér pris du pied à la tête de mât. Les barres de flèche poussantes donnent de base du cintrage naturel contrairement au gréement dans l'axe qui reste

neutre. Le cintrage est indispensable pour limiter le pompage du mât et ainsi limiter l'usure des barres de flèche. Constat moins vrai avec un gréement dans l'axe puisque la bonne triangulation de l'ensemble limite de fait ce phénomène. A l'inverse s'il y a trop de cintre, le point capelage de l'étai baisse et l'on se retrouve avec moins de tension dans l'étai. Enfin, le cintrage a une action sur la forme de la voile. Un mât très cintré aura comme conséquence d'ouvrir mécaniquement la chute de la grand-voile.

**INERTIE :** C'est la résistance du mât (profil) aux forces latérales et longitudinales qui s'exercent. Les mesures d'inertie sont données par les fabricants de mâts. On constate sur les feuilles de force que systématiquement  $XX'$  (inertie latérale) est plus faible que  $YY'$  (inertie longitudinale). En effet, dans le sens de la longueur, la résistance du mât doit être plus élevée car il existe moins de haubanage (seulement le pataras et l'étai).

**POMPAGE :** En cas de manque de tension, de cintrage ou de tenue, votre mât en navigation va avoir tendance à bouger de l'avant vers l'arrière, et ce de façon continue. Ennemi du gréeur et donc du mât, le pompage doit absolument être limité pour ne pas attaquer l'intégrité de votre espér.

**QUETE :** Inclinaison du mât vers l'arrière. Il s'agit de l'angle que fait ce dernier avec la verticale, à ne pas confondre avec le cintre. Augmenter la quête d'un voilier tend à le rendre plus ardent. Pour régler la quête, on peut jouer à la fois sur la cale de mât (dans le cas d'un esper emplanté) et sur la longueur de l'étai ou sur les deux en même temps.



Le cintre est influencé par le réglage du gréement longitudinal et des bas-haubans mais aussi par le type de gréement.

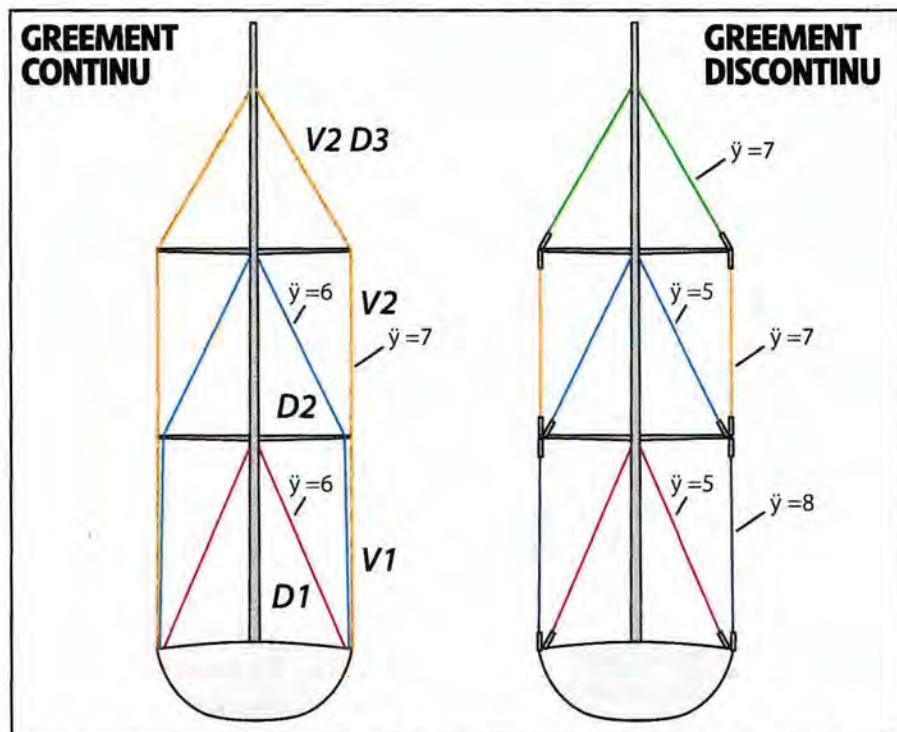


► Un mât mal réglé - non rectiligne - provoque un manque de performance criant sous voiles et peut, à terme, fragiliser le profil. Sur ce mât de J/80 (deux étages de barres de flèche poussantes avec mât implanté, gréement fractionné et continu), le bas-hauban et le hauban intermédiaire bâbord ont été trop repris. Conséquence : création d'un arc avec l'impression visuelle que la tête de mât part sur tribord. Une seule solution, molir l'ensemble et repartir du réglage de base.

## Quel type de câble ?

Trois grandes familles de câbles se partagent le marché du gréement. Le plus courant est le monotoron en inox. Contrairement à ce que son nom laisse supposer, il est en fait composé de dix-neuf torons ou fils qui s'enchevêtront. On trouve ensuite le C Strand (Dyform : il combine des torons de différents diamètres) et le ROD (une tige en inox plein). On suivra les conseils du fabricant pour chaque type de câble en ce qui concerne la tension à mettre dessus. En effet, chaque producteur propose des tableaux avec des pourcentages de tension à rapporter à la charge de rupture de chaque câble. Le gréeur repart d'ailleurs

systématiquement de ces informations pour mettre votre mât en tension. Mais pas uniquement puisqu'il va prendre aussi en compte les spécificités de votre bateau, son âge et celui du gréement, votre programme, la solidité du pont, de la coque ou encore des cadènes. Il arrive parfois que les cotes données par le fabricant soient trop élevées avec comme conséquences une déformation des aménagements intérieurs (des portes qui ne s'ouvrent plus) voire une altération de la coque et du pont. Conclusion : ne pas hésiter à demander conseil à un professionnel avant de reprendre des tours de ridoir...



▲ Les galhaubans sont désignés par la lettre V, pour verticale. Les inters, eux, s'accompagnent de la lettre D, pour diagonale, en fait oblique. A chaque étage correspond un chiffre : 1 pour le plus bas. Quant à la notation  $\ddot{y}$ , elle correspond au diamètre du câble, réduit dans les sections supérieures.

## Quel réglage de base pour tout type de gréement ?

Les fabricants de mâts conçoivent également leur propre haubanage. Vendus par paires, les câbles sont identiques en longueur (à quelques millimètres près). La première action à réaliser sera de mettre la tête de mât dans l'axe longitudinal du bateau : le mât doit toujours être rectiligne. Il ne faut pas se fier au visuel dans un premier temps car un coup d'œil dans l'engoujure (la gorge du mât) ne suffit pas. A l'aide d'un pied à coulisse ou d'un mètre, on mesure l'écart entre l'extérieur des deux tiges filetées de chacun des câbles sur les deux bords. Cette opération demande une grande rigueur puisque cela se joue au millimètre près. Attention à bien reprendre symétriquement des tours de ridoir en comptant par demi-tour, de loin la meilleure technique de mémorisation. Une fois toutes ces opérations réalisées, votre mât devrait être rectiligne, la base pour passer au maniement du tensiomètre et pousser plus loin le réglage de votre gréement (voir encadré).

## REMERCIEMENTS



Rien n'aurait été possible sans la collaboration de Manfred Arnold, co-gestionnaire de la société Grément Systems basée au Crouesty. Sympathique et efficace, un vrai pro !

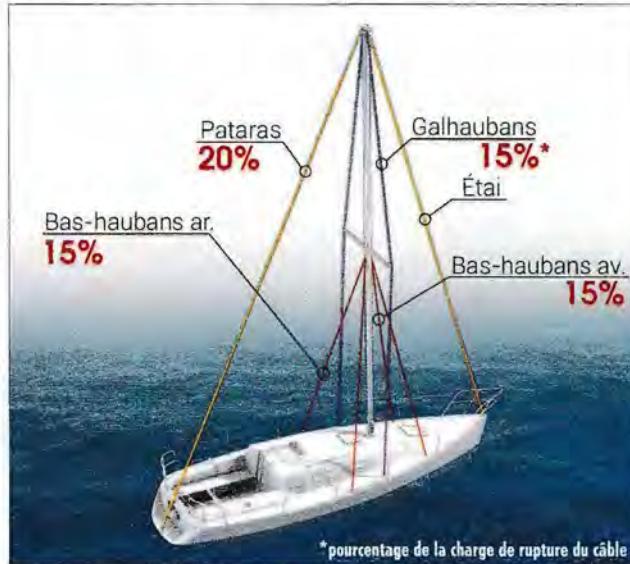
# REGLEZ VOTRE MAT COMME UN PRO



Réglage d'un mât avec un ou deux étages de barres de flèche dans l'axe (en tête et continu) avec bastaque de maintien, bas-étai et une seule paire de bas-haubans.

On commence, au port, à l'aide du tensiomètre par :

- ✓ Tendre les bas-haubans, les inters (si deux étages de barres de flèche) puis les galhaubans à 15 % (pourcentage rapporté à la charge de rupture du câble à lire sur votre tensiomètre),
  - ✓ Tendre le pataras à 20 % puis les bastaques et le bas-étai à 15 %.
- En mer par 15 à 18 nœuds pour une gîte de 20° environ :
- ✓ Vérifier la rectitude latérale du mât, le galhauban ne doit pas être mou sous le vent,
  - ✓ Retendre les galhaubans et bas-haubans si nécessaire (la tension sera effectuée sous le vent),
  - ✓ Prendre un ris pour vérifier que le mât reste rectiligne latéralement, sinon retendre les bas-haubans.



Réglage d'un mât avec un ou deux étages de barres de flèche dans l'axe (en tête et continu) sans bas-étai et deux paires de bas-haubans.

On commence au port à l'aide du tensiomètre par :

- ✓ Tendre les bas-haubans, les inters (si deux étages de barres de flèche) puis les galhaubans à 15 % (pourcentage rapporté à la charge de rupture du câble à lire sur votre tensiomètre),
  - ✓ Tendre le pataras à 20 % puis de nouveau les deux paires de bas-haubans à 15 %.
- En mer, par 15 à 18 nœuds pour une gîte de 20° environ :
- ✓ Vérifier la rectitude latérale du mât, le galhauban ne doit pas être mou sous le vent,
  - ✓ Retendre les galhaubans et bas-haubans si nécessaire,
  - ✓ Prendre un ris pour vérifier que le mât reste rectiligne latéralement, sinon retendre les bas-haubans.



Réglage d'un mât avec un ou deux étages de barre de flèche poussantes en 7/8 (continu ou discontinu). On commence au port à l'aide du tensiomètre :

- ✓ Tendre les galhaubans et les bas-haubans à 15 % (pourcentage rapporté à la charge de rupture du câble à lire sur votre tensiomètre) tandis que les inters (si deux étages de barres de flèche) ou D2 (discontinu) restent juste tendus pour assurer la rectitude du mât,
  - ✓ Retendre les galhaubans et le pataras pour atteindre 20 %, puis de nouveau les galhaubans à 20 % car le pataras sous tension les a mollis mécaniquement.
- En mer par 15 à 18 nœuds pour une gîte de 20° environ avec pataras repris :
- ✓ Vérifier la rectitude du mât, le galhauban ne doit pas être mou sous le vent.
  - Retendre les galhaubans et bas-haubans si besoin (tension effectuée sous le vent),
  - ✓ Prendre un ris pour vérifier la rectitude du mât, sinon retendre les bas-haubans.
- Le pourcentage maxi doit toujours être supérieur sur les galhaubans que sur les bas.



Réglage d'un mât avec un ou deux étages de barre de flèche poussantes en 9/10 (continu ou discontinu). On commence au port à l'aide du tensiomètre :

- ✓ Tendre les galhaubans et les bas-haubans à 20 % (pourcentage rapporté à la charge de rupture du câble à lire sur votre tensiomètre) tandis que les inters (si deux étages de barres de flèche) ou D2 (discontinu) restent juste tendus pour assurer la rectitude du mât,
  - ✓ Retendre les galhaubans pour atteindre 25 % puis le pataras à 20 %.
- En mer par 15 à 18 nœuds pour une gîte de 20° environ avec pataras repris :
- ✓ Vérifier la rectitude du mât, le galhauban ne doit pas être mou sous le vent.
  - Retendre les galhaubans et bas-haubans si besoin (tension effectuée sous le vent),
  - ✓ Prendre un ris pour vérifier la rectitude du mât, sinon retendre les bas-haubans.
- Attention, le pourcentage maximal doit toujours être supérieur sur les galhaubans que sur les bas-haubans sur un gréement discontinu.