

RECHERCHES TECHNIQUES.

Deuxième note sur les fils et filets.

Rapprochement entre les essais de résistance de fils et les essais de résistance de filets, /

PAR

M. L'INGÉNIEUR GÉNÉRAL BARRILLON,

DIRECTEUR DU BASSIN D'ESSAIS DES CARÈNES (MARINE NATIONALE).

Le remorquage de fils et de filets a donné lieu à une note antérieure résumant les résultats obtenus avec des fils lisses et avec des avenos. Ces essais ont été poursuivis avec des fils à nœuds. Nous rendons compte ici des résultats obtenus. Les méthodes expérimentales et les modes de calcul sont les mêmes que précédemment.

CHAPITRE PREMIER.

Fils avec nœuds.

La forme du brin a été trouvée exactement la même que pour les fils sans nœuds. La correspondance des $\frac{L}{x}$ avec les $\frac{y}{x}$ est donc à conserver pour les fils avec nœuds, telle qu'elle est donnée dans le tableau I de la première note. La loi de résistance est par contre différente et donnée par un nouveau tableau (tableau III). La différence de loi tient vraisemblablement au fait qu'à l'arrière d'un nœud il existe une zone d'eau entraînée, dont l'action sur les parties du fil suivant le nœud est très différente suivant qu'il s'agit d'une partie du brin ayant une direction voisine de celle de la vitesse ($\text{tg } \alpha = 0$), ou d'une partie du brin fortement inclinée sur la vitesse ($\text{tg } \alpha$ grand).

Dans le tableau suivant, nous donnons, à titre d'exemple, la comparaison entre la résistance des 6 fils avec nœuds et la résistance des mêmes fils sans nœuds.

tg. α .	CHANVRE N 3 KGS.	CHANVRE N 4 KGS.	CHANVRE N 5 KGS.	MANILLE N 3 KGS.	MANILLE N 4 KGS.	MANILLE N 5 KGS.	MOYENNE.
0.....	(0,91)	1	1,06	1,10	1,08	1,24	1,06
1,70.....	(0,98)	1,09	1,14	1,19	1,17	1,34	1,15
4,34.....	1,32	1,45	1,54	1,60	1,57	1,80	1,55
6,88.....	1,69	1,86	1,96	2,05	2,00	2,32	1,98
9,44.....	1,90	2,09	2,21	2,31	2,25	2,59	2,22
Distance des nœuds en diamètre du fil.	10,4	12,7	11,6	9,5	10	9,5	10,6

FILS AVEC NŒUDS.

NATURE DU FIL.	DISTANCE MOYENNE ENTRE LES NŒUDS.	DIAMÈTRE RÉEL D. R.	DIAMÈTRE EFFICACE D.
Chanvre n 3 kgs.....	34 m/m 5.	2 m/m 48.	1 m/m 99.
Chanvre n 4 kgs.....	36 m/m 5.	2 m/m 88.	2 m/m 46.
Chanvre n 5 kgs.....	36 m/m 5.	3 m/m 16.	2 m/m 88.
Manille n 3 kgs.....	27 m/m 3.	2 m/m 83.	2 m/m 6.
Manille n 4 kgs.....	39 m/m 39.	3 m/m 23.	2 m/m 89.
Manille n 5 kgs.....	35 m/m 9.	3 m/m 79.	3 m/m 79.

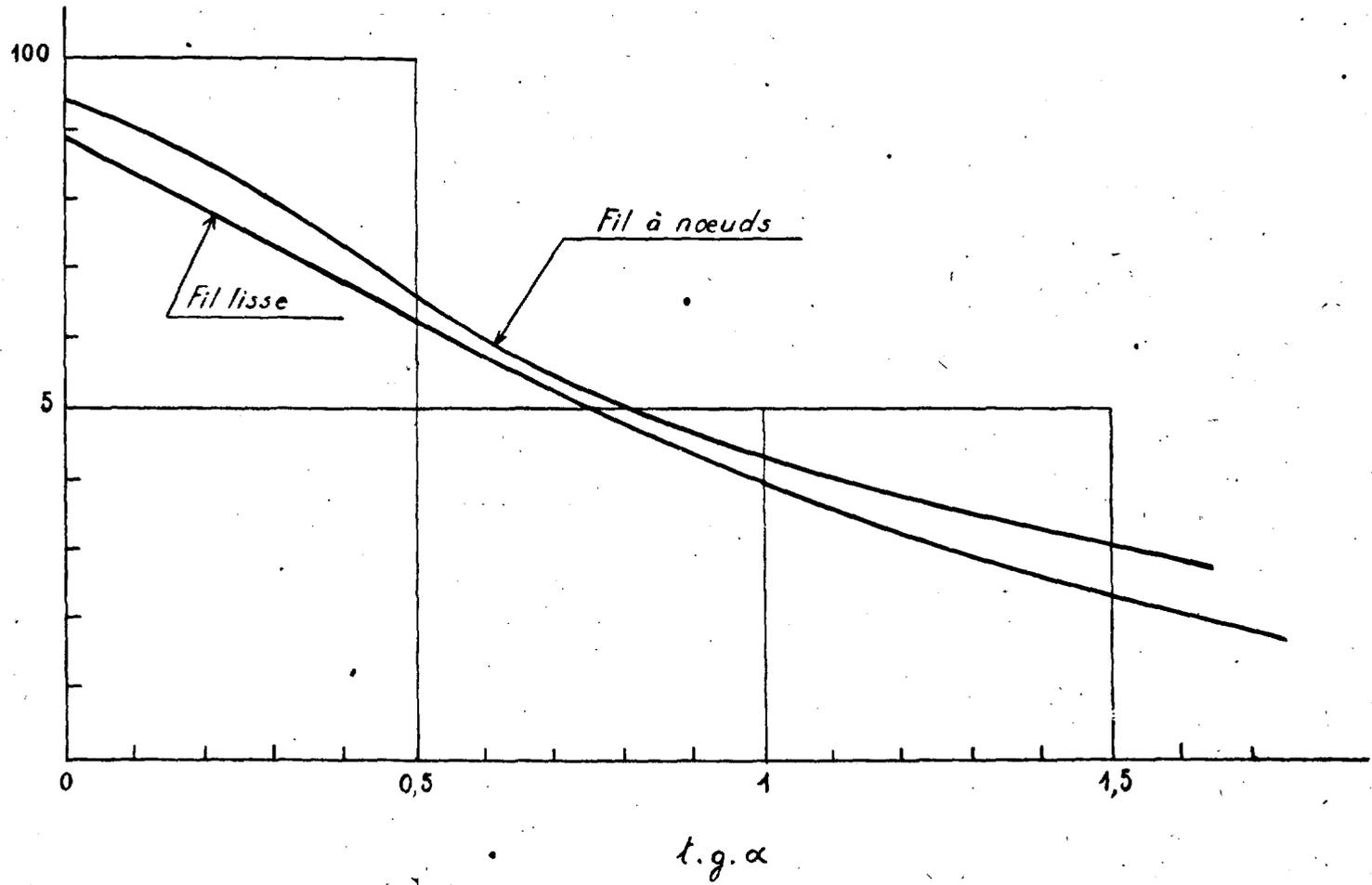
TABLEAU III.

$\frac{y}{x}$	$\frac{L}{x}$	$\frac{102}{\delta} \frac{R}{dx V^2}$	$\frac{102}{\delta d V^2} \frac{\Delta R}{\Delta L}$
0	1	94	94
0,125	1,01	89,8	83,5
0,25	1,03	85,5	61,5
0,5	1,14	77,8	40
0,75	1,30	71,5	25,5
1	1,50	67,2	21,5
1,25	1,70	64,3	19,5
1,5	1,94	65	19
1,75	2,14	67	18,1
2	2,37	69	17,3
2,25	2,61	71	16,5
2,50	2,85	73	15,6
2,75	3,09	75	15
3	3,33	77	14,4
3,25	3,57	79	13,8
3,50	3,80	81	13,2
3,75	4,04	83	12,7
4	4,30	85	12,3
4,25	4,54	87	11,9
4,50	4,80	89	11,5

Enfin, un graphique donne la loi de variation de $\frac{102 \Delta R}{\delta d V^2 \Delta L}$, c'est-à-dire de la résistance par unité de longueur dans le cas du fil à nœuds et du fil sans nœuds. De ce graphique, il ne faut pas conclure que la résistance du fil à nœuds est majorée par rapport à la résistance du fil sans nœuds dans le rapport des ordonnées. Le diamètre efficace est en effet différent. Le tableau de chiffres montre que pour $\text{tg } \alpha = 0$ le fil à nœuds est en moyenne plus résistant de 6 p. 100 que le même fil sans nœuds, et que pour $\text{tg } \alpha = 9,44$ le fil à nœuds est en moyenne plus résistant de 122 p. 100 que le fil sans nœuds.

On remarquera que dans le tableau le fil de chanvre n 3^k a donné une résistance moindre avec nœuds que sans nœuds. Cette anomalie ne se présente que pour les petites valeurs de α , celles qui donnent lieu aux déterminations les moins précises. Cette anomalie tient vraisemblablement au fait que les fils n'étaient pas exactement dans le même état lors des deux essais.

$$102 \Delta R$$
$$\delta d V^2 \Delta L$$



CHAPITRE II.

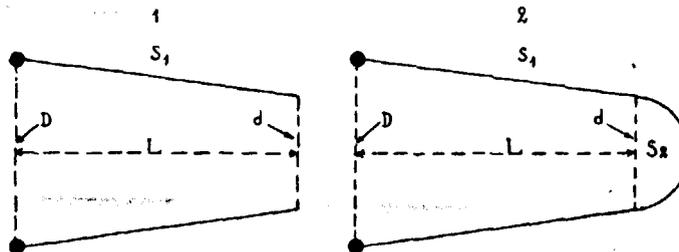
Filets avec fonds et sans fonds.

Les essais ont porté sur 12 filets obtenus à l'aide de quatre modifications de chacun des filets notés $\alpha\beta\gamma$ dans la note précédente. Il y a ainsi 4 filets α correspondant aux états 1, 2, 3, 4 et de même 4 filets β et 4 filets γ . Les états 1, 2, 3, 4 se différencient comme indiqué sur la planche des résultats : le filet 1 est le même que celui qui avait été étudié dans la première note, c'est un filet sans fond. A signaler seulement qu'une erreur de mesure de la surface des filets s'est glissée dans le tableau joint à la première note. Nous avons donc reporté ces résultats corrigés dans le tableau joint à la seconde note. Un filet 2 dérive du filet 1 correspondant par addition d'un fond. La forme d'un tel filet n'étant pas la même pendant le remorquage que pendant le relevé de sa forme à sec, la comparaison des résultats donnés dans

REMORQUAGE DE FILETS

REPÈRE

F	MAILLES <i>N</i>	MAILLES <i>R</i>	RANGS.	LONG.	DIAMÈTRE D'ENTRÉE.	DIAMÈTRE DE SORTIE.	SURFACE TOTALE EN M ² .	
							SANS FOND <i>S</i> ₁	AVEC FOND <i>S</i> ₁ + <i>S</i> ₂
α	108	72	90	1,89	1,10	0,40	4,527	4,653
β	108	72	36	0,60	1,10	0,50	1,686	1,882
γ	108	36	92	1,91	1,10	0,245	4,135	4,182
1/ γ	"	"	"	"	"	"	"	"



l'état 1 et dans l'état 2 ne permet pas de séparer la résistance due au fond. C'est pourquoi nous avons fait des essais avec les formes 3 et 4 qui diffèrent des formes 1 et 2 par le fait qu'un anneau rigide est placé au raccordement du fond avec le corps latéral du filet. La comparaison des essais sur un filet dans l'état 3 puis dans l'état 4 permet de déterminer quelle est dans la résistance totale la part du fond.

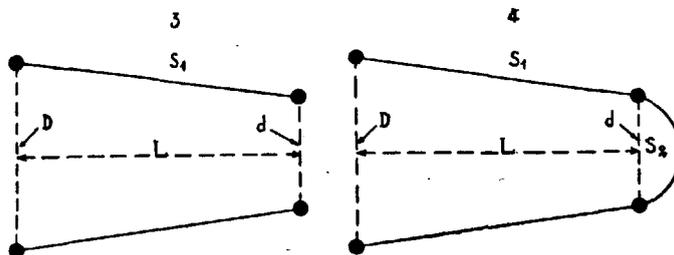
Les résultats obtenus sont portés dans le tableau joint qui donne pour chaque cas la résistance totale, la résistance totale par mètre carré du filet, la part de résistance due au fond, enfin le rapport de la résistance du fond à la surface du fond.

La résistance par mètre carré varie avec l'inclinaison sur la vitesse. Le graphique joint donne la loi de variation de résistance, analogue à celle obtenue pour les fils. Pour $\alpha = 0$ la résistance par mètre carré est très différente dans les différents cas, ce qui fait penser que dans le fond du filet le courant liquide a une vitesse et probablement une direction différant beaucoup de la vitesse et de la direction du mouvement de remorquage. Ce point sera étudié ultérieurement par relevé de la forme des filets liquides.

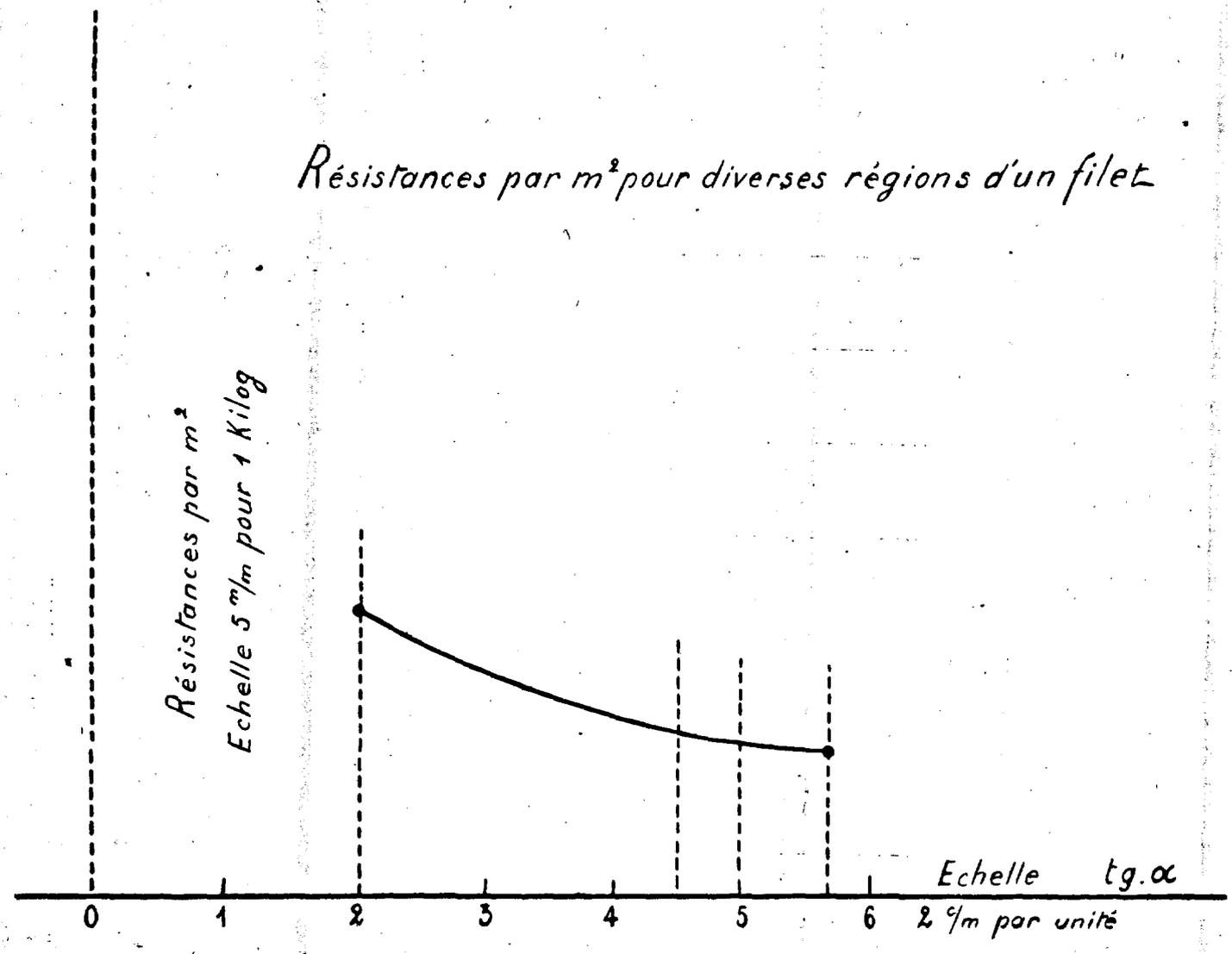
AVEC FONDS ET SANS FONDS.

19.033 B.

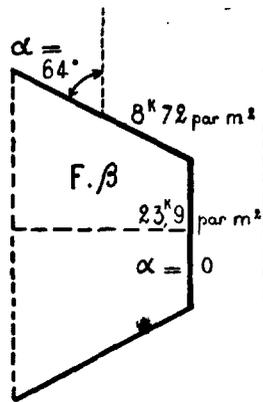
RÉSISTANCE EN KILOGRAMMES POUR $v = 1$ m/sec.				RÉSISTANCE (SURFACE TOTALE).				SURFACE DU FOND en m ² . s_2 .	AUGMENT. DE RÉSISTANCE due au fond (4 - 3).	AUGMENTATION SURFACE du fond.
1	2	3	4	S. F. 1	AV. F. 2	S. F. 3	AV. F. 4			
19,7	25	22,4	24,3	4,35	5,37	4,95	5,22	0,1256	1,9	15,1
14,7	20,6	17	21,7	8,72	10,95	10,08	11,53	0,1963	4,7	23,9
20,6	22	21,5	22,1	4,98	5,26	5,20	5,28	0,0471	0,6	12,7
19,9	21,7	"	"	4,81	5,19	"	"	"	"	"



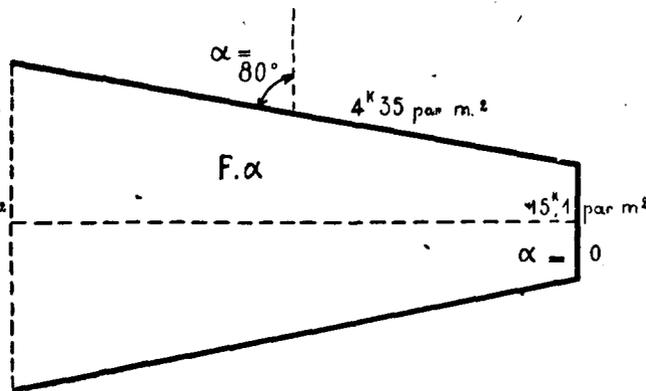
Résistances par m^2 pour diverses régions d'un filet



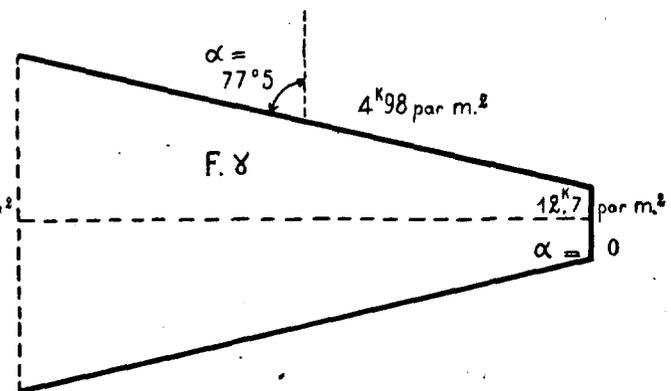
$$\text{tg } 64^\circ = 2,05$$



$$\text{tg } 80^\circ = 5,67$$



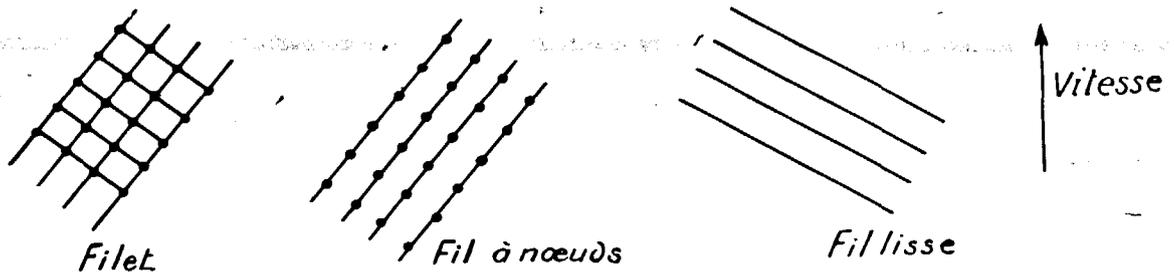
$$\text{tg } 77^\circ 5 = 4,51$$



CHAPITRE III.

Rapprochement entre les essais de résistance de fils et les essais de résistance des filets.

Nous nous proposons ici de voir s'il est possible d'utiliser les essais de résistance de fils à la prévision de la résistance d'un filet de forme donnée. Dans ce but nous allons calculer ce que serait la résistance d'un filet s'il n'y avait aucune interaction entre ses diverses parties, c'est-à-dire en supposant que chaque élément de fil compris dans le filet ait une résistance déterminée uniquement par son orientation par rapport à la vitesse de route.



Avec cette hypothèse, la résistance du filet est égale à la somme des résistances d'une série de fils à nœuds et d'une série de fils lisses.

L'angle α n'est pas l'angle que fait le plan tangent au filet avec la vitesse. En effet, les fils d'un filet sont croisés environ à 90 degrés et chaque brin est à environ 45 degrés sur la projection de la vitesse sur le plan tangent. Appelant β l'angle de la génératrice du filet supposé conique on aura l'angle α par la formule :

$$\sin \alpha = \sin \beta \cos 45^\circ = \frac{\sin \beta}{\sqrt{2}}$$

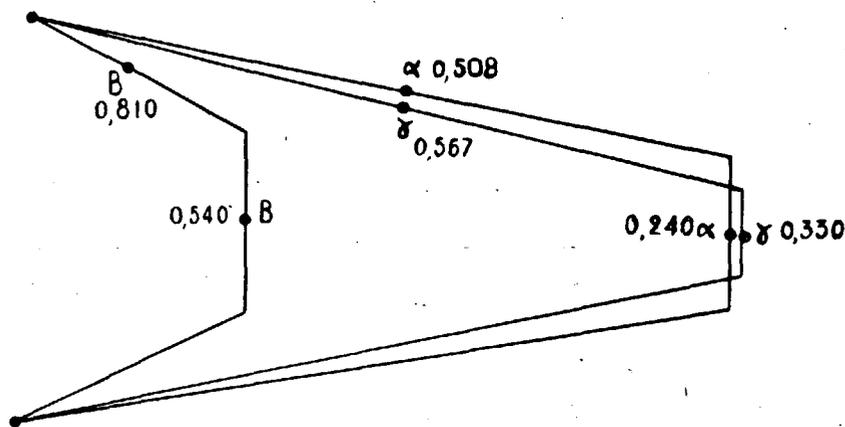
Pour chacun des filets on a ainsi calculé la résistance en cherchant la longueur totale de fil et affectant à la moitié de cette longueur la résistance du fil lisse, à l'autre moitié de cette longueur la résistance du fil à nœuds.

C'est ainsi que le filet α (1) est assimilé à 128 mètres de fil à nœuds et 128 mètres de fil lisse, de même pour β on a 55 mètres de chaque et pour γ 113 mètres de chaque. Le tableau détaillé du calcul est donné ci-contre. Dans l'avant-dernière colonne on a porté les valeurs données par l'expérience et dans la dernière colonne le rapport entre le résultat expérimental et le résultat calculé. On voit que la résistance d'un élément de filet est toujours plus faible que celle de l'élément supposé isolé, le rapport donne l'effet d'interaction.

Dans un dernier dessin, nous avons figuré les divers filets et noté au milieu de chaque zone le coefficient de réduction dû à l'interaction. On voit que ce coefficient varie assez régulièrement, que la réduction est d'autant plus importante que le filet est moins incliné sur la vitesse, ce qui s'explique par le fait que les brins se protègent mieux les uns les autres, et que cette réduction va en augmentant lorsque le filet devient plus long ce qui s'explique par le fait que l'eau sort vraisemblablement par les parties latérales.

(1) Nous pensons qu'il ne peut y avoir de confusion entre l'emploi des mêmes lettres pour désigner un filet et un angle.

Avec un nombre de cas aussi réduit que celui dont nous disposons, il n'est pas possible de tirer des conclusions bien générales; à défaut d'autres expériences on pourra calculer la résistance d'un filet en utilisant d'une part les résultats obtenus sur les fils et en choisissant pour chaque partie du filet le coefficient de réduction, en s'inspirant des données du croquis ci-dessous.



CHAPITRE IV.

Filets doubles. — Essais dynamométriques.

Pour mettre en évidence l'effet d'interférence entre diverses parties de filet, on a opéré sur les ensembles représentés par les croquis 1 et 2.

Sur le croquis 1 on voit les filets α et γ emboîtés l'un dans l'autre, avec une distance de 30 centimètres entre les cercles d'entrée. Dans cet essai les filets n'ont pas de fond.

Sur le croquis 2 on voit les filets α et γ emboîtés l'un dans l'autre dans la même position relative, mais les filets ont tous deux un fond.

Ces ensembles ont été remorqués et leurs résistances mesurées puis comparées aux résistances des filets α et γ isolés. Les résultats ont été ramenés à la vitesse de 1 m./s. et les corrections faites pour les résistances passives dues aux cercles de soutien et au système de jonction entre les cercles d'entrée.

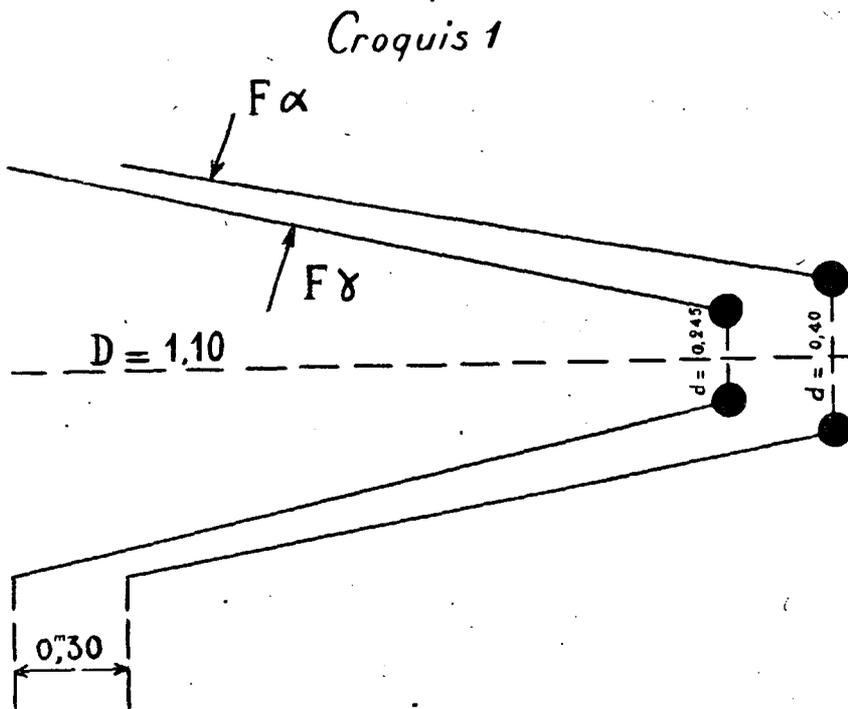
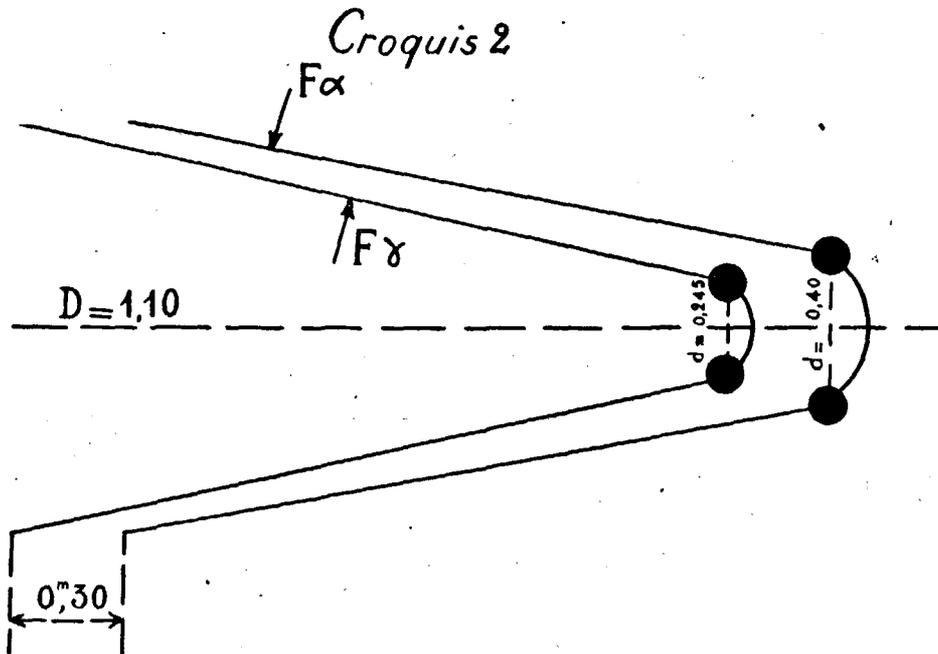
RÉSISTANCE.

<i>Croquis 1</i>	35 k. 2		
α seul	21 k. 8	soit par m ² de α	4 k. 82
γ seul	21 k. 7		
part due à α derrière γ	13 k. 5	soit par m ² de α	2 k. 98
			} rapport 0,62

RÉSISTANCE.

<i>Croquis 2</i>	36 k. 4		
α seul	24 k. 2	soit par m ² de α	5 k. 20
γ seul	22 k. 1		
part due à α derrière γ	14 k. 3	soit par m ² de α	3 k. 70
résistance du fond de α	1 k. 9	soit par m ²	15 k. 1
résistance due au fond de α derrière γ	0 k. 800	soit par m ²	6 k. 37
			} rapport 0,71
			} rapport 0,42

REPÈRE DU FILET.	ANGLE β .	SIN β .	SIN α .	TG α .	$A = \frac{1}{dV^2} \frac{R}{L}$		$\frac{R}{V^2} = A d L$		$\frac{R}{V^2}$ TOTAL. (SOMME RÉSIST. DES FILS).	$\frac{R}{V^2}$ FILET SANS FOND.
					A NOEUDS.	SANS NOEUDS.	A NOEUDS.	SANS NOEUDS.		
PARTIE LATÉRALE DU FILET.										
α	80	0,985	0,696	0,968	44	41,5	21,4	17,3	38,7	19,7
β	64	0,899	0,646	0,845	47	46	9,9	8,2	18,1	14,7
γ	77,5	0,976	0,690	0,953	44,5	42	19	17,3	36,3	20,6
FONDS.										
α	"	"	"	"	94	88	4,4	3,4	7,9	1,9
β	"	"	"	"	94	88	4,8	3,9	8,7	4,7
γ	"	"	"	"	94	88	1,02	0,82	1,8	0,6
<p>d du fil à nœuds = 3,79. d du fil sans nœuds = 3,25.</p>										



Pour les flancs, la diminution de résistance de α du fait de l'entraînement de l'eau par γ est de 38 p. 100. Pour le fond α la diminution de résistance est de 58 p. 100.

Ces essais donnent une idée de la vitesse d'entraînement de l'eau par le filet. Si les résistances étaient exactement proportionnelles aux carrés des vitesses, la vitesse de l'eau à la sortie des flancs serait seulement 79 p. 100 de la vitesse de route $\left[\left(\frac{V_1}{V}\right)^2 = 0,62\right]$ et la vitesse de l'eau à la sortie du fond serait seulement 65 p. 100 de la vitesse de route $\left[\left(\frac{V_1}{V}\right)^2 = 0,42\right]$.

CONCLUSIONS.

Les études faites sur modèles nous semblent maintenant assez poussées pour permettre la prévision de la résistance d'un filet de plan donné lorsque ses brins ont été essayés isolément avec et sans nœuds.

La suite de l'étude nous paraît devoir être la suivante : vérifier sur des filets réels remorqués à la mer, certaines des conclusions auxquelles a conduit l'essai sur modèle afin d'en déduire si les phénomènes sur filet réel sont comparables aux phénomènes sur modèle, ensuite de décider s'il est nécessaire ou non d'employer un facteur de correction dans le passage du modèle au réel.

L'expérience la plus intéressante à ce point de vue, serait le remorquage d'un même filet avec fond puis sans fond. Pour chacun des cas, on opérerait à deux vitesses dont l'une serait double de l'autre.