

Lignes de mouillage

Question de poids ou de longueur ?



Retrouvez la vidéo de l'essai sur www.voilesetvoiliers.com

Texte Sébastien Mainguet.
Photos Benoît Stichelbaut.

Alourdir un bateau sur l'avant nuit gravement à ses qualités marines, on le sait. Mais peut-on raisonnablement réduire la longueur et/ou le poids de la chaîne, en particulier avec des ancres charrue modernes qui tolèrent mieux une traction légèrement oblique ? Pour le savoir, nous avons fait les tests in situ...



Des charges élevées... que nous avons mesurées avec ce peson électronique.

Quel est le rôle d'une ligne de mouillage ? Pour être précis, cela consiste à faire en sorte que la traction exercée sur la verge de l'ancre demeure parallèle au sol, puisque c'est ainsi que l'ancre « travaille » bien et pénètre le mieux dans le sol. Alors que, forcément, le bateau est plus haut ! C'est pourquoi la première qualité d'une ligne de mouillage, c'est d'être longue et aussi d'être lourde – sachant que l'on ne peut pas toujours l'allonger autant qu'on le voudrait, faute de place dans la zone de mouillage. Autant le poids n'est pas la première qualité d'une ancre (il a son importance mais c'est tout de même la géométrie qui est primordiale), autant c'est bien une qualité essentielle d'une ligne de mouillage.

Par rapport aux modèles plus anciens, les ancres charrue modernes ont toutefois la vertu de mieux résister à des tractions un peu obliques... Mais attention, il ne faut pas aller trop loin – au-delà de 10 ou 15 degrés, ça ne fonctionne plus. Or un angle de 10 de-



grés correspond à six fois la hauteur d'eau. Conclusion : si l'on veut assurer une certaine tenue de l'ancre dans le cas de figure extrême, la ligne serait complètement tendue si l'on veut envisager de n'utiliser que du câblot et pas du tout de chaîne (qui n'est vraiment pas conseillé) il faut mouiller au moins six fois la hauteur d'eau.

En outre, pour une tenue optimale, la traction horizontale est toujours la même requise. L'objet de nos tests en mer était donc le suivant : à risque-t-on concrètement avec une ligne de mouillage un peu légère ou un peu courte – et inverse-

14 heures



En début d'après-midi au large de La Rochelle et sous l'effet de nuages bas très gris avec une importante convection en altitude, le vent de secteur Ouest se renforce entre 15 et 18 nœuds. On note aussi une accélération du vent près de La Pallice, ici à droite de l'image.

20 nœuds en rafales dans l'après-midi et jusqu'à plus de 25 nœuds le soir, en tournant à droite (vers le Nord-Ouest) avant de mollir au coucher du soleil, vers 22 heures.

L'explication du météorologue Cyril Duchesne

«C'est en fait une situation synoptique classique en bordure d'anticyclone, mais avec un renforcement assez net l'après-midi. Dans ces cas-là, la brise rentre assez tardivement. A La Rochelle en fin de journée, on a relevé des rafales à 28 nœuds de secteur Nord-Ouest, ce qui n'est pas rien. On peut préciser que ce n'est pas une situation de plein été. En effet, la terre met du temps à chauffer, il fait plutôt frais pour une mi-juin, et le fait qu'il y ait beaucoup d'humidité freine le réchauffement diurne sur le continent. Du coup, la tempé-

rature monte moins vite que quand l'air est plus sec dans les terres. On observe des nuages très gris à la base, avec beaucoup de convection en altitude. Ce sont des nuages de l'étage moyen. On note sur les cartes météo que c'est plus dégagé à la côte qu'à l'intérieur, et qu'il y a pas mal de nuages qui se développent sur le continent. Il y a un effet de convergence entre le flux maritime frais et plutôt stable, avec un autre flux un peu plus instable sur le continent. Il se crée alors une barrière nuageuse liée à ce conflit de masses d'air entre la brise de mer et l'air continental plus instable. Ce front nuageux à quelques kilomètres dans les terres est bien visible depuis le front de mer.»

Pour aller plus loin

La situation météo est assez trompeuse. Bien que le baromètre monte

Carte isobarique le 18 juin 2016 à 12 heures TU

Date : 18 juin 2016.

Lieu : La Rochelle (les pertuis, abords de l'île de Ré, chenal des Minimes).

Situation : beau temps, peu nuageux. Conditions anticycloniques sur la Charente-Maritime. Vent d'Ouest de 8 à 12 nœuds s'orientant Nord-Ouest, mer belle à peu agitée. Effets de brise côtière. Bonne visibilité.



La situation est typique d'anticyclone avec un centre de hautes pressions (1030 hPa) au Nord de l'Espagne se prolongeant par une dorsale sur le Atlantique. On note que l'air très froid en altitude de l'instabilité et des rafales plus fortes que

en flèche avec le rapprochement de l'anticyclone des Açores, le flux de Nord-Ouest reste instable. On est même dans un régime dépressionnaire en altitude, ce qui est favorable à l'établissement de la brise thermique, car on a de l'instabilité. Lorsque l'on a encore de l'air froid en altitude, on rencontre des vents assez rafaleux qui peuvent surprendre, alors que si l'on a un anticyclone à la fois en surface et en altitude, c'est moins propice à la brise (thermique), et on a du coup des vents plus modérés et constants.

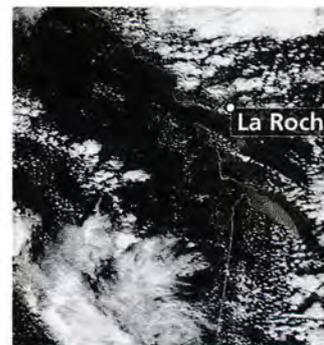
Les conseils de l'expert

«Dans une situation de bordure anticyclonique avec un flux d'Ouest-Nord-Ouest, le vent peut varier de manière assez notable tant en force qu'en direction, sous l'effet des passages nuageux et à cause des effets de site (goulette passage île de Ré-continent). Il faut aussi prendre en compte le renforcement du vent lié à la combinaison synoptique et de la brise thermique. Sur un petit bateau, cela peut vite devenir sportif. Il faudra être méfiant, le vent se renforcera toute la journée.»

Quelques définitions...

Vent synoptique : c'est le vent induit par le champ de pression (les isobares qui sont des lignes de même pression) à grande échelle. Le vent souffle des hautes pressions vers les basses pressions et est dévié sur la droite par la force de Coriolis dans notre hémisphère. On peut rappeler que selon la loi de Buys-Ballot, le vent tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre dans une dépression et inversement dans un anticyclone. C'est le contraire dans l'hémisphère Sud. Il découle de cette loi datant de 1857 qu'un observateur se tenant face au vent dans l'hémisphère Nord voit les hautes pressions sur sa gauche et les basses pressions sur sa droite.

Vent thermique : on parle aussi de brise thermique. C'est un phénomène qui se développe à moyenne échelle ou au niveau local en période anticyclonique, à la suite de différences de température entre la mer et la terre. Dans la journée, la terre se réchauffant plus vite que la mer, la brise souffle de la mer vers la terre. De nuit, la terre se refroidissant plus vite que la mer, le mécanisme s'inverse et le vent souffle alors de la terre vers la mer. Si la brise s'ajoute au vent synoptique, elle se renforcera d'autant. Si, au contraire, elle souffle «contre» le vent synoptique, elle ne s'établira pas ou très faiblement.



Sur cette photo, les nuages sont sur l'intérieur des terres et le ciel est stable sur la côte. Le flux venant de la mer converge vers celui, plus instable, sur le continent.

14 heures



En début d'après-midi au large de La Rochelle et sous l'effet de nuages bas très gris avec une importante convection en altitude, le vent de secteur Ouest se renforce entre 15 et 18 nœuds. On note aussi une accélération du vent près de La Pallice, ici à droite de l'image.

20 nœuds en rafales dans l'après-midi et jusqu'à plus de 25 nœuds le soir, en tournant à droite (vers le Nord-Ouest) avant de mollir au coucher du soleil, vers 22 heures.

L'explication du météorologue Cyrille Duchesne

«C'est en fait une situation synoptique classique en bordure d'anticyclone, mais avec un renforcement assez net l'après-midi. Dans ces cas-là, la brise rentre assez tardivement. A La Rochelle en fin de journée, on a relevé des rafales à 28 nœuds de secteur Nord-Ouest, ce qui n'est pas rien. On peut préciser que ce n'est pas une situation de plein été. En effet, la terre met du temps à chauffer, il fait plutôt frais pour une mi-juin, et le fait qu'il y ait beaucoup d'humidité freine le réchauffement diurne sur le continent. Du coup, la tempé-

rature monte moins vite que quand l'air est plus sec dans les terres. On observe des nuages très gris à la base, avec beaucoup de convection en altitude. Ce sont des nuages de l'étage moyen. On note sur les cartes météo que c'est plus dégagé à la côte qu'à l'intérieur, et qu'il y a pas mal de nuages qui se développent sur le continent. Il y a un effet de convergence entre le flux maritime frais et plutôt stable, avec un autre flux un peu plus instable sur le continent. Il se crée alors une barrière nuageuse liée à ce conflit de masses d'air entre la brise de mer et l'air continental plus instable. Ce front nuageux à quelques kilomètres dans les terres est bien visible depuis le front de mer.»

Pour aller plus loin

La situation météo est assez trompeuse. Bien que le baromètre monte

Carte isobarique le 18 juin 2016 à 12 heures TU

Date : 18 juin 2016.

Lieu : La Rochelle (les pertuis, abords de l'île de Ré, chenal des Minimes).

Situation : beau temps, peu nuageux. Conditions anticycloniques sur la Charente-Maritime. Vent d'Ouest de 8 à 12 nœuds s'orientant Nord-Ouest, mer belle à peu agitée. Effets de brise côtière. Bonne visibilité.



La situation est typique anticyclonique avec un centre de hautes pressions (1030 hPa) au Nord de l'Espagne se prolongeant par une dorsale sur le Atlantique. On note que l'air très froid en altitude de l'instabilité et des rafales plus forts que

en flèche avec le rapprochement de l'anticyclone des Açores, le flux de Nord-Ouest reste instable. On est même dans un régime dépressionnaire en altitude, ce qui est favorable à l'établissement de la brise thermique, car on a de l'instabilité. Lorsque l'on a encore de l'air froid en altitude, on rencontre des vents assez rafaleux qui peuvent surprendre, alors que si l'on a un anticyclone à la fois en surface et en altitude, c'est moins propice à la brise (thermique), et on a du coup des vents plus modérés et constants.

Les conseils de l'expert

«Dans une situation de bordure anticyclonique avec un flux d'Ouest-Nord-Ouest, le vent peut varier de manière assez notable tant en force qu'en direction, sous l'effet des passages nuageux et à cause des effets de site (goulette passage île de Ré-continent). Il faut aussi prendre en compte le renforcement du vent lié à la combinaison synoptique et de la brise thermique. Sur un petit bateau, cela peut vite devenir sportif. Il faudra être méfiant, le vent se renforcera toute la journée.»

Quelques définitions...

Vent synoptique : c'est le vent induit par le champ de pression (les isobares qui sont des lignes de même pression) à grande échelle. Le vent souffle des hautes pressions vers les basses pressions et est dévié sur la droite par la force de Coriolis dans notre hémisphère. On peut rappeler que selon la loi de Buys-Ballot, le vent tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre dans une dépression et inversement dans un anticyclone. C'est le contraire dans l'hémisphère Sud. Il découle de cette loi datant de 1857 qu'un observateur se tenant face au vent dans l'hémisphère Nord voit les hautes pressions sur sa gauche et les basses pressions sur sa droite.

Vent thermique : on parle aussi de brise thermique. C'est un phénomène qui se développe à moyenne échelle ou au niveau local en période anticyclonique, à la suite de différences de température entre la mer et la terre. Dans la journée, la terre se réchauffant plus vite que la mer, la brise souffle de la mer vers la terre. De nuit, la terre se refroidissant plus vite que la mer, le mécanisme s'inverse et le vent souffle alors de la terre vers la mer. Si la brise s'additionne au vent synoptique, elle se renforcera d'autant. Si, au contraire, elle souffle «contre» le vent synoptique, elle ne s'établira pas ou très faiblement.



Sur cette photo, les nuages sont sur l'intérieur des terres et le ciel est stable sur la côte. Le flux venant de la mer converge vers celui, plus instable, sur le continent.



Prêt à embarquer. Sur le quai de Concarneau, tout le matériel que nous avons utilisé pour nos tests : une ancre charrie, de la chaîne 8 millimètres, un robuste peson et du câblot.

On gagne-t-on en ajoutant du poids ou de la longueur? Et quels résultats obtient-on avec une ligne mixte constituée d'une longueur modérée de chaîne et d'une bonne longueur de câblot? En bref, comment la tenue du mouillage varie-t-elle en fonction du poids de la ligne d'une part, et de sa longueur d'autre part? Y a-t-il un des deux éléments qui est plus déterminant que l'autre? Ou les deux ont-ils une importance équivalente? Pour répondre à toutes ces questions, nous avons rassemblé le matériel nécessaire (que la société Plastimo, à Locmiquélic, a aimablement mis à notre disposition) : 40 mètres de chaîne acier

LES RÉSULTATS DE NOS TESTS

TYPE DE LIGNE	TOUT CHAÎNE	10 M CHAÎNE + CÂBLOT	TOUT CORDAGE PLOMBÉ	TOUT CÂBLOT
3 x hauteur d'eau (longueur 12 m)	déraper à 200 kg* environ	ne croche pas	ne croche pas	ne croche pas
6 x hauteur d'eau (longueur 24 m)	décroche à 900 kg*	décroche à 430 kg. Puis la charge remonte à 600 kg et se stabilise alors que l'ancre dérape	décroche à 300 kg. Puis la charge remonte à 400 kg et se stabilise alors que l'ancre dérape	décroche à 250 kg
10 x hauteur d'eau (longueur 40 m)	décroche à 1 200 kg	décroche à 580 kg. Puis la charge remonte à 800 kg et se stabilise alors que l'ancre dérape	décroche à 300 kg	déraper à 350 kg

Conditions des essais : fonds de sable 4 mètres. Chaîne 8 millimètres (1,4 kg/m), cordage trois torons 16 millimètres et plombé 14 millimètres (poids 0,2 kg/m). Ancre Plastimo Kobra 12 kilos. * De traction.



Des tests réalistes. Pour simuler la force exercée par un vent très fort sur le davier d'un voilier au mouillage, nous avons utilisé le Santa Maria, un chalutier de 30 tonnes.

galva de 8 millimètres (d'un poids au mètre de 1,4 kilo), 40 mètres de câblot polyester trois torons 16 millimètres «standard» (charge de rupture 5,3 tonnes), 40 mètres de câblot polyester trois torons 14 millimètres plombé (d'un poids au mètre de 0,2 kilo, charge de rupture 2,6 tonnes), une ancre Kobra (type charrue à pointe lestée) de 12 kilos et divers petits accessoires – maillons rapides, liaison chaîne-ancre et autres.

A noter que la charge maximale d'utilisation de notre chaîne de 8 millimètres ne dépasse pas 1 tonne (pour une charge de rupture de 4 tonnes), ce qui correspond à peu près à la force exercée (à raison du seul fardage) par un vent de 60 nœuds sur un monocoque de 9 mètres. Sur un monocoque de 12 mètres, le même vent exerce une force de 2 tonnes environ; c'est la charge maximale d'utilisation d'une chaîne de 12 millimètres. Le poids du bateau a également son importance, surtout avec du clapot, mais le fardage est plus déterminant. Avant toute autre considération, il faut bien sûr prendre en compte ces questions pour choisir un diamètre de chaîne.

Pour nos essais en mer, nous avons également un peson électronique capable de mesurer avec précision des charges allant jusqu'à 6 tonnes. Nous avons embarqué le tout sur le *Santa Maria*, un chalutier reconverti pour la pêche au gros en daycharter et basé à Concarneau, puis nous avons jeté notre dévolu sur des fonds de sable dans l'archipel de Glénan, où nous avons procédé à une série de tests sur des fonds de 4 mètres. Outre que de toute façon les marnages sont assez faibles dans cette zone, les coefficients étaient modérés et nous étions à l'heure de l'étale de pleine mer; en sorte que nous n'avons guère été gênés par des variations de hauteur d'eau. Et Patrice, le patron du bateau, surveillait bien sûr le sondeur tout au long de ces tests.

Trois conclusions intéressantes

Avec ses 30 tonnes et son moteur ayant beaucoup de couple, le chalutier permettait de simuler correctement des conditions de vent très fort au mouillage. Quatre types de ligne de

mouillage ont été testés: tout chaîne, tout câblot, mixte chaîne/câblot (avec toujours 10 mètres de chaîne et le reste en câblot), et enfin tout câblot plombé. Et cela pour des longueurs totales de ligne égales à trois fois, six fois, puis dix fois la hauteur d'eau. Chacun des quatre types de ligne de mouillage a donc été testé à trois reprises, ce qui signifie qu'au total nous avons mouillé une douzaine de fois. La procédure était la suivante: le peson étant connecté sur la ligne de mouillage à l'avant du bateau, on s'assurait d'abord que l'ancre avait bien croché, puis le chalutier mettait progressivement les gaz en marche arrière. On surveillait alors attentivement les chiffres sur le peson ainsi que la position du bateau. Un petit flot tout proche permettait de prendre un relèvement précis et les eaux étaient assez transparentes pour que l'on

puisse simplement regarder en... A chaque fois, sur le peson, la chaîne montait progressivement, puis... tait au moment où l'ancre décrochait ou dérapait. On distingue en effet deux cas de figure: l'ancre «décroche» quand elle se dégage complètement du sol et glisse alors rapidement vers le bas; elle «déraper» quand elle «châle» doucement tout en restant enfoncée et positionnée normalement. Dans le cas du décrochage, le chiffre sur le peson chutait brutalement et le bateau reculait soudainement vite; dans le second cas (déraper) la chute sur le peson était moins brutale et le bateau reculait moins vite. A chaque test, il s'agissait pour nous de relever le chiffre sur le peson juste avant que la charge ne dégringolât. Les résultats complets sont regroupés dans notre tableau; ils sont dans l'ensemble cohérents et significatifs.

ON GAGNE PLUS EN RALLONGEANT QU'EN ALOURDISSANT LA CHAÎNE.

UN PROBLÈME DE MATHÉMATIQUES : LA FORMULE DE LA CHÂINETTE...

Quelle est la formule qui permet de décrire exactement la forme prise par une chaîne suspendue entre deux points? (On parle d'une chaîne et non pas d'une corde ou d'un câble, parce que la chaîne ne peut pas du tout s'allonger.) C'est la formule dite «de la chaînette» (on trouve aussi parfois le terme de «caténaire»):

$$y(x) = a \cosh(x/a)$$

Où «y(x)» désigne l'ordonnée associée à l'abscisse x, «cosh» est le «cosinus hyperbolique», et «a» le rapport entre la composante horizontale de la tension et le poids au mètre. La formule de la chaînette est très utilisée en architecture, y compris pour construire des arches (la forme la plus stable pour une arche étant celle d'une chaînette renversée). Elle est aussi en lien direct avec notre sujet. Moyennant quelques manipulations savantes (dans le détail desquelles nous n'entrerons pas ici), on peut en effet aboutir à des versions très simplifiées de la formule (on trouve par exemple $F = pL^2/2h - ph/2$, ou encore

$F = p(4F - 4h^2/8h)/8h$) grâce auxquelles il est possible de calculer, en fonction de la longueur de la ligne «l», de son poids au mètre «p» et de la hauteur totale «h» (hauteur d'eau + franc-bord avant), la composante horizontale «F» de la tension nécessaire dans une ligne de mouillage pour que la chaîne, du côté de la verge de l'ancre, soit amenée dans une position tangente au sol. Cette composante horizontale est bien sûr égale à la force exercée par le vent et/ou le courant et/ou les vagues sur le davier du bateau. Dès le moment où la force exercée est plus importante, la traction sur la verge cesse d'être horizontale et devient de plus en plus oblique, avec les risques de dérapage ou de décrochage associés à ce cas de figure (en particulier quand l'angle dépasse les 10 degrés). Si la force exercée est moins importante, alors une partie de la chaîne repose au contraire sur le fond, et le risque est minimal.



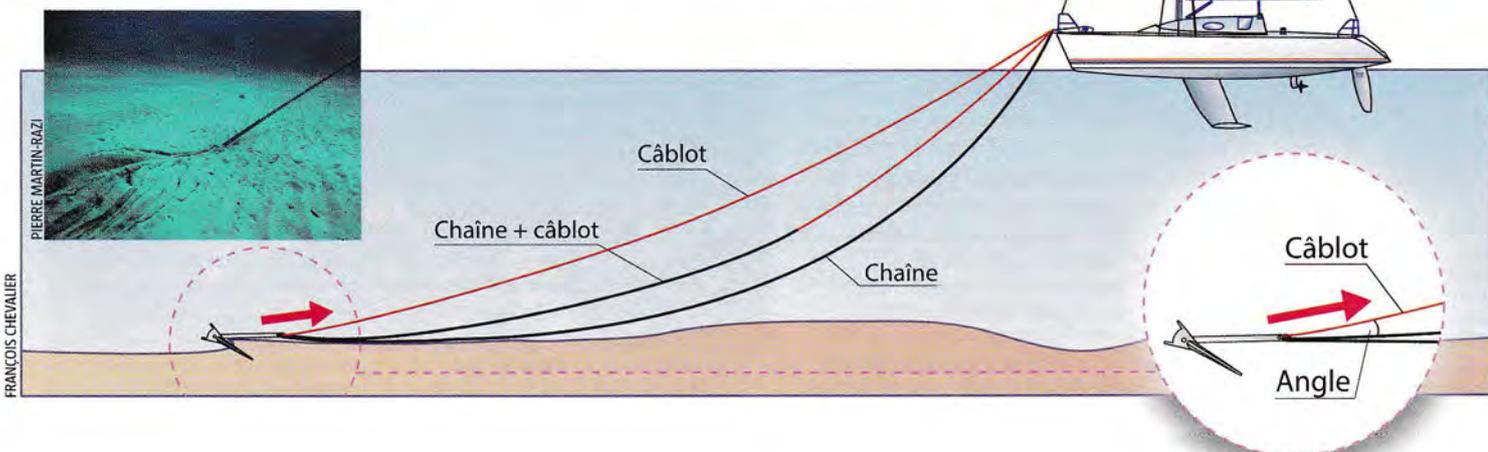
Réputée être la plus grande arche du monde (192 mètres), la Gateway Arch de Saint-Louis (Etat-Unis, Missouri) a une forme de chaînette renversée.

... ET UN CAS CONCRET

Pour 60 mètres de chaîne de 12 millimètres pesant 3,4 kilos au mètre, un franc-bord de 2 mètres et des fonds de 7,50 mètres, une version simplifiée de la formule de la chaînette (ci-dessus) permet de calculer qu'il faut exercer sur le davier une force horizontale d'environ 628 kilos pour amener la chaîne dans une position tangente

au sol. Ce chiffre correspond environ, pour un monocoque de 9 mètres, à un vent de 40 nœuds; ou, pour un monocoque de 16 mètres, à un vent de 30 nœuds. La force est proportionnelle au fardage et au carré de la vitesse du vent (si l'on fait abstraction du clapot et du courant éventuel). Pour des fonds de 4 mètres et

un franc-bord de 2,50 mètres, avec la ligne de mouillage la plus lourde et la plus longue que nous ayons testée (40 mètres de chaîne de 8 millimètres), la chaîne est tangente au sol pour une traction de 168 kilos, ce qui correspond à un vent de 30 nœuds pour un bateau de 8 mètres.



PIERRE MARTIN-RAZI

FRANÇOIS CHEVALER



Raccord facile. Ce type de maillon à riveter permet de raccorder deux sections de chaîne. Pratique, mais attention, la résistance est moindre.

On peut en tirer trois conclusions intéressantes. Tout d'abord, on a pu vérifier in situ qu'une ancre charrie moderne à pointe lestée (ici, la Kobra de Plastimo) était réellement capable de tenir avec une traction oblique dont l'angle ne dépasse pas une dizaine de degrés. On a aussi pu vérifier que la tenue restait nettement meilleure avec une traction horizontale. On notera aussi les (très) bons résultats obtenus avec une ligne mixte chaîne + câblot. Mais attention : ils sont significativement moins bons que ceux obtenus avec une ligne de même longueur uniquement constituée de chaîne. Enfin, on notera que si l'on examine de près une version simplifiée de la formule dite «de la

chaînette» (voir page précédente, «Un problème de mathématiques»), on arrive très vite à la conclusion que pour un même poids total de la ligne, il vaut mieux avoir davantage de longueur et un poids au mètre moindre (sous réserve que la charge d'utilisation maximale soit adaptée) plutôt qu'un poids au mètre plus élevé et une longueur moindre. Autrement dit, on gagne davantage de tenue en ajoutant de la longueur qu'en alourdissant la chaîne. Mais bien sûr, ce n'est pas toujours possible : encore faut-il avoir de la place pour éviter ! C'est pourquoi, dans les régions où les fonds sont importants, on a de toute façon intérêt à choisir une chaîne d'un diamètre généreux. ■



Guindeau indispensable. Avec une lourde chaîne et beaucoup de fond, difficile de s'en passer. En cas de panne, utiliser une estrope et un winch...

5 CONSEILS POUR MOILLER SEREINEMENT



Cousin-Trestec propose une gamme de cordages plombés, de 30 à 50 mètres, de 10 à 16 millimètres de diamètre, de 160 à 366 grammes par mètre.

1 Commencer à reculer dès que l'ancre touche le fond, afin d'assurer un positionnement optimal de l'ancre et faciliter ainsi la pénétration de la pelle dans le sol.

2 Ne jamais laisser la tension sur le guindeau, il n'est pas fait

pour ça. La ligne doit être frappée sur un robuste taquet (utiliser une estrope, avec deux demi-clés sur la chaîne). Avec beaucoup de vent et surtout s'il y a des vagues, il est bon d'avoir une certaine longueur de câblot (pas seulement une estrope) afin de mieux amortir les chocs.

3 Marquer la chaîne (et le câblot) afin de pouvoir visualiser plus facilement quelle longueur a été mouillée. On peut utiliser de la peinture, mais aussi des petits osselets (compter une dizaine d'euros), ou encore un compteur de chaîne intégré au guindeau électrique.

4 Au moindre doute concernant la nature des fonds (présence possible de roches ou d'autres chaînes), il ne faut pas hésiter à poser un orin avant.

5 Pour le mouillage arrière, de deux choses l'une. Ou bien ce mouillage a pour fonction de positionner le bateau sur l'estran (dans le sens de la pente de la plage, par exemple). Dans ce cas, sauf très forts marnages, la hauteur d'eau ne sera jamais très importante et l'ancre arrière sera dans le bon sens par rapport à la pente éventuelle. Du coup, l'angle de traction sur la verge restera toujours faible et la ligne n'a pas besoin d'être fortement lestée. Ou bien le mouillage sert à positionner le bateau par rapport au courant (en général dans une rivière). Il faut alors prévoir une ligne plus lourde, car le fond peut être plus important, et bien sûr le mouillage arrière devra, ici, avoir la même tenue que le mouillage avant.

F. BLAZQUEZ