

RECHERCHES TECHNIQUES

/ EXPÉRIENCES DE REMORQUAGE DE FILS ET FILETS /

par M. l'Ingénieur Général BARRILLON

Directeur du Bassin d'Essais des Carènes (Marine Nationale)

L'étude de la résistance de remorquage des filets de pêche pose une série de problèmes pour lesquels le Service Scientifique des Pêches a demandé au Bassin d'Essais une étude expérimentale portant, d'une part, sur la résistance de remorquage de brins isolés à diverses vitesses, diverses inclinaisons sur la vitesse de route, diverses natures de fil; d'autre part, sur la résistance d'éléments de filets.

Les études faites ont porté sur des fils isolés dans leur état naturel, sur des fils avec nœuds, enfin sur des éléments de filets. /

CHAPITRE PREMIER

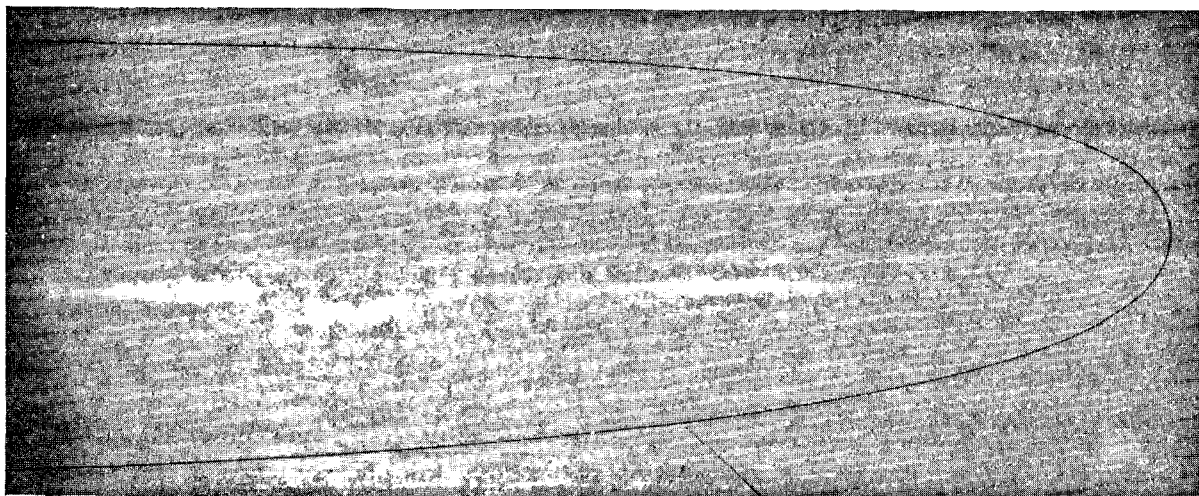
Nous nous occuperons ici de l'étude du fil seul. Aux vitesses intéressantes, le poids du fil est faible par rapport aux actions dynamiques auxquelles il est soumis de la part de l'eau.

Nous admettrons qu'un fil tenu en deux points et remorqué se place dans un plan, le plan qui contient la droite des points d'attache et la vitesse. Si les deux points de fixation sont à une même immersion, le plan du fil est un plan horizontal. L'observation a montré que cette hypothèse était acceptable. On a constaté que la forme en plan d'un brin était pratiquement une courbe symétrique, ce qui ne serait pas le cas si le commettage avait une influence. Des études antérieures faites au Bassin ont mis en évidence cette action dissymétrique due au commettage. Cette action n'intervient pas pour les fils de filets.

On a admis que le cas du brin ayant une direction très voisine de celle de la vitesse n'avait pas grand intérêt pour la pratique. Dans ce cas, la résistance de frotte-

ment est prépondérante, tandis que, pour un élément de brin normal à la direction de la vitesse, la résistance de frottement est négligeable. Il ne paraît pas que l'on puisse réunir dans des formules ces deux cas et passer d'une façon continue de l'un à l'autre.

Ces considérations, *à priori*, nous ont conduit à la méthode expérimentale exposée ci-dessous.



Si l'on considère une seule nature de fil à une seule vitesse, on aura tous les éléments utiles si on détermine la forme du brin et sa tension en chaque point. Cette étude sera faite, d'une part, en relevant la forme du brin; d'autre part, en opérant sur des brins de diverses longueurs et mesurant la tension à l'extrémité.

Forme du brin

L'observation de la forme du brin a été faite dans deux cas : d'abord sur plateforme mobile avec un brin de diamètre 6 millimètres; en suite, à la cuve à mouvement d'eau, avec un fil à coudre. Nous donnons ci-joint une photographie représentant ce dernier cas. Le tableau I donne les résultats obtenus sur le brin de 6 millimètres. En comparant l'ensemble des observations, on constate que la forme de la courbe n'est pas rigoureusement la même dans tous les cas, et en particulier que, pour des rayons de courbure de 12 millimètres, les divergences sont sensibles. Cet effet peut être attribué à la rigidité du fil. Comme dans le cas des fils de filet, les rayons de courbure au sommet sont de l'ordre du mètre; nous avons admis par la suite que la forme de la courbe était toujours la même. Cette forme est définie par le tableau I. La courbe formée par le brin ne dépendant que d'un seul paramètre de grandeur, nous avons pris comme paramètre le rayon de courbure au sommet.

TABLEAU I

$\frac{y}{x}$	$\frac{x}{r_0}$	$\frac{y}{r_0}$	$tg \alpha$	$\frac{L}{r_0}$	$\frac{L}{x}$	$\frac{102}{\delta} \frac{R}{dxV^2}$	$\frac{102}{\delta} \frac{\Delta R}{dV^2 \Delta L}$
0	0	0	0	0	1	88	88
0,125	0,25	0,031	0,26	0,25	1,01	84	76
0,25	0,46	0,115	0,56	0,47	1,03	79,3	60
0,5	0,84	0,42	1,16	0,96	1,14	70	33
0,75	1,15	0,862	1,70	1,50	1,30	62	18,2
1	1,41	1,41	2,27	2,12	1,50	57	11,8
1,25	1,65	2,06	2,82	2,80	1,70	52,6	7,9
1,5	1,88	2,82	3,34	3,65	1,94	49,2	5,6
1,75	2,09	3,66	3,85	4,47	2,14	46,5	4,91
2	2,275	4,55	4,34	5,40	2,37	44,5	4,60
2,25	2,45	5,51	4,85	6,40	2,61	42,8	4,38
2,50	2,61	6,52	5,35	7,45	2,85	41,5	4,2
2,75	2,77	7,62	5,85	8,57	3,09	40,6	4,05
3	2,91	8,73	6,35	9,70	3,33	40	3,91
3,25	3,04	9,88	6,88	10,85	3,57	39,8	3,80
3,50	3,175	11,12	7,37	12,06	3,80	39,6	3,70
3,75	3,29	12,34	7,91	13,30	4,04	39,6	3,63
4	3,40	13,6	8,41	14,62	4,30	39,6	3,54
4,25	3,50	14,88	8,94	15,90	4,54	39,7	3,44
4,50	3,60	16,2	9,44	17,26	4,80	39,9	3,39
5	3,765	18,82	10,45	19,95	5,30	40,5	3,26
5,50	3,915	21,52	11,47	22,67	5,80	41,2	3,13
6	4,045	24,27	12,50	25,40	6,29	42	3,03
8						46,4	
10						51,7	

Appelant α l'angle que fait en un point M la normale au brin avec la vitesse, le tableau donne en fonction de α les

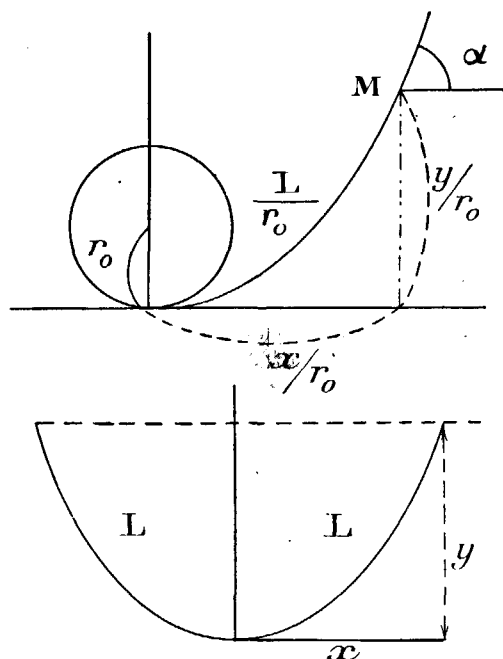
valeurs de $\frac{x}{r_0}$, $\frac{y}{r_0}$ et $\frac{L}{r_0}$.

Les relevés de forme du câble peuvent être représentés par la formule empirique

$$\left(\frac{y}{x}\right)^2 = \left(\frac{L}{x} - 1\right) \left(\frac{L}{x} + 0,53\right)$$

Cette formule permet de déterminer le rectangle circonscrit à la courbe lorsqu'on se donne la longueur $2L$ du brin et la distance $2x$ des points d'attache lorsque ceux-ci sont sur une droite perpendiculaire à la vitesse.

Il a été impossible de relier avec assez de précision la forme de courbe à une hypothèse simple sur la force s'exerçant sur la longueur ds d'un élément de fil.



Répartition des tensions aux divers points du brin

La tension en un point du brin est dans la direction de la tangente au brin; elle est donc inclinée sur la direction de la vitesse. Pour déterminer cette tension, nous avons opéré sur des brins de diverses longueurs, et pour utiliser le dynamomètre de traction qui ne peut donner que des composantes dans le sens de la vitesse, nous avons opéré sur des brins doubles.

Le câble est tenu en deux points en abord du chariot d'essai et attaché en son milieu au dynamomètre; le point anguleux est sur la droite transversale des points d'attache.

On mesure la résistance $2R$ et observe l'angle α .

On refait la mesure pour une série de longueurs du brin, c'est-à-dire pour une série de valeurs

de $\frac{y}{x}$, et pour différentes vitesses. Sur un brin de diamètre 6 millimètres, qui nous servira par la suite d'étalon, on a trouvé que les résultats pouvaient être représentés par deux formules empiriques :

$$\text{pour } 0 < \frac{y}{x} < 1 \text{ (voisinage du sommet)} \quad \frac{102}{\delta} \frac{R}{dx V^2} = 88 - 31 \frac{y}{x}$$

$$\text{pour } 1 < \frac{y}{x} < 11 \text{ (le reste de la courbe)} \quad \frac{102}{\delta} \frac{R}{dx V^2} = 20,9 + 2,75 \frac{y}{x} + 34 \frac{x}{y}$$

Dans ces formules, les unités sont homogènes; si l'on emploie le système M, K, S, il faut prendre $\delta = 102$.

On peut, à l'aide du tableau, calculer la tension $T = \frac{R}{\sin \alpha}$ par la formule :

$$\frac{102}{\delta} \frac{R}{d r_0 V^2} = \frac{102}{\delta} \frac{R}{d x V^2} \frac{1}{\sin \alpha} \frac{x}{r_0}$$

La tension est à peu près une fonction linéaire de la flèche.

Nous avons vu ci-dessus que, lorsque L et 2x étaient donnés, on pouvait obtenir $\frac{y}{x}$. Nous avons maintenant la possibilité de déterminer R. Pour faciliter ce

calcul on a porté dans le tableau I les valeurs de $\frac{L}{x}$ et les valeurs de $\frac{102}{\delta} \frac{R}{d x V^2}$.

Toutes les études faites jusqu'ici sont relatives à un même filin que nous appellerons brin étalon.

Etude de diverses natures de fils

Pour des fils différents du fil étalon, le tableau établi pour ce dernier peut être utilisé, à condition que, dans le calcul de la résistance R ou de la tension T, un diamètre efficace d différent du diamètre réel soit introduit.

Ce diamètre efficace d caractérise le fil au point de vue de la résistance. On le détermine par deux ou trois essais de remorquage. Pour chacun d'eux, on mesure x et y

ou x et L. Le tableau donne la valeur de $A = \frac{102}{\delta} \frac{R}{d x V^2}$, pour le fil étalon; pour la

même valeur de $\frac{y}{x}$ ou de $\frac{L}{x}$, le diamètre efficace d sera déterminé par $\frac{102}{\delta} \frac{R}{d x V^2} = A$

ou l'on introduit la résistance mesurée pour le fil étudié R, la vitesse V de l'essai et la demi-distance x des points d'attache.

Les valeurs trouvées pour d par différents essais sont pratiquement très voisines. On en fait la moyenne.

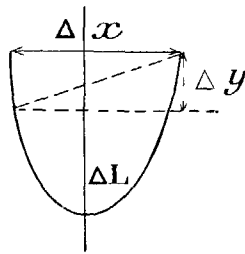
Les résultats suivants ont été trouvés pour 6 fils. Dans le tableau d_n est le diamètre réel du fil ayant séjourné un jour dans l'eau.

	Diamètre réel d_n	Diamètre efficace d
Chanvre n 3 kg.....	2 mm. 4	2 mm. 335
Chanvre n 4 kg.....	2 mm. 9	2 mm. 62
Chanvre n 5 kg.....	3 mm. 3	2 mm. 905
Manille n 3 kg.....	2 mm. 8	2 mm. 515
Manille n 4 kg.....	3 mm. 5	2 mm. 855
Manille n 5 kg.....	3 mm. 9	3 mm. 25

Utilisation du tableau à la résolution de quelques problèmes

PREMIER PROBLÈME

La longueur du câble attaché en deux points fixes donnés est donnée (les deux points fixes ne sont pas sur une même perpendiculaire à la vitesse).



Soit ΔL la longueur du câble. Δx et Δy définissent les deux points fixes par leurs coordonnées relatives dans le sens perpendiculaire à la vitesse et dans le sens de la vitesse. On trace la courbe définie par le tableau; on lui mène des sécantes de pente $\frac{\Delta y}{\Delta x}$; on relève les caractéristiques des deux points d'intersection de chaque sécante.

y_1	y_1	x_1	L_1
x_1	r_0	r_0	r_0
y_2	y_2	x_2	L_2
x_2	r_0	r_0	r_0

on choisit par tâtonnement la sécante telle que :

$$\frac{\frac{L_2}{r_0} \quad \frac{L_1}{r_0}}{\frac{y_2}{r_0} \quad \frac{y_1}{r_0}} = \frac{\Delta L}{\Delta y} \quad \text{ou} \quad \frac{\frac{L_2}{r_0} \quad \frac{L_1}{r_0}}{\frac{x_2}{r_0} \quad \frac{x_1}{r_0}} = \frac{\Delta L}{\Delta x}$$

cette sécante étant terminée on obtiendra le r_0 qui satisfait à

$$\frac{\frac{y_2}{r_0} \quad \frac{y_1}{r_0}}{\frac{r_0}{r_0}} = \frac{\Delta y}{r_0} \quad \text{ou} \quad \frac{\frac{x_2}{r_0} \quad \frac{x_1}{r_0}}{\frac{r_0}{r_0}} = \frac{\Delta x}{r_0}$$

on possède alors les éléments pour calculer R ou T en tout point de la courbe et pour tracer la courbe.

DEUXIÈME PROBLÈME

Le câble de longueur donnée ΔL est attaché à une extrémité à un point fixe et soumis à une force donnée à l'autre extrémité.

On mène la tangente à la courbe ayant pour pente, par rapport à la vitesse, la direction de la force (ou bien on interpole dans le tableau à l'aide de $tg \alpha$).

Les caractéristiques du point d'application de la force :

$\frac{y_1}{x_1}$	$\frac{y_1}{r_0}$	$\frac{x_1}{r_0}$	$\frac{L_1}{r_0}$	$\frac{102}{\delta}$	$\frac{T_1}{d r_0 V^2}$
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	----------------------	-------------------------

sont ainsi déterminées.

T_1 , d , δ et V sont donnés, on peut donc déterminer r_0 et l'on déduira $\frac{L^2}{r_0}$ caractéris-

tique du point d'attache par $\frac{L_2}{r_0} - \frac{L_1}{r_0} = \frac{\Delta L}{r_0}$, toutes les autres caractéristiques du point d'attache s'en déduiront, en particulier T_2 , α_2 et R_2 .

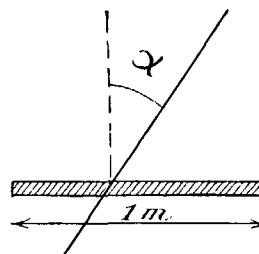
TROISIÈME PROBLÈME

Le diamètre efficace d'un fil étant connu, on demande la résistance à la marche, dans le sens de la vitesse, pour un tronçon de 1 mètre de ce fil supposé rectiligne, lorsque l'angle fait par la normale au fil et la vitesse de route est α .

On passe d'abord de l'angle α à la valeur de $\operatorname{tg} \alpha$ puis dans le tableau I on prend la valeur de

$$\frac{102}{\delta d V^2} \quad \frac{\Delta R}{\Delta L}$$

on multiplie cette valeur par le diamètre efficace (en mètres), puis le carré de la vitesse (exprimé en mètres par seconde).



Exemple. — On demande la résistance à la marche d'un brin de 1 mètre de fil de chanvre, désigné par « Chanvre n 5 kg. », lorsque $\alpha = 76^\circ$ et $V = 2$ m/s. On a alors $\operatorname{tg} \alpha = 3,85$; le nombre utile dans le tableau I est 4,91.

Le diamètre efficace donné par l'expérience est (page 201) 2 mm. 905, qui, exprimé en mètres, est 0,002905; le carré de la vitesse est 4 : on doit donc multiplier par 0,011620, et la résistance en kg. est : $0,011620 \times 4,91$, soit 0 kg. 057.

La résistance du brin est : 57 grammes.

Conclusion

Nous avons établi un tableau donnant le moyen de calculer la résistance à la marche des fils dans toutes les positions possibles en définissant chaque nature de fil par un diamètre efficace à déterminer par expérience.

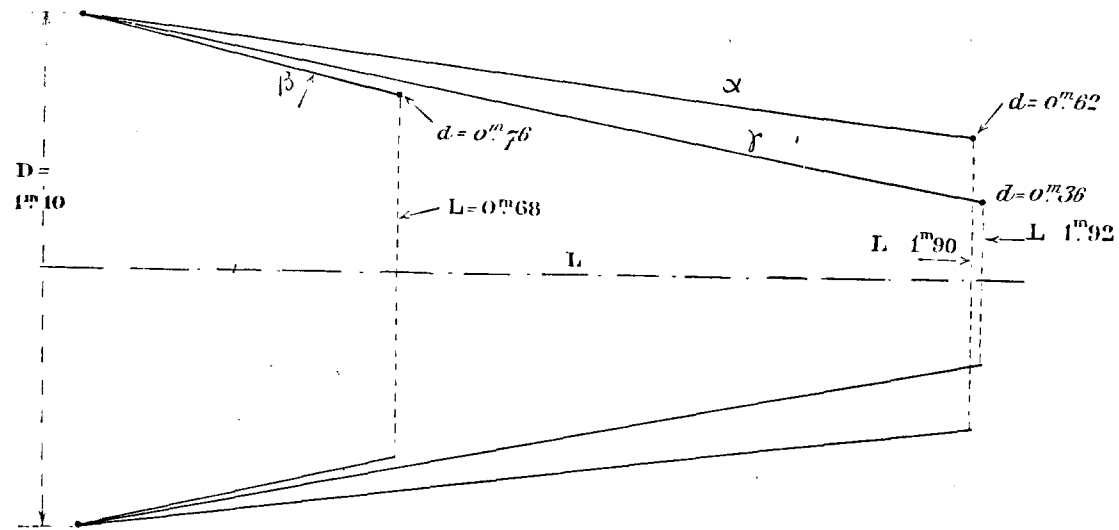
CHAPITRE II

Mesures sur des filets

On a opéré sur trois avenos, nommés $\alpha \beta \gamma$, dont la constitution et les dimensions sont données sur le tableau II. Chaque filet a été maintenu ouvert à la gueule par un anneau de 1 m. 10 de diamètre. On a mesuré la résistance de remorquage pour diverses vitesses entre 1 m/s. et 1 m/s. 75. Dans chaque cas, la résistance varie comme le carré de la vitesse. Dans le tableau II, on a indiqué la résistance de chaque filet pour un

mètre de vitesse. (Résistance propre du filet résultant de la mesure faite sur l'ensemble et d'une déduction mesurée sur l'anneau et la suspension). Le filet γ a été essayé retourné (l'extérieur mis à l'intérieur). Les résultats relatifs à ce cas sont notés $1/\gamma$ dans le tableau). On a constaté que tous les filets tournaient autour de leur axe pendant le remorquage. Le sens de la rotation est inversé lorsqu'on passe du filet γ au filet $1/\gamma$. Il est le même pour les filets $\alpha \beta \gamma$. Cet effet de dissymétrie est analogue à celui observé antérieurement sur les filins de dragage, effet expliqué par le sens de commettage des brins. La vitesse de rotation des filets sur eux-mêmes est faible mais très régulière (environ un tour en 16 secondes); il n'a pas été jugé utile d'empêcher les filets de tourner pendant l'essai. Par contre, on a jugé intéressant de déterminer le lest à ajouter à l'anneau de suspension pour empêcher le filet de tourner. On a trouvé qu'un poids de 4 kilos était juste suffisant.

TABLEAU II



	MAILLES AV.	MAILLES AR.	RANGS	L	D	d	RÉSISTANCE POUR V = 1 m./s. (en kilos)	SURFACE m ²	RÉSISTANCE SURFACE
α....	108	72	90	1,90	1,10	0,62	18,8	9,7	1,94
β....	108	72	36	0,68	1,10	0,68	13,5	3,8	3,55
γ....	108	36	92	1,92	1,10	0,36	19,5	8,4	2,32
1/γ..							18,9	8,4	2,25