

ELECTRICITE DE FRANCE
SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

Mission : MADAGASCAR

JAUGEAGE DES COURS D'EAU
NOTE SUR L'EMPLOI DES MOULINETS
-:-:-:-:-

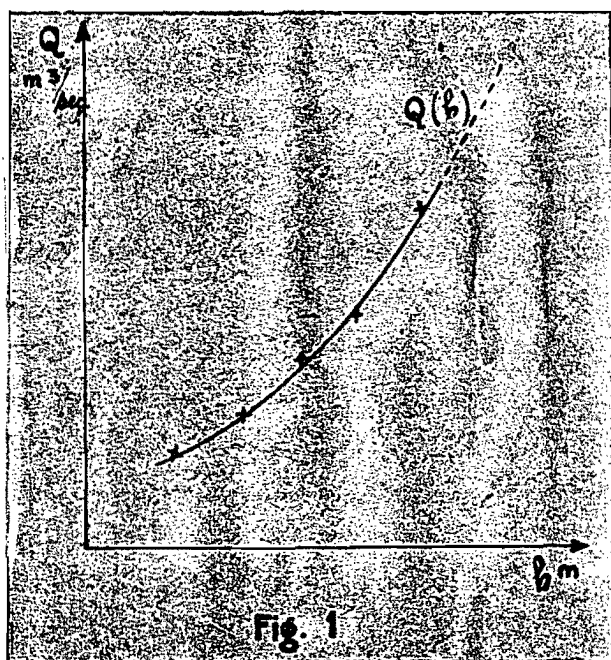
Jaugeage des cours d'eau

N O T E

sur l'emploi des moulinets hydrométriques

Le jaugeage d'un cours d'eau a pour but d'en déterminer le débit Q traversant une section droite donnée.

Parallèlement on repère sur une échelle limnimétrique, ou on lit sur le diagramme d'un limnigraphe, la cote moyenne de



de l'eau h pendant la mesure; après un certain nombre de jaugeages à des cotes judicieusement choisies, on obtiendra, point par point, la courbe $Q(h)$ de correspondance entre les débits et les hauteurs pour la section de jaugeage considérée (fig.1), à la condition que le fond du lit soit stable. Cette courbe doit souvent être extrapolée, il faut alors conduire cette opération avec beaucoup de circonspection; en par-

ticulier l'extrapolation par la tangente donne des résultats inférieurs à la réalité.

CHOIX DE LA SECTION DE JAUGEAGE.

Pour obtenir la meilleure précision, étant donné les hypothèses que l'on est amené à faire, il faut opérer dans une section où les filets liquides soient parallèles, portion de cours

rectiligne

rectiligne en amont de la section, sur une distance variant avec la vitesse du courant, le fond étant aussi régulier que possible.

MESURE DE LA VITESSE EN UN POINT.

La vitesse de rotation de l'hélice du moulinet, caractérisée par le temps $\frac{t}{n}$ qui s'écoule entre deux sonneries consécutives, permet, grâce à l'étalonnage de l'appareil, de déterminer la vitesse du courant au point considéré.

Dans la pratique l'intervalle entre deux sonneries représente un nombre de tours défini: 10, 20, 25 ou 50 et on note le temps écoulé pour 2, 4, 6, 8 sonneries ou plus, tout en observant la régularité de la rotation de l'hélice, et cela pendant une minute environ; dans le cas d'un écoulement pulsatif, il faudra noter le nombre de sonneries pendant 2 à 3 minutes.

Des tables donnent directement la vitesse du courant en fonction de la vitesse de rotation de l'hélice.

CHOIX DES POINTS DE MESURE.

La vitesse mesurée en un point est supposée être la vitesse moyenne à travers un rectangle centré sur ce point, aussi, pour éviter tout chevauchement, il convient de répartir ces différents points sur des verticales de mesure et de répartir ces verticales suivant certaines règles.

A/ Répartition des points sur une verticale:

La tige-support graduée, ou le treuil de manœuvre du câble électro-porteur du moulinet permet de mesurer la profondeur suivant la verticale considérée (ou bien un profil en travers préalablement levé).

Une première règle consiste à faire toujours une mesure dite de "surface", l'axe de l'hélice étant à un demi-diamètre de la surface soit "a", et une mesure dite de "fond", l'axe de l'hélice étant

3.

étant alors, par construction, à la distance "b" du fond; la vitesse de surface est appliquée à un rectangle de hauteur 2a et la vitesse de fond à un rectangle de hauteur 2b. (fig.2)

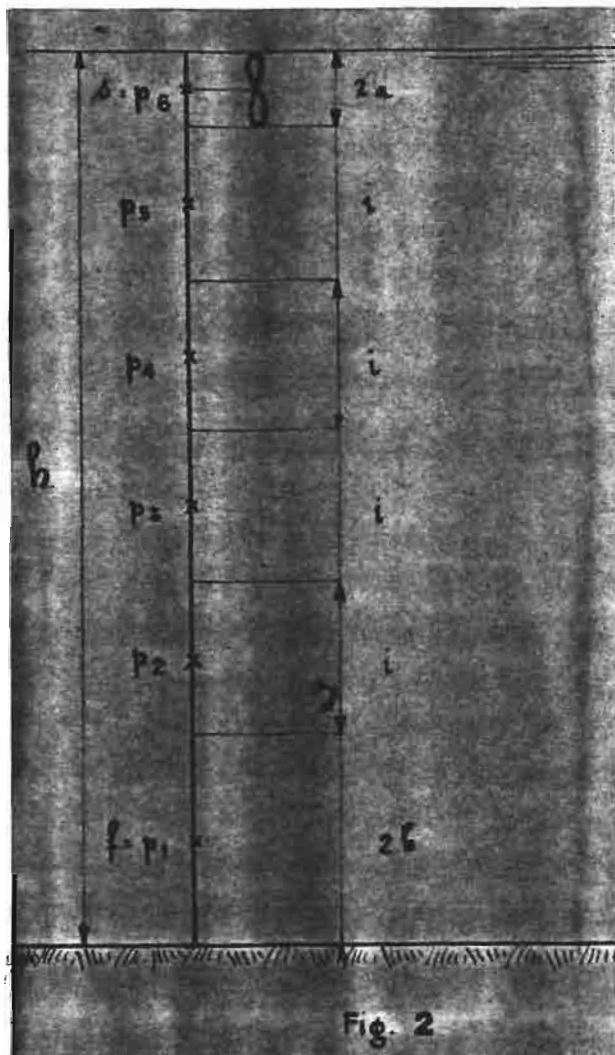


Fig. 2

Sur une profondeur h il reste donc à explorer une zone de hauteur :

$$h - 2(a+b)$$

si on se fixe un nombre total n de mesures à faire sur cette verticale il faut donc répartir (n-2) points.

Pour la simplification des calculs on adopte pour ces points une répartition équidistante, c'est une seconde règle, et l'intervalle i pour valeur :

$$i = \frac{h - 2(a+b)}{n - 2}$$

La cote des points par rapport à la surface est alors :

$$\begin{array}{l} \text{surface :} \\ 2a + 1/2 \\ 2a + 1/2 + i \\ 2a + 1/2 + 2i \\ \hline \end{array}$$

$$\text{fond :} \quad 2a + (n-2)i + b$$

Pratiquement, pour un matériel donné, on peut avoir un tableau donnant en fonction de h : 1°) le nombre de mesures à faire;

2°) la cote des points à partir de la surface; (les mesures se faisant en commençant par le fond)

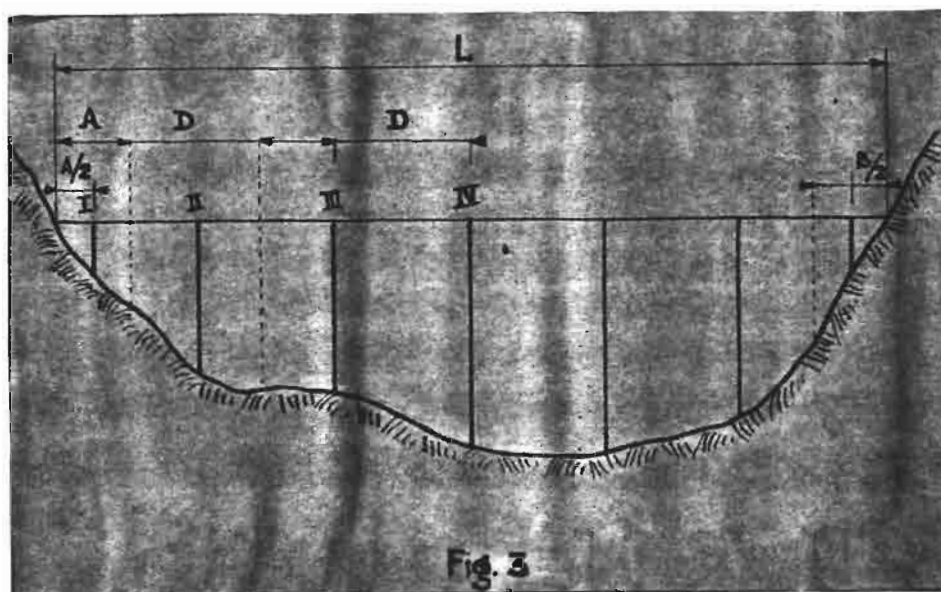
3°) la valeur de i ;

Un jaugeage devant être exécuté dans le délai minimum, surtout en temps de crue, l'utilisation d'un tel tableau est recommandée. (en annexe: tableau pour moulinet OTT N°5011/I "suspendu")

R/

B/ Répartition des verticales:

Les distances $A/2$ et $B/2$ des verticales extrêmes (fig.3) aux rives sont, en général, fixées par des considérations locales



et, si on choisit un nombre N de verticales, l'intervalle entre les verticales intermédiaires est, par analogie avec ce qui précède :

$$D = \frac{L - (A+B)}{N - 2}$$

La distance entre les verticales I et II est :

$$I, II = A/2 + D/2$$

et entre les verticales $(N-1)$ et N :

$$(N-1), N = D/2 + B/2$$

On opère souvent de proche en proche, surtout pour les larges cours d'eau, on matérialise la première verticale à une distance $A/2$ de la rive et on adopte une équidistance D pour les suivantes: on a toujours :

$$I, II = A/2 + D/2$$

$$II, III = D$$

pour la dernière verticale N , lorsque $L < ND/2$ (fig.4), il convient de déterminer l'intervalle D_N

$$(N-1), N = D_N$$

à partir de...

à partir de la mesure de h_0 :

5.

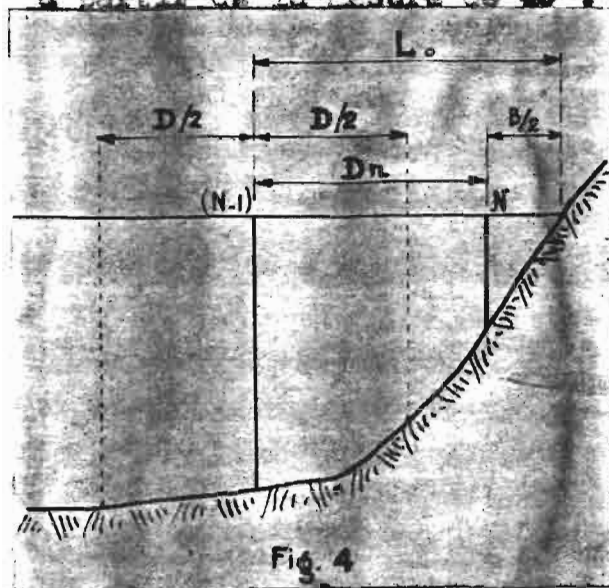


Fig. 4

$$D_n = D/4 + L_0/2$$

On a ainsi déterminé, pour la section, un réseau de points de mesure, chaque point étant caractérisé par l'abscisse de la verticale qui le porte et par la cote mesurée sur cette verticale à partir de la surface.

V Vitesse moyenne :

Le planimétrage de la courbe des vitesses le long d'une verticale (fig.5) permet de déterminer la vitesse moyenne V_m ,

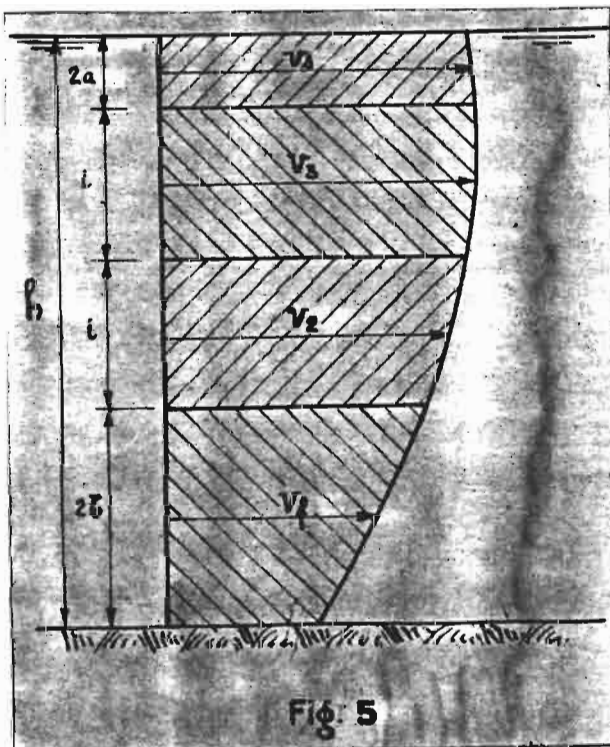


Fig. 5

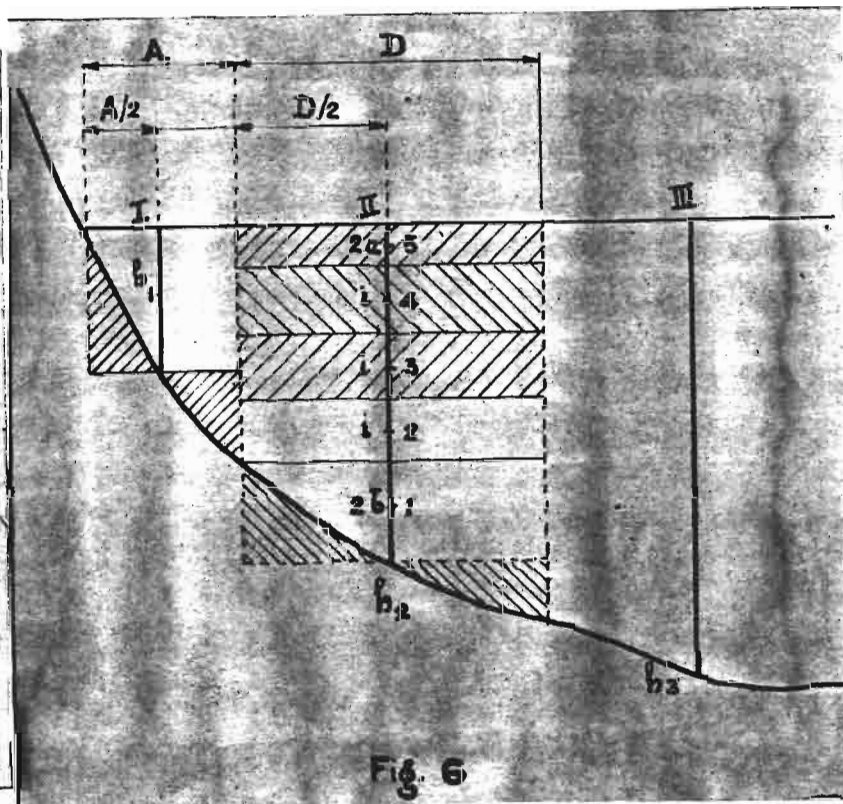


Fig. 6

mais, en assimilant cette courbe à une ligne polygonale, on peut calculer la vitesse moyenne par la formule :

$$V_m = \frac{1}{b} (2aV_s + lV + 2bV_f)$$

sans

sans affecter la précision du gaugage, l'erreur étant de l'ordre de 0,5 % en général par excès.

B/ Débit élémentaire:

Il a été dit que les vitesses mesurées le long d'une verticale étaient appliquées à des rectangles ayant respectivement pour hauteurs $2a, 1$ ou $2b$, (fig. 6) ou, ce qui revient au même que la vitesse moyenne V_n est applicable à un rectangle de hauteur h ; les largeurs de tels rectangles sont A, D ou B en admettant implicitement que la profondeur mesurée au droit d'une verticale est constante de part et d'autre de cette verticale sur une largeur de $A/2, D/2$ ou $B/2$, approximation d'autant plus exacte que le fond varie régulièrement.

Le débit à travers cette section rectangulaire, dit débit élémentaire correspondant à la verticale de rang p est :

$$q = D h_p V_{n_p}$$

C/ Débit total :

La somme des débits élémentaires ainsi calculés représente le débit total cherché :

$$Q = \sum q$$

RÉSULTATS

Lors d'un jaugeage il convient de noter :

1°) les renseignements suivants :

cours d'eau

lieu du jaugeage (croquis de situation, photographie)

date

heures de début et de fin de jaugeage

cotes à l'échelle avant et après les mesures

qualité de l'eau

conditions atmosphériques

matériel utilisé, conditions d'emploi

2°) les mesures effectuées :

aboisse ou numéro des verticales

profondeur au droit de chaque verticale

numéro ou cote des points de mesure

pour chaque point : nombre de sonneries

temps correspondant

3°) les résultats obtenus après dépouillement :

cote moyenne à l'échelle

section mouillée

vitesse moyenne

débit

observations

REMARQUES.A/ Jaugages rapides:

Dans le cas où la précision demandée est moindre, ou plus souvent lorsque les circonstances : temps limité, courant violent rendant l'opération périlleuse, ne permettent pas de nombreux points de mesure, on admet que la vitesse moyenne sur une verticale est la vitesse mesurée aux 6/10 de la profondeur à partir de la surface :

$$V_m = V_{0,6}$$

si on peut aller jusqu'à deux mesures par verticale on admettra :

$$V_m = 1/2 (V_{1/5} + V_{4/5})$$

B/ Mesures près des rives :

Il existe une certaine imprécision dans la mesure près des rives, du fait en particulier de la végétation, de l'irrégularité des berges etc...; on atténue les effets de cette imprécision en faisant les mesures extrêmes assez près des rives (0,75 m par exemple pour D de 3 à 5 m) les débits élémentaires correspondants représenteront peut-être 2 à 3% du débit total, et si l'erreur commise sur ces débits élémentaires est même de 10 %, cela fait moins de 0,5% sur le débit total.

C/ Utilisation de la courbe d'étalonnage d'un appareil:

Les résultats d'étalonnage d'un moulinet peuvent se présenter sous les formes suivantes :

1°) lecture directe de V en fonction du temps pour une sonnerie;

2°) lecture directe de V en fonction du temps pour 2, 4, 6, 8 ou d'avantage sonneries;

3°) correction Δ à ajouter à la vitesse théorique V' pour obtenir la vitesse réelle V d'étalonnage :

$$V = V' + \Delta$$

la vitesse.....

la vitesse théorique étant la forme :

$$V^t = K^t n$$

K^t : pas de l'hélice

n : nombre de tours/sec.

et la vitesse d'étalonnage :

$$V = n_0 + K n$$

n_0 et K étant des constantes.

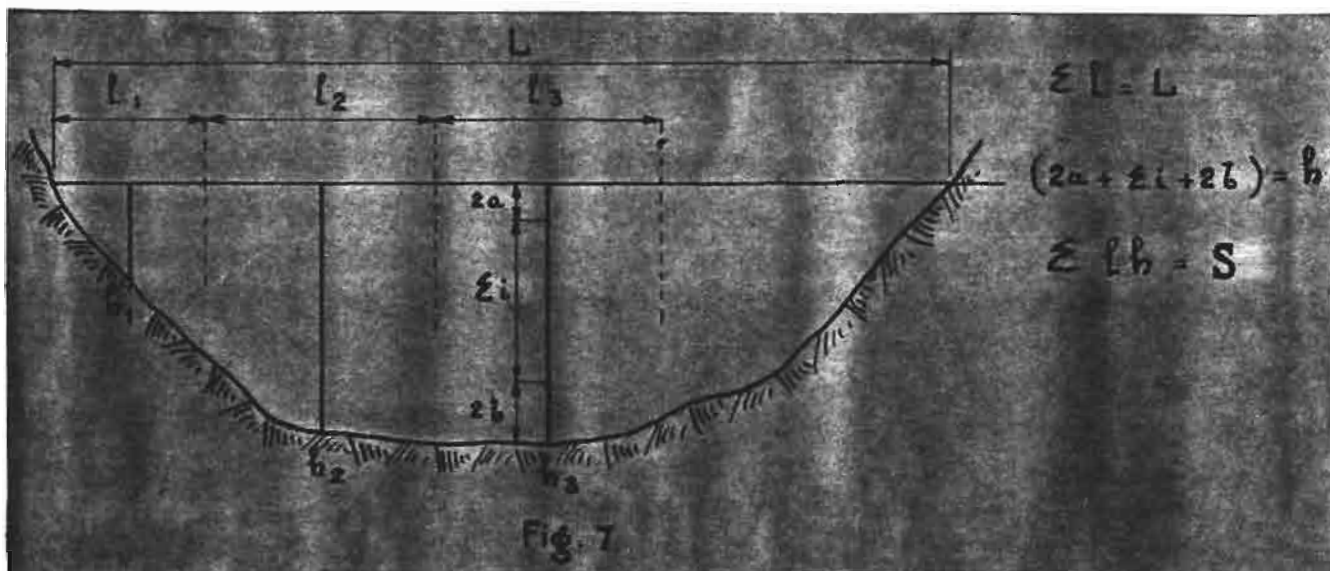
Application de la correction : Δ

Au lieu d'appliquer à la vitesse mesurée à chaque point la correction Δ , on conduit tout le calcul avec la vitesse théorique -possibilité de faire tous les calculs à la règle- et on applique la correction à la vitesse moyenne générale; on a débit théorique :

$$Q^t = V_m^t S$$

débit réel :

$$Q = (V_m^t + \Delta) S$$



En se reportant à la (fig.7) ci-dessus, on voit que la vitesse moyenne théorique est de la forme :

Vitesse

Vitesse moyenne théorique

$$V'_m = \frac{1}{S} \left[\underbrace{\frac{K'}{h_1} (2\alpha n_1 + i_1 \Sigma n_2 + 2b n_3) l_1 h_1}_{N} + \underbrace{\frac{K'}{h_2} (2\alpha m_1 + i_2 \Sigma m_2 + 2b m_3) l_2 h_2 + \dots}_{M} \right]$$

$$V'_m = K' \left(\frac{N l_1 + M l_2 + \dots}{S} \right)$$

Soit $V'_m = K' v$

Vitesse moyenne réelle

$$V_m = \frac{1}{S} \left[\frac{1}{h_1} \left[2\alpha (n_0 + K n_1) + i_1 \Sigma (n_0 + K n_2) + 2b (n_0 + K n_3) \right] l_1 h_1 + \dots \right. \\ \left. + \frac{1}{h_2} \left[2\alpha (n_0 + K m_1) + i_2 \Sigma (n_0 + K m_2) + 2b (n_0 + K m_3) \right] l_2 h_2 + \dots \right]$$

$$V_m = \frac{1}{S} \left[l_1 n_0 (2\alpha + \Sigma i_1 + 2b) + K l_1 \underbrace{(2\alpha n_1 + i_1 \Sigma n_2 + 2b n_3)}_N + l_2 n_0 \dots \right]$$

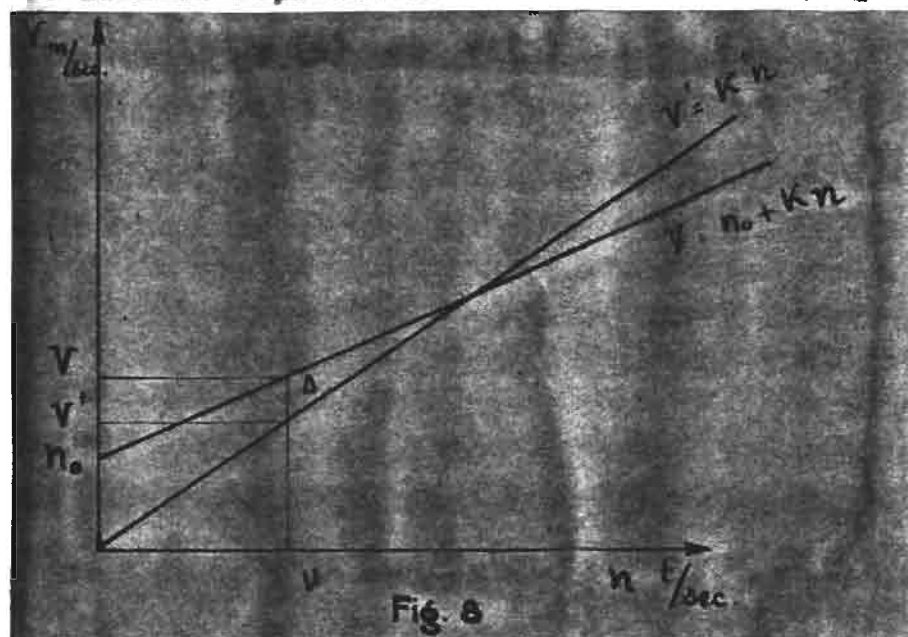
$$V_m = \frac{1}{S} \left[n_0 l_1 h_1 + K l_1 N + n_0 l_2 h_2 + K l_2 M \dots \right]$$

$$V_m = \frac{n_0 (l_1 h_1 + l_2 h_2 + \dots)}{S} + K \frac{(N l_1 + M l_2 + \dots)}{S}$$

$$V_m = n_0 + K \left(\frac{N l_1 + M l_2 + \dots}{S} \right)$$

$$V_m = n_0 + K v$$

sur les courbes représentatives des vitesses (fig. 5) : $V(n)$ et $V'(n)$



on voit que pour la même abscisse n on a bien :

$$V_m = V'_m + \Delta$$

MATRIEL

MATERIEL UTILISE PAR LA MISSION.A/ Appareillage "OTT" :

Moulinet : type V - N° 5011 -

hélice N° 1 à pas de 0,25 m ; diamètre : 13 cm.

hélice - 2 - 0,50 m - 13 cm.

nombre de tours par sonnerie : 10 ou 20 ;

montage possible suspendu à un câble électro-porteur, le moulinet est alors muni d'un gouvernail et d'un poids de lestage de 5 kgs.

Pour ce montage les caractéristiques sont :

$$\begin{array}{l|l} 2a = 13 & 1 = \frac{h - 53}{n - 2} \\ 2b = 40 & \end{array}$$

en annexe: tableau de la répartition des points de mesure en fonction de la profondeur.

La vitesse théorique est en cm/sec. :

(pour n sonneries en t secondes)

hélice N° 1		sonnerie tous les 10 tours: $V^* = 1000 n/4$ l/t		
		-	-	20 - $V^* = 1000 n/2$ l/t
hélice N° 2		-	-	10 - $V^* = 1000 n/2$ l/t
		-	-	20 - $V^* = 1000 n$ l/t

en annexe : tableau de la correction

$$\Delta = V - V^*$$

pour l'hélice N° 1.

Treuil "NEWAN" :

Ce treuil s'adapte sur une tige ovoïde de (70 x 35) en deux éléments de 2,50 m.; sur l'extrémité de cette tige se monte une poulie de renvoi.

Des aiguilles...

Des aiguilles se déplaçant devant un cadran indiquent la pro-

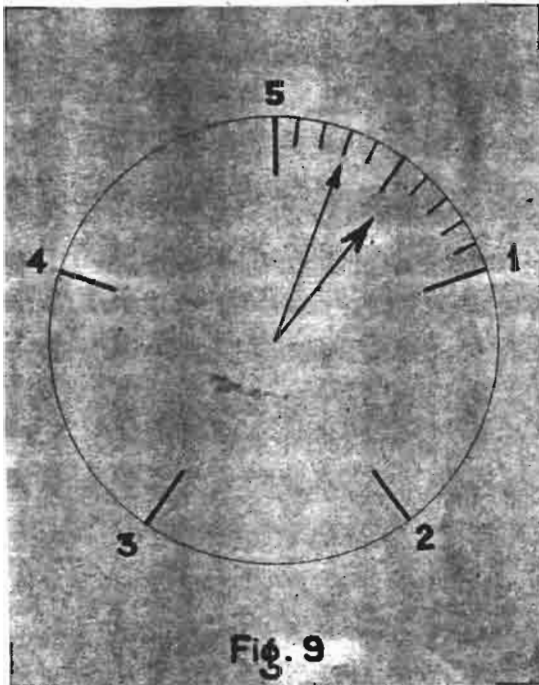


Fig. 9

fondeur (fig.9) :

grande aiguille :

1 division = 1 cm.

1 tour = 50 cm.

petite aiguille :

1 division = 10 cm.

1 tour = 5 m

Ces aiguilles montées à frottement doux peuvent être mises à la position "0" par exemple lorsque l'axe de l'hélice est au niveau de la surface.

Chronographe : (fig.10 & 11)

Cet appareil permet d'enregistrer sur sa bande :

- 1° un signal par seconde donné par une pendule battant la seconde;
- 2° un signal donné, à titre de contrôle, soit par minute, soit à un instant déterminé, par un manipulateur;
- 3° un signal à chaque contact de l'hélice du moulinet.

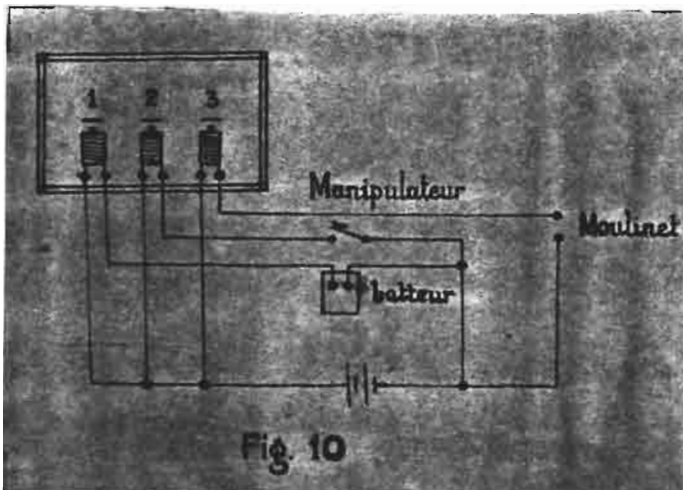


Fig. 10

La vitesse de déroulement de la bande est, théoriquement de 1 cm/sec., on détermine cependant un coefficient de correction c en mesurant sur la bande la longueur l_0 en qui correspond à 60 sec.

$$c = l_0 / 60$$

Le temps t correspondant à n contacts s'obtient en mesurant la longueur

longueur 1 cm. sur la bande :

$$t = 1/c$$

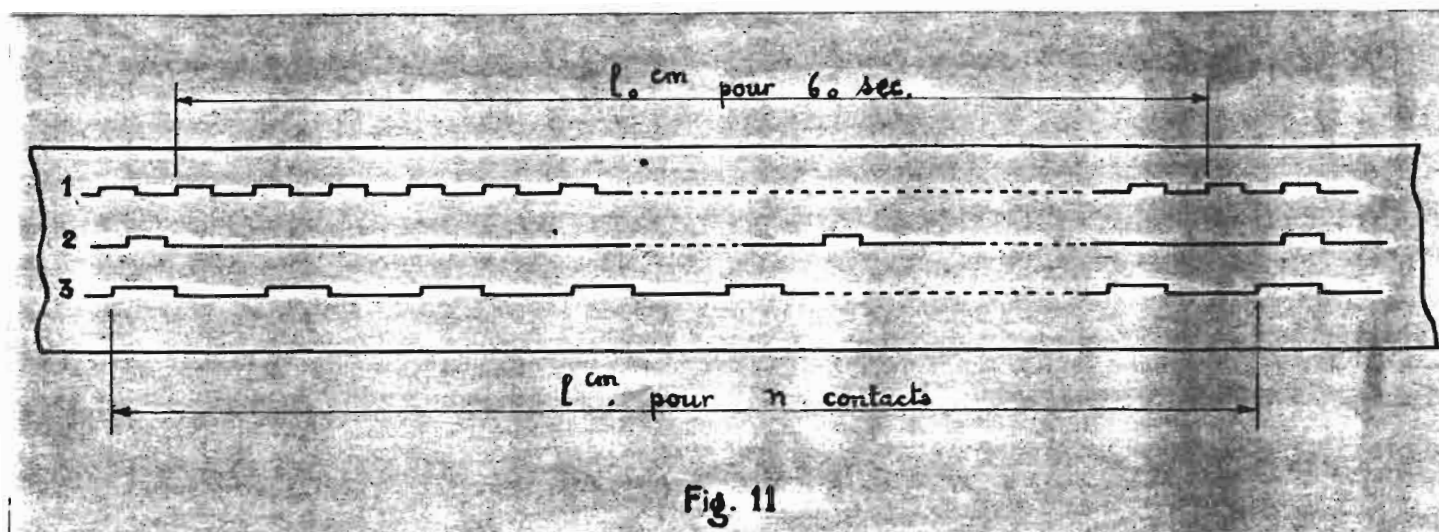


Fig. 11

Pratiquement on opère en supposant $c = 1$; la vitesse théorique est alors : (en cm/sec.)

hélice N°1		contact tous les 10 tours :	$V' = 1000 \text{ n/4 } 1/1$
		- - - 20 - :	$V' = 1000 \text{ n/2 } 1/2$
hélice N°2		- - - 10 - :	$V' = 1000 \text{ n/2 } 1/1$
		- - - 20 - :	$V' = 1000 \text{ n } 1/1$

la vitesse moyenne obtenue à partir de ces vitesses est corrigée par le coefficient de bande c :

$$V'_m \times c$$

et la vitesse réelle est :

$$V_m = (V'_m \times c) + \Delta$$

Le chronographe est un appareil trop fragile et trop lourd pour être transporté en brousse, aussi utilise-t-on plus simplement une sonnerie.

B/ Amarrillage "STOPPANI" :

Moulinet N° 04561 -

hélice à pas de 6,34 m ; diamètre : 15,0 cm.

nombre de tours par sonnerie : 50 ;

cet appareil est muni d'un anneau de garde, diamètre 15 cm. et d'un gouvernail.

montage sur tige ovoïde de (40 x 10) ;

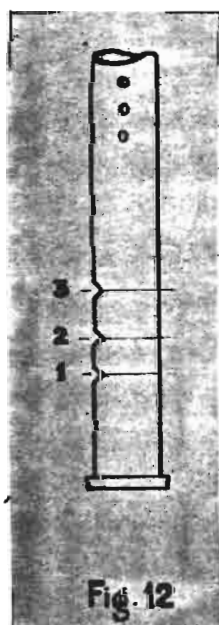
support vertical.

Les caractéristiques de ce moulinet sont :

$$2a = 15$$

la mesure de "surface" se faisant l'anneau de garde tangent à

la surface; sur sa tige le moulinet peut occuper 4 positions :



17 position I (moulinet inversé)			
2b =	37	-	I
	40	-	2
	46	-	3

Le moulinet "STOPPANI" étant employé surtout sur les petits cours d'eau, il n'a pas été fait de tableau de répartition des points de mesure.

En annexe : tableau d'étalonnage de cet appareil.

EXECUTION

EXÉCUTION DES MESURES.A/ Mesures à partir d'un pont ou d'une passerelle: (Photos 1 & 2)

On peut employer l'un ou l'autre des appareils; cependant, dans le cas d'un fort tirant d'eau, ou d'une grande hauteur entre la passerelle et l'eau, il faudra utiliser le moulinet suspendu.

La mesure de la largeur ne présente aucune difficulté, les bords ou les zones d'eau morte peuvent être rappelées au fil à plomb.

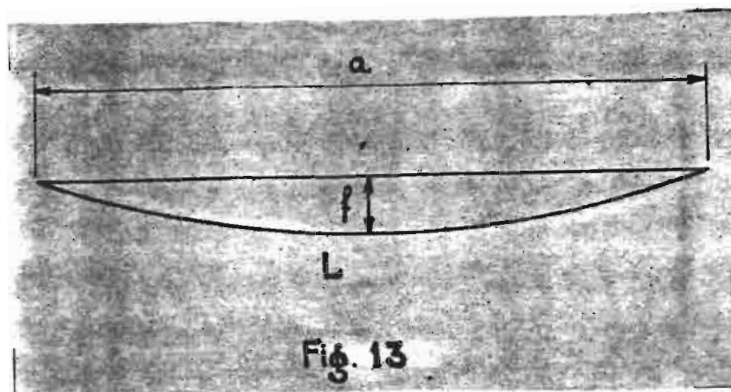
B/ Mesures en pirogue ou canot pneumatique : (Photos 3 à 7)

Le moulinet suspendu est facilement installé en mettant la perche de (70 x 35) en porte-à-faux à l'avant de la pirogue ou du canot.

Les grandes pirogues en bois ou en tôle ont, à vide, un faible tirant d'eau et de plus on peut arriver à installer le moulinet à 3 m en avant. Pour les pirogues très légères ou les canots pneumatiques on ne peut utiliser qu'un seul élément de perche.

La manoeuvre se fait aisément, jusqu'à 150 m de largeur, entre deux cordes parallèles, tendues au moufle en travers du cours d'eau; ces cordes sont maintenues à l'avant et à l'arrière de la pirogue par des bourjanes. Pour la mesure des distances entre verticales et de la largeur du lit, on utilise la corde avant, plus tendue à cet effet; le repérage se faisant par des voyants métalliques numérotés, ou plus simplement par des pinces à linge. L'erreur que l'on commet en mesurant suivant l'arc est négligeable, en effet, si "a" représente la portée en m, "L" la longueur de la corde et "f" la flèche également en m, (fig.13) une formule approchée donne pour valeur de la différence :

$$L - a = \dots\dots$$



$$L - a = \frac{8 f^2}{3 a}$$

le tableau suivant indique la valeur en cm.

$$d = (L-a) 10^2$$

pour quelques cas particuliers :

	d cm.								
f m	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00
50	1,5	3	5	-	-	-	-	-	-
100	-	1,5	5	4	6	-	-	-	-
150	-	-	-	3	4	7	11	16	28

Pour des flèches trop importantes, on pourrait matérialiser les verticales par des fils à plomb, la distance entre verticales étant alors mesurée horizontalement.

Dans le cas de très grandes largeurs, bien que l'opération soit difficile, on immobilise la pirogue à l'aide de perches, et le "point" est fait au tachéomètre à partir de la rive.

M.B. A titre d'indication, pour le transport à dos du matériel, il faut prévoir :

- roulinet "OTT" avec treuil, tiges et accessoires (sans chronographe)
- cordes et nouffes
- canot pneumatique
- tachéomètre et miroirs (éventuellement)

6 bourjanes

4 -

2 -

4 -

16 bourjanes

REMARQUES SUR LA POSE DES ECHELLES.

Au début de cette note, nous avons fait remarquer qu'une courbe de correspondance hauteurs-débits $Q(h)$ en un lieu donné n'avait de valeur qu'autant que le lit était stable au droit de l'échelle.

En brousse, le choix d'une station de jaugeage est souvent conditionné par la présence d'une pirogue à proximité, ou par la possibilité de trouver un observateur pouvant relever quotidiennement la cote à l'échelle; c'est ainsi qu'une station a été choisie sur la BETSIBOKA à ANDROVA, nettement en aval des chutes d'AMBODIROKA.

Cette station a d'ailleurs donné lieu à des déboires que nous croyons bon de signaler à titre d'exemple.

Une échelle fut installée, en effet, le 15 septembre 1948, et, d'après les renseignements recueillis sur place, auprès d'un colon, elle ne devait jamais être "dénoyée"; la largeur du lit au droit de cette échelle est de 434 m. et le fond est sablonneux, comme dans presque tout le cours de la BETSIBOKA en aval d'AMBODIROKA. Ce jour-là, la cote était de 0,27 m. pour un débit de 77 m³/s. Le 8 novembre on jaugeait 79 m³/sec. pour 0,16 m., le lit avait été modifié par une crue le 8 octobre. Au début de décembre le lit a été à nouveau profondément modifié pour une cote de 1,40 m le sable s'est accumulé aux abords de l'échelle, et, à la décrue, la BETSIBOKA coulait à 40 m. environ de là.

Les indications données par cette échelle n'ont aucune valeur, et en pareil cas, on ne peut qu'essayer de trouver une autre station.

Les échelles placées à titre provisoire sont, en général, en bois

en bois point et fixées sur des pieux; des arbres situés en bordure de l'eau ou en surplomb peuvent être utilisés pour maintenir la tête de ces pieux, mais il convient d'éviter de fixer une échelle purement et simplement à un arbre susceptible de croître.

Les échelles provisoires doivent être remplacées le plus rapidement possible par d'autres, en général, métalliques; profilés découpés ou tôle émaillée, solidaires d'un support si possible scellé.

Il faut enfin noter qu'une échelle doit être rattachée à un repère de nivellement ou à un repère particulier; de cette façon, si une crue vient à l'emporter, on pourra, après son remplacement, établir la correspondance entre les relevés anciens et nouveaux et assurer ainsi la continuité dans les observations.

Tananarive, le 18 janvier 1949

signé:

Moulinet "ott" 5011/1

Nombre et position des points de mesure

Moulinet suspendu = $2a = 13$
 $2b = 40$

Cote des points de mesure à partir de la surface

h - profondeur - en cm
 i - intervalle des mesures intermédiaires en cm
 p - position du point de mesure à partir de la surface

h	i	p_1	p_2	p_3	h	i	p_1	p_2	p_3
50	—	↑			63	50	38	↑	
51	—	↓			64	51	39	↓	
52	—	FOND			65	52	39	SURFACE	
53	40	↓			66	53	40	↓	
54	41	34			67	54	40	↓	
55	42	34			68	55	41	↓	
56	43	35			69	56	41	↓	
57	44	35			70	17	↑	22	↑
58	45	36			71	18	↑	22	↑
59	46	36			72	19	FOND	23	↑
60	47	37			73	20	↓	23	↑
61	48	37			74	21	↓	24	↑
62	49	38			75	22	↓	24	↑

h	i	p_1	p_2	p_3	p_4	h	i	p_1	p_2	p_3	p_4
76	23	↑	25	↑		100	23,5	↑	48	25	↑
77	24	↑	25	↑		101	24	↑	49	25	↑
78	25	↑	26	↑		102	24,5	↑	50	25	↑
79	26	↑	26	↑		103	25	↑	50	26	↑
80	27	↑	27	↑		104	25,5	↑	51	26	↑
81	28	↑	27	↑		105	26	↑	52	26	↑
82	29	↑	28	↑		106	26,5	↑	53	26	↑
83	30	↑	28	↑		107	27	↑	54	27	↑
84	31	↑	29	↑		108	27,5	↑	54	27	↑
85	32	↑	29	↑		109	28	↑	55	27	↑
86	33	FOND	30	↑		110	28,5	FOND	56	27	↑
87	34	↑	30	↑		111	29	↑	56	28	↑
88	35	↑	31	↑		112	29,5	↑	57	28	↑
89	36	↑	31	↑		113	30	↑	58	28	↑
90	37	↑	32	↑		114	30,5	↑	59	28	↑
91	38	↑	32	↑		115	31	↑	60	29	↑
92	39	↑	33	↑		116	31,5	↑	60	29	↑
93	20	↑	43	23		117	32	↑	61	29	↑
94	20,5	↑	44	23		118	32,5	↑	62	29	↑
95	21	↑	45	24		119	33	↑	62	30	↑
96	21,5	↑	45	24		120	33,5	↑	63	30	↑
97	22	↑	46	24		121	34	↑	64	30	↑
98	22,5	↑	47	24		122	34,5	↑	65	30	↑
99	23	↑	48	25		123	35	↑	66	31	↑
						124	35,5	↑	67	31	↑

h	i	p_1	p_2	p_3	p_4	h	i	p_1	p_2	p_3	p_4
125	36	↑	67	31	↑	150	32,33	↑	94	61	29
126	36,5	↑	68	31	↑	151	32,66	↑	95	62	29
127	37	↑	69	32	↑	152	33	↑	96	63	30
128	37,5	↑	69	32	↑	153	33,33	↑	96	63	30
129	38	↑	70	32	↑	154	33,66	↑	97	63	30
130	38,5	↑	71	32	↑	155	34	↑	98	64	30
131	39	↑	72	33	↑	156	34,33	↑	99	64	30
132	39,5	↑	72	33	↑	157	34,66	↑	100	65	30
133	40	↑	73	33	↑	158	35	↑	101	65	31
134	27	↑	81	54	27	159	35,33	↑	101	66	31
135	27,33	↑	81	54	27	160	35,66	↑	102	66	31
136	27,66	↑	82	55	27	161	36	↑	103	67	31
137	28	↑	83	55	27	162	36,33	↑	104	67	31
138	28,33	↑	84	55	27	163	36,66	↑	105	68	31
139	28,66	↑	85	56	27	164	37	↑	106	69	32
140	29	↑	86	57	27	165	37,33	↑	106	69	32
141	29,33	↑	86	57	28	166	37,66	↑	107	69	32
142	29,66	↑	87	57	28	167	38	↑	108	70	32
143	30	↑	88	58	28	168	38,33	↑	109	70	32
144	30,33	↑	89	58	28	169	38,66	↑	110	71	32
145	30,66	↑	90	59	28	170	39	↑	111	72	33
146	31	↑	91	60	29	171	39,33	↑	111	72	33
147	31,33	↑	91	60	29	172	39,66	↑	112	72	33
148	31,66	↑	92	60	29	173	40	↑	113	73	33
149	32	↑	93	61	29	174	40,25	↑	119	89	58

h	i	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	h	i	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7
175	30,5	↑	120	89	59	28		200	36,75	↑	142	105	64	31	↑	
176	30,75	↑	121	90	59	28		201	37,00	↑	143	106	64	32	↑	
177	31	↑	121	91	60	29		202	37,25	↑	143	106	69	32	↑	
178	31,25	↑	122	91	60	29		203	37,5	↑	144	107	69	32	↑	
179	31,5	↑	123	92	60	29		204	37,75	↑	145	107	70	32	↑	
180	31,75	↑	124	92	61	29		205	38	↑	146	108	70	32	↑	
181	32	↑	125	93	61	29		206	38,25	↑	147	109	70	32	↑	
182	32,25	↑	126	94	61	29		207	38,50	↑	148	109	71	32	↑	
183	32,5	↑	127	94	62	29		208	38,75	↑	149	110	71	32	↑	
184	32,75	↑	128	95	62	29		209	39	↑	150	111	72	33	↑	
185	33	↑	129	96	63	30		210	39,25	↑	150	111	72	33	↑	
186	33,25	↑	129	96	63	30		211	39,5	↑	151	112	72	33	↑	
187	33,5	↑	130	97	63	30		212	39,75	↑	152	112	73	33	↑	
188	33,75	↑	131	97	64	30		213	40	↑	153	113	73	33	↑	
189	34	↑	132	98	64	30		214	40,25	↑	154	114	73	33	↑	
190	34,25	↑	133	99	64	30		215	40,5	↑	155	114	73	33	↑	
191	34,5	↑	134	99	65	30		216	40,75	↑	156	115	73	33	↑	
192	34,75	↑	135	100	65	30		217	41	↑	157	116	73	34	↑	
193	35	↑	136	101	66	31		218	41,25	↑	157	116	73	34	↑	
194	35,25	↑	136	101	66	31		219	41,50	↑	158	117	73	34	↑	
195	35,5	↑	137	102	66	31		220	41,75	↑	159	117	76	34	↑	
196	35,75	↑	138	102	67	31		221	42	↑	160	118	76	34	↑	
197	36	↑	139	103	67	31		222	42,25	↑	161	119	76	34	↑	
198	36,25	↑	140	104	67	31		223	42,5	↑	162	119	76	34	↑	
199	36,5	↑	141	104	68	31		224	42,75	↑	163	120	76	34	↑	

h	i	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	h	i	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7		
225	43	↑	164	121	78	35	↑		250	39,4	↑	190	151	112	72	33	↑		
226	43,25	↑	164	121	78	35	↑		251	39,6	↑	191	152	112	72	33	↑		
227	43,50	↑	165	122	78	35	↑		252	39,8	↑	192	152	113	73	33	↑		
228	43,75	↑	166	122	79	35	↑		253	40	↑	193	153	113	73	33	↑		
229	44	↑	167	123	79	35	↑		254	40,2	↑	194	154	114	73	33	↑		
230	44,25	↑	168	124	79	35	↑		255	40,4	↑	195	154	114	74	33	↑		
231	44,50	↑	169	124	80	35	↑		256	40,6	↑	196	155	115	74	33	↑		
232	44,75	↑	170	125	80	35	↑		257	40,8	↑	197	156	115	74	33	↑		
233	45	↑	171	126	81	36	↑		258	41	↑	198	157	116	75	34	↑		
234	45,2	↑	172	126	81	36	↑		259	41,2	↑	198	157	116	75	34	↑		
235	45,4	FOND ↓	177	140	104	68	31	↑	260	41,4	FOND ↓	199	158	117	75	34	↑		
236	45,6		↑	178	141	105	68	31	↑	261		41,6	↑	200	159	117	75	34	↑
237	45,8		↑	179	142	105	68	31	↑	262		41,8	↑	201	159	118	75	34	↑
238	46		↑	180	143	106	69	32	↑	263		42	↑	202	160	118	76	34	↑
239	46,2		↑	180	143	106	69	32	↑	264		42,2	↑	203	161	119	76	34	↑
240	46,4		↑	181	144	107	69	32	↑	265		42,4	↑	204	161	119	77	34	↑
241	46,6		↑	182	145	107	69	32	↑	266		42,6	↑	205	163	120	77	34	↑
242	46,8		↑	185	145	108	70	32	↑	267		42,8	↑	206	163	120	77	34	↑
243	47		↑	184	146	108	70	32	↑	268		43	↑	207	164	121	78	35	↑
244	47,2		↑	185	147	109	70	32	↑	269		43,2	↑	207	164	121	78	35	↑
245	47,4	↑	186	147	110	71	32	↑	270	43,4	↑	208	165	122	78	35	↑		
246	47,6	↑	187	148	111	71	32	↑	271	43,6	↑	209	166	122	78	35	↑		
247	47,8	↑	188	149	112	71	32	↑	272	43,8	↑	210	166	123	79	35	↑		
248	48	↑	189	150	113	72	33	↑	273	44	↑	211	167	124	79	35	↑		

Moulinet "ott" 5011/1

Tableau de Correction Δ

$$V = V' + \Delta$$

Helice n° 1 à pas de 0.25 m
n tours/seconde

Vitesse théorique $V = 0.25 n$

Vitesse réelle $\begin{cases} n < 0.47 & V = 0.020 + 0.2318 n \\ n > 0.47 & V = 0.013 + 0.2466 n \end{cases}$

$n \frac{t}{s}$	$V' \frac{m}{s}$	$V \frac{m}{s}$	$\Delta 10^3$	$n \frac{t}{s}$	V'	V	$\Delta 10^3$	$n \frac{t}{s}$	V'	V	$\Delta 10^3$
0.1	0.025	0.043	18	1.3	0.325	0.334	9	2.6	0.650	0.654	4
0.2	0.050	0.066	16	1.4	0.350	0.358	8	2.7	0.675	0.679	4
0.3	0.075	0.089	14	1.5	0.375	0.383	8	2.8	0.700	0.703	3
0.4	0.100	0.113	13	1.6	0.400	0.407	7	2.9	0.725	0.728	3
0.47	0.117	0.129	12	1.7	0.425	0.432	7	3.0	0.750	0.753	3
0.5	0.125	0.136	11	1.8	0.450	0.457	7	3.1	0.775	0.777	2
0.6	0.150	0.161	11	1.9	0.475	0.482	7	3.2	0.800	0.802	2
0.7	0.175	0.186	11	2.0	0.500	0.506	6	3.3	0.825	0.827	2
0.8	0.200	0.210	10	2.1	0.525	0.531	6	3.4	0.850	0.851	1
0.9	0.225	0.235	10	2.2	0.550	0.556	6	3.5	0.875	0.876	1
1.0	0.250	0.260	10	2.3	0.575	0.580	5	3.6	0.900	0.901	1
1.1	0.275	0.284	9	2.4	0.600	0.605	5	3.7	0.925	0.925	0
1.2	0.300	0.309	9	2.5	0.625	0.629	4	3.8	0.950	0.950	0

$n \frac{t}{s}$	$V' \frac{m}{s}$	$V \frac{m}{s}$	$\Delta 10^3$	$n \frac{t}{s}$	V'	V	$\Delta 10^3$				
3.9	0.975	0.975	0	6.2	1.550	1.542	-8				
4.0	1.000	0.999	-1	6.3	1.575	1.567	-8				
4.1	1.025	1.024	-1	6.4	1.600	1.591	-9				
4.2	1.050	1.049	-1	6.5	1.625	1.616	-9				
4.3	1.075	1.073	-2	6.6	1.650	1.641	-9				
4.4	1.100	1.098	-2	6.7	1.675	1.665	-10				
4.5	1.125	1.123	-2	6.8	1.700	1.690	-10				
4.6	1.150	1.147	-3								
4.7	1.175	1.172	-3								
4.8	1.200	1.197	-3								
4.9	1.225	1.221	-4								
5.0	1.250	1.246	-4								
5.1	1.275	1.271	-4								
5.2	1.300	1.295	-5								
5.3	1.325	1.320	-5								
5.4	1.350	1.345	-5								
5.5	1.375	1.369	-6								
5.6	1.400	1.394	-6								
5.7	1.425	1.419	-6								
5.8	1.450	1.443	-7								
5.9	1.475	1.468	-7								
6.0	1.500	1.493	-7								
6.1	1.525	1.517	-8								

Moulinet Stoppani 04561

Tableau d'étalonnage

Helice à pas de 0.34 m
 t_0 sec. pour 1 sonnerie (soit pour 50 tours)
 n tours/seconde

$$n \leq 0,548 \quad V = 0,059 + 0,2457 n$$

$$0,548 < n < 2,500 \quad V = 0,016 + 0,3242 n$$

$$n > 2,500 \quad V = 0,000 + 0,3306 n$$

t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s
3.3	5,009	4.4	3,757	5.5	3,006	6.6	2,505	7.7	2,147
4	4,862	5	3,674	6	2,952	7	2,467	8	2,119
5	4,723	6	3,594	7	2,900	8	2,431	9	2,092
6	4,592	7	3,517	8	2,850	9	2,396	8-	2,066
7	4,468	8	3,444	9	2,802	7-	2,361	1	2,041
8	4,350	9	3,374	6-	2,755	1	2,327	2	2,016
9	4,239	5-	3,306	1	2,710	2	2,295	3	1,992
4-	4,133	1	3,241	2	2,666	3	2,264	4	1,968
1	4,032	2	3,179	3	2,624	4	2,234	5	1,945
2	3,936	3	3,119	4	2,583	5	2,204	6	1,922
3	3,844	4	3,061	5	2,543	6	2,175	7	1,900

t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s
8,8	1,878	10,7	1,545	12,6	1,312	14,5	1,140	15,4	1,008
9	1,857	8	1,531	7	1,302	6	1,132	5	1,002
9-	1,837	9	1,517	8	1,291	7	1,124	6	0,995
1	1,817	11-	1,503	9	1,281	8	1,117	7	0,990
2	1,797	1	1,489	13-	1,271	9	1,109	8	0,985
3	1,777	2	1,476	1	1,262	15-	1,102	9	0,975
4	1,758	3	1,463	2	1,252	1	1,095	17-	0,972
5	1,740	4	1,450	3	1,243	2	1,087	10	0,967
6	1,722	5	1,437	4	1,234	3	1,080	11	0,961
7	1,704	6	1,425	5	1,224	4	1,073	12	0,955
8	1,687	7	1,413	6	1,215	5	1,066	13	0,950
9	1,670	8	1,401	7	1,207	6	1,060	14	0,945
10-	1,653	9	1,389	8	1,198	7	1,053	15	0,939
1	1,637	12-	1,377	9	1,189	8	1,046	16	0,934
2	1,621	1	1,366	14	1,181	9	1,040	17	0,929
3	1,605	2	1,355	1	1,172	16-	1,033	18	0,923
4	1,589	3	1,344	2	1,164	1	1,027	19	0,918
5	1,574	4	1,333	3	1,156	2	1,020	20	0,913
6	1,559	5	1,322	4	1,148	3	1,014	21	0,908

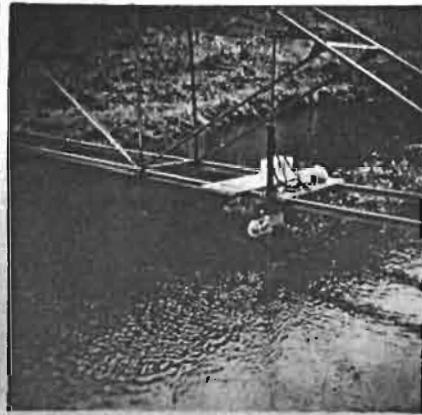
t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s
18,3	0,903	20,2	0,818	23,2	0,715	27-	0,616	31-	0,539
4	0,898	3	0,814	4	0,709	2	0,612	2	0,536
5	0,894	4	0,811	6	0,703	4	0,608	4	0,532
6	0,889	5	0,807	8	0,697	6	0,603	6	0,529
7	0,884	6	0,803	24-	0,691	8	0,599	8	0,526
8	0,879	7	0,799	2	0,686	28-	0,595	32-	0,523
9	0,875	8	0,795	4	0,680	2	0,591	2	0,519
19-	0,870	9	0,792	6	0,675	4	0,587	4	0,516
1	0,865	21-	0,788	8	0,670	6	0,583	6	0,513
2	0,861	2	0,781	25-	0,664	8	0,579	8	0,510
3	0,856	4	0,773	2	0,659	29-	0,575	33-	0,507
4	0,852	6	0,766	4	0,654	2	0,571	2	0,504
5	0,848	8	0,760	6	0,649	4	0,567	4	0,501
6	0,843	22-	0,753	8	0,644	6	0,564	6	0,498
7	0,839	2	0,746	26-	0,639	8	0,560	8	0,496
8	0,835	4	0,740	2	0,635	30-	0,556	34-	0,493
9	0,831	6	0,733	4	0,630	2	0,553	2	0,490
20-	0,826	8	0,727	6	0,625	4	0,549	4	0,487
1	0,822	23-	0,721	8	0,621	6	0,546	6	0,484
						8	0,542	8	0,482

t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s	t_0/s	Vm/s
35-	0,479	45-	0,376	64	0,269	125	0,157	500	0,084
5	0,473	5	0,372	66	0,262	130	0,153		
36	0,466	46	0,368	68	0,254	135	0,150		
5	0,460	5	0,365	70-	0,248	140	0,147		
37	0,454	47	0,361	72	0,241	145	0,144		
5	0,448	48	0,354	74	0,235	150	0,141		
38	0,443	49	0,347	76	0,229	155	0,138		
5	0,437	50-	0,340	78	0,224	160	0,136		
39	0,432	51	0,334	80-	0,221	165	0,133		
5	0,426	52	0,328	82	0,214	170	0,131		
40-	0,421	53	0,322	84	0,209	175	0,129		
5	0,416	54	0,316	86	0,204	180	0,127		
41	0,411	55	0,311	88	0,200	200-	0,120		
5	0,407	56	0,305	90-	0,196	220	0,116		
42	0,402	57	0,300	95	0,188	240	0,110		
5	0,397	58	0,295	100-	0,182	260	0,106		
43	0,393	59	0,291	105	0,176	280	0,103		
5	0,389	60-	0,286	110	0,171	300-	0,100		
44	0,384	61	0,282	115	0,166	350	0,094		
5	0,380	62	0,277	120	0,161	400	0,090		

secondes
sonneries

$t_0 = \frac{t}{n}$

MOULINET "STOPPANI" N° 0456I



-1-

Montage sur passerelle
démontable

La MANDRAKA au P.K. 68,68
Route de TAMATAVE

1e 22/8/48 - $Q = 1,37 \text{ m}^3/\text{s}$.



-2-

Montage sur passerelle
de fortune

La BESOKATRA à JOFFREVILLE,

1e 23/10/48 - $Q = 325 \text{ l/s}$.

MOULINET "OTT" N° 5011/I "suspendu"



-3-

Montage sur pirogue en bois
L'IKOPA à BEVOMANGA

1e 24/8/48 - $Q = 31,2 \text{ m}^3/\text{s}$.



-4-

Montage sur pirogue
métallique lourde
La VOHITRA à ROGEZ

1e 30/11/48 - $Q = 95,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

MOULINET "OTT" N° 50II/I "suspendu"



- 5 -

Montage sur pirogue
légère de 3 m.

La VAHARINA-SUD à
TSIAZOMPANIRY

le 27/8/48 - Q = 5,6 m³/s.



- 6 -

Montage sur canot
pneumatique

L'ONIBE à MITANONOKA

le 23/II/48 - Q = 9,6 m³/s.



- 7 -

Manoeuvre de la pirogue à la main ou à la perche
- Point au tachéomètre -

La BETSIBOKA à ANDROVA, le 15/9/48 - Q = 77 m³/s.

Jaugeage des cours d'eau : note sur l'emploi des moulinets

Paris : EDF, 1948, 19 p. multigr.