

54
DOCUMENTATION

LE CERCLE HYDROGRAPHIQUE

(par J. CALLEDE)

Dérivé du sextant, cet instrument est le seul utilisable à bord des embarcations de jaugeage, pour mesurer les distances angulaires (donc les distances à la rive) lorsqu'il n'est plus possible - portée supérieure à 300 m - de passer un câble.

A - DESCRIPTION (figures 1 et 2)

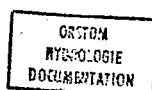
Le principe du cercle consiste en la double réflexion des rayons lumineux d'abord sur un miroir fixe ("petit miroir") solidaire du limbe, puis sur un mobile ("grand miroir") monté sur l'alidade. Le déplacement de l'alidade permet de mettre en coïncidence les images des deux balises dont on veut mesurer la distance angulaire. L'instrument étant avant tout un instrument de marine, seule la division sexagésimale (degrés) est utilisée.

A cet effet, sur les anciens cercles, un double vernier était disposé sur l'alidade. Peu commode et source fréquente d'erreurs, ce système a été avantageusement remplacé par un système de crémaillère et vis tangente. Un tour de vis représente une avancée de l'alidade égale à un degré lu (en réalité 1/2 degré puisque si le miroir tourne d'un angle α , l'image tourne d'un angle 2α). L'appoint en minutes est directement lu sur le tambour de la vis.

Il existe deux types de cercle :

- l'un, dit "cercle normal", est peut-être plus commode d'emploi, mais il ne permet pas d'observer des distances angulaires supérieures à 160°,
- l'autre, appelé "cercle à 180°", peut mesurer une distance angulaire de 180°, ce qui est parfois utile pour vérifier son alignement sur la section de jaugeage. (cercle RICARD).

.../2



24 JUL. 1992

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 33534
Cote B

71522

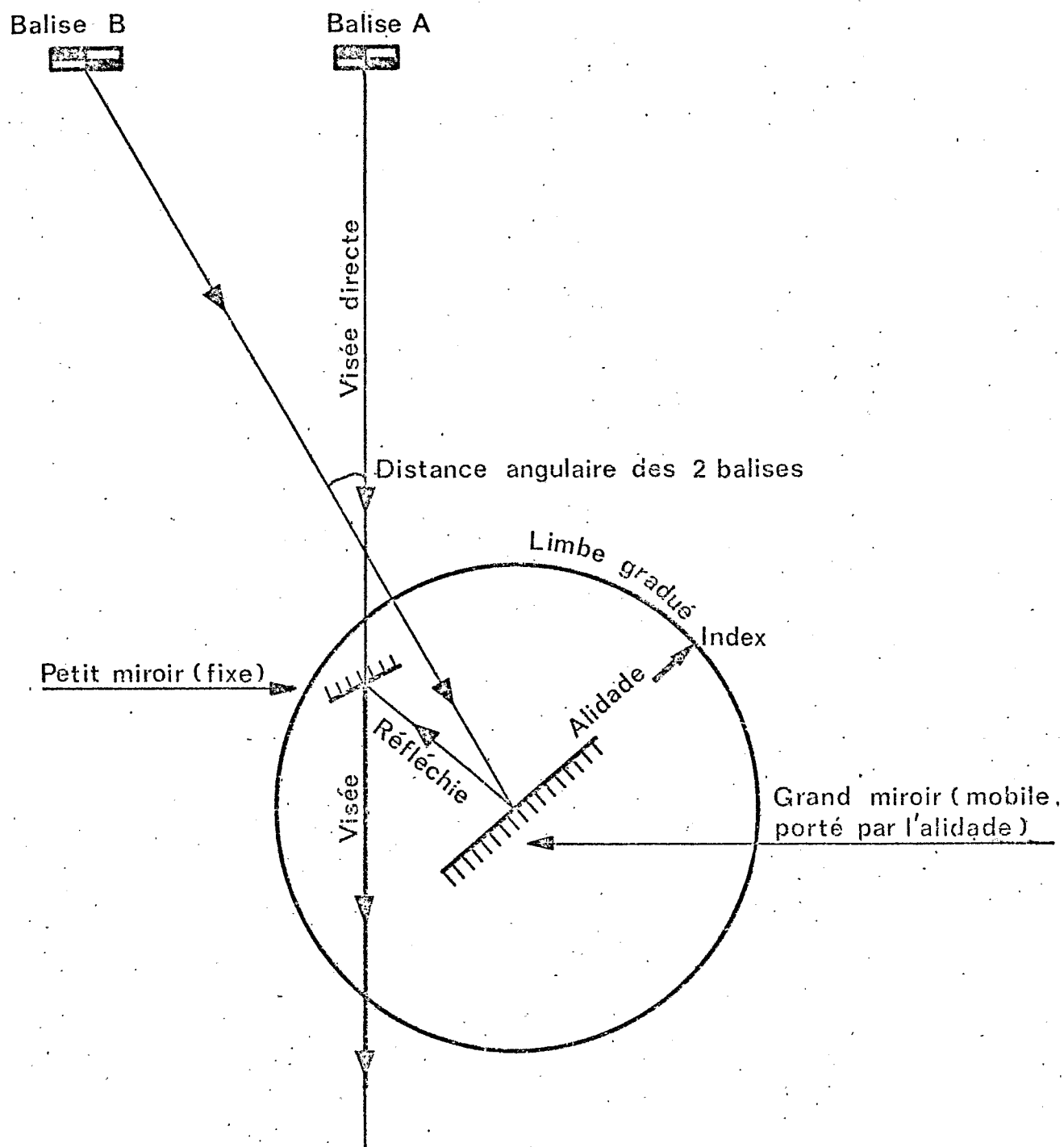


Fig-1_ Cercle hydrographique . Schéma de principe

Pour relevés de 0 à 180°

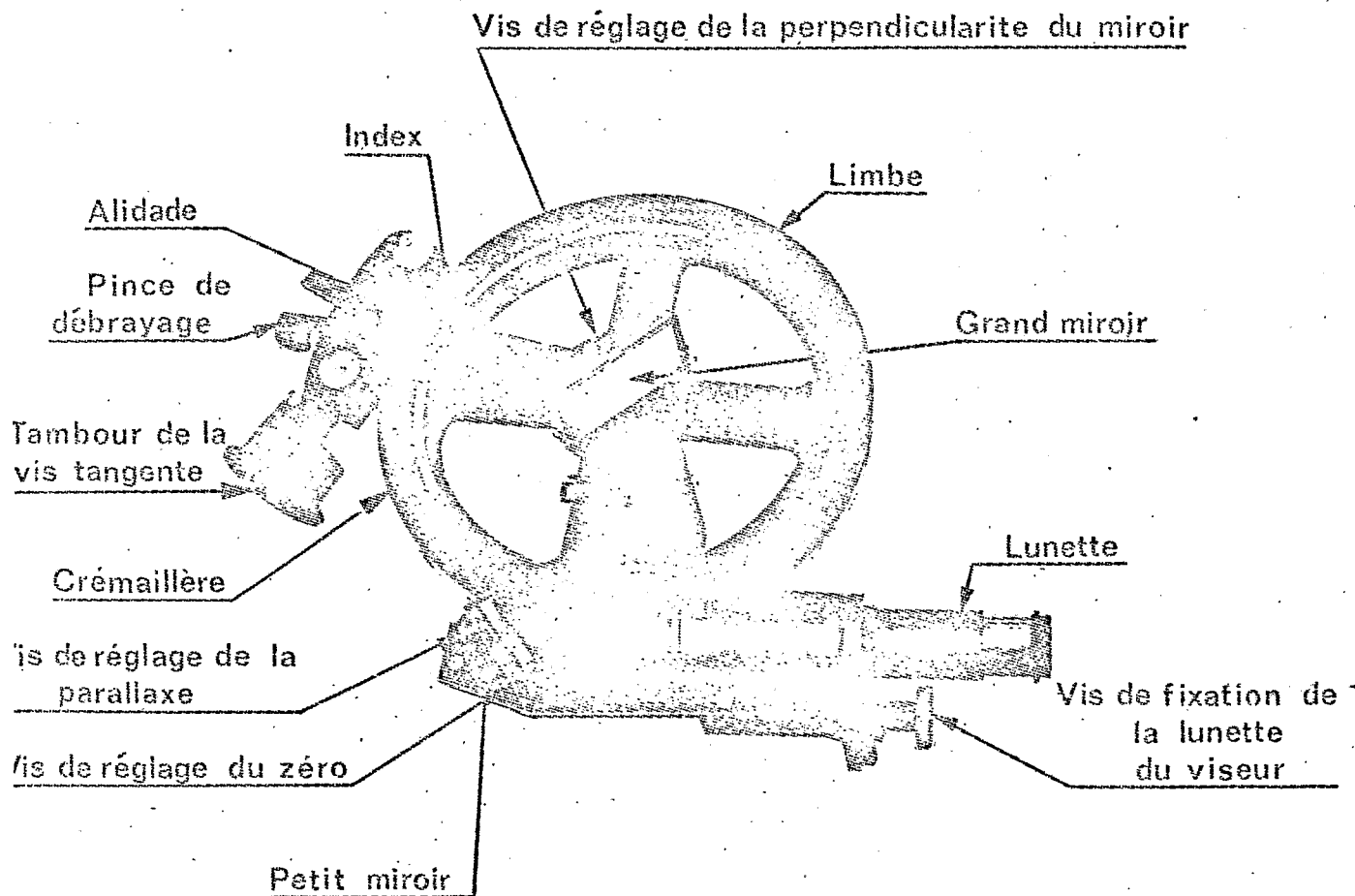


Fig- 2. CERCLE HYDROGRAPHIQUE

Les cercles hydrographiques (de tous types) sont généralement munis des accessoires suivants :

- viseur,
- lunette de GALILEE (donnant une image droite),
- deux équerres de réglage du grand miroir,
- une broche ou une clé de réglage,
- écrans solaires (sans utilité pour les Hydrologues),
- parfois : miroirs de rechange, tournevis, etc...

B - EMPLOI

- 1 - Monter la lunette (ou le viseur) de telle sorte que l'axe optique passe approximativement sur le sommet du petit miroir (c'est-à-dire que le champ de la visée directe se superpose au champ de la visée réfléchie).

Mettre au point en tirant sur le tube oculaire, en visée directe sur les balises.

- 2 - L'instrument étant supposé réglé, viser la balise de droite en visée directe. Débloquer l'alidade. Amener l'image de la balise de gauche dans le champ du petit miroir en manoeuvrant l'alidade. Bloquer l'alidade et tourner la vis tangente jusqu'à obtenir la coïncidence des deux balises (fig. 3).

Les lectures sont faites sur les graduations blanches jusqu'à 130° (balise de droite en visée directe, image balise de gauche). Pour les angles supérieurs à 130° (visée directe sur la balise de gauche, image balise de droite). Lecture sur graduations jaunes.

- 3 - Lire le nombre de degrés en face de l'index, le complément en minutes sur le tambour. Attention, si la graduation du limbe en face de l'index est de couleur jaune, l'appoint se lit sur les graduations du tambour, également de couleur jaune. Si les graduations du limbe sont de couleur blanche, l'appoint se lit sur les graduations blanches du tambour.

L'emploi du cercle et, en particulier la réalisation de la coïncidence nécessite, pour un débutant, un entraînement préalable de quelques heures. L'opération n'est pas évidente et l'on confond assez facilement les balises ! Le viseur, sans optique, est excellent

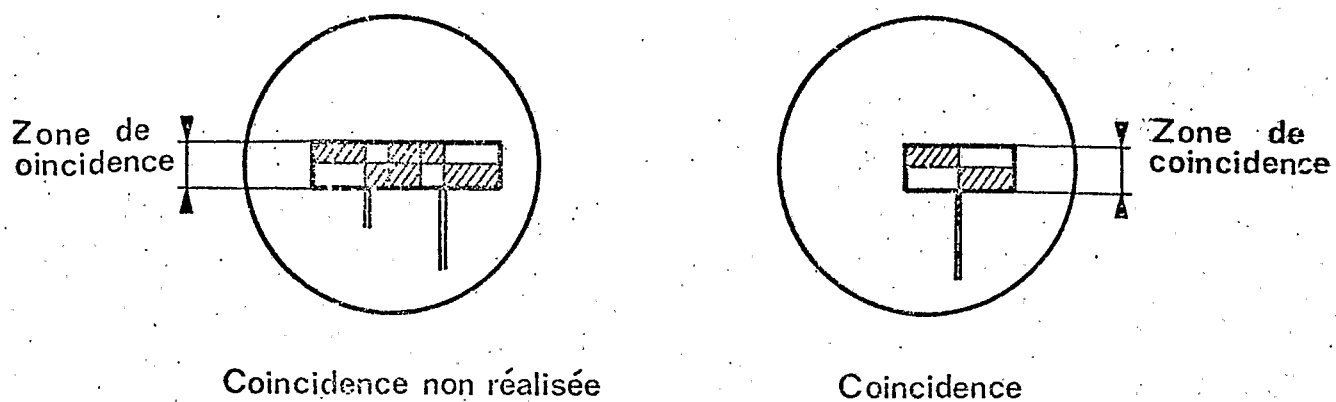


Fig-3_ Observations dans la lunette

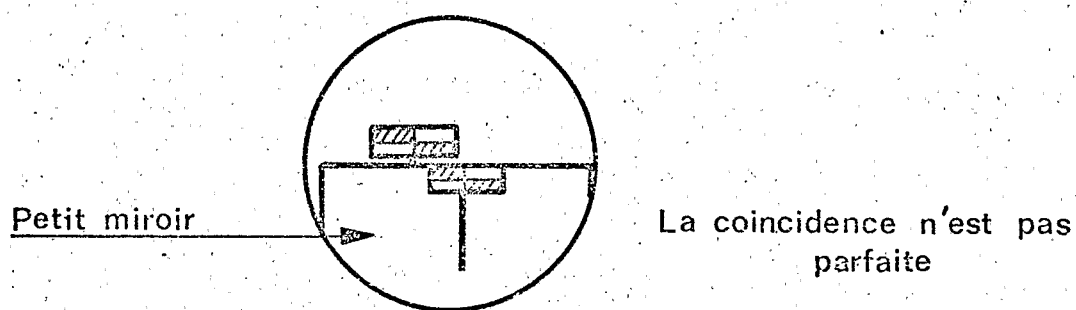


Fig-4_ Observation dans le viseur

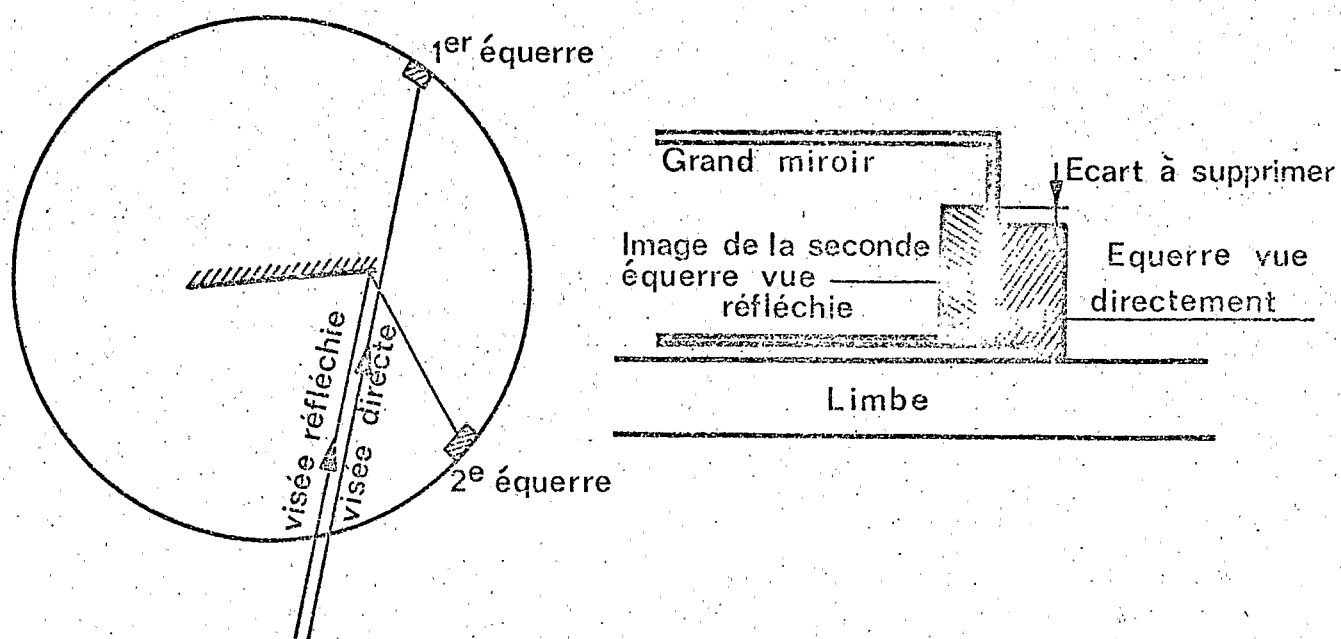


Fig-5_ Réglage de la perpendicularité du grand miroir

pour cet apprentissage. La lunette est à utiliser par la suite : le petit miroir étant très proche de l'objectif, son arête supérieure est vue floue dans la lunette, réglée sur les balises. Dans ce que nous appellerons la zone de coïncidence, correspondant à la vision de cette arête, on observe en superposition les images directe et réfléchie.

Précision de l'appareil : 1 minute sexagésimale environ.

C - REGLAGES

Les réglages suivants sont à effectuer, dans l'ordre, avant toute opération de jaugeage au cercle :

Cercle "180°" (RICARD)

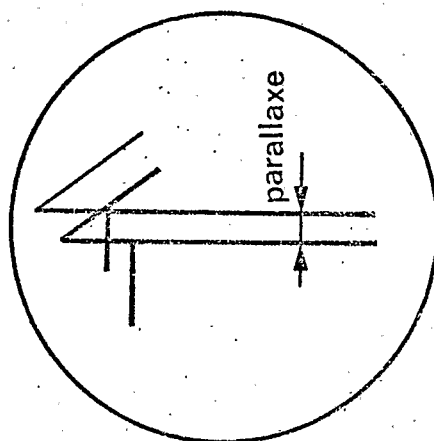
1 - Vérification et réglage de la perpendicularité du grand miroir par rapport au limbe :

- Disposer les deux équerres de réglage sur le limbe de telle sorte que l'une soit vue (en visée réfléchie) dans le grand miroir, l'autre étant vue directement sur le bord du grand miroir (ne pas utiliser ni viseur ni lunette) comme indiqué fig. 5.

Les sommets des équerres doivent être dans le prolongement l'une de l'autre. En cas contraire, annuler l'écart en agissant sur la vis de réglage située derrière le grand miroir.

2 - Vérification et réglage de la parallaxe :

- Monter la lunette,
- Mettre l'alidade à 0 (index et tambour), viser une ligne à peu près horizontale (toiture, fenêtre, etc...) et voir cette ligne dans la zone de coïncidence (fig. 6) : il y a parallaxe si cette ligne se dédouble.
- Annuler la parallaxe en agissant sur la vis ad hoc située derrière le petit miroir (fig. 7).



Observation d'un bas de
toiture

Fig-6_ Réglage de la parallaxe

Vis de réglage de la
parallaxe

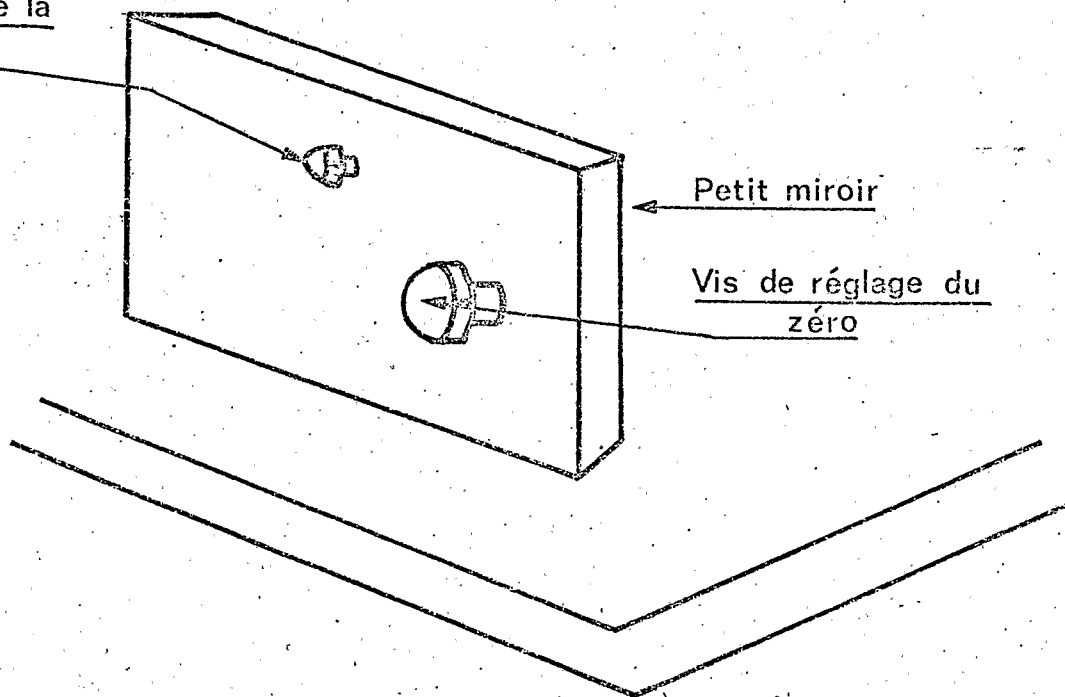


Fig-7_ Vis de réglage du petit miroir

3 - Vérification et réglage du zéro (TRES IMPORTANT)

Cette opération est à effectuer très souvent, toutes les cinq ou six mesures.

- Mettre l'alidade à zéro, très soigneusement (index et tambour),
- Viser une balise ou un objet éloigné (au moins 2 km) ; bien net. Il doit normalement y avoir coïncidence des deux images directe et réfléchie de l'objet.
- Sinon, agir sur la vis de réglage du zéro, située derrière le petit miroir (fig. 7).

Il est également possible de noter l'erreur instrumentale et d'en tenir compte dans les calculs. La pratique a montré que ce procédé était source d'erreurs et qu'il était bien plus commode de régler le zéro et de vérifier fréquemment ce réglage.

Cercle "normal"

- 1 - Monter sur l'appareil la lunette à fort grossissement, mettre l'instrument en position d'observation.
 - Placer sur le limbe un viseur (petite équerre se trouvant dans le coffret) de manière à voir directement par derrière le grand miroir, placer ensuite le deuxième viseur en tâtonnant de manière à le voir par réflexion.
 - Les deux bords supérieurs des viseurs doivent se trouver en ligne droite ; dans le cas contraire, on rectifie la position au moyen de la clé de réglage et de la vis qui se trouve derrière le support du grand miroir.
- 2 - Le grand miroir étant rectifié, mettre l'alidade au zéro de la graduation du limbe. Ensuite faire coïncider les images par la rectification du petit miroir. Viser directement l'horizon du fleuve (toiture, jalon vertical ou poteau électrique) assez éloigné.

- a) Par les deux vis à trous et la broche de réglage, pour faire coïncider les images dans un plan vertical (cercle horizontal)
- b) Par la vis se trouvant sur le support du petit miroir et derrière la boîte à miroir, pour amener la coïncidence dans le plan horizontal (cercle vertical).

Lecture du cercle "Lorieux Lepetit"

- 1 - Lire sur la graduation du limbe le nombre de degrés entiers en face du plus grand trait gravé situé à gauche du zéro de l'alidade dans le cas où l'on utilise la région du limbe à graduation croissante de gauche à droite. (voir fig. 1).
- 2 - Lire éventuellement, toujours sur le limbe, (dans le cas de la fig. 2) le demi-degré (30 minutes) qui s'y ajoute lorsque le zéro de l'alidade a dépassé le petit trait gravé qui sépare deux grands traits toujours dans le cas d'une lecture dans la même région du limbe.
- 3 - Lire sur le vernier le nombre de minutes qui s'y ajoutent en face du trait gravé de la graduation du vernier exactement aligné avec un trait de la graduation du limbe. Cette lecture est faite dans le même sens de croissance (vers droite ou vers gauche) qu'on a utilisé dans la lecture sur le limbe.

D - ENTRETIEN

Le cercle hydrographique est un instrument de grande précision, qui doit être traité comme tel. L'appareil étant sensible aux chocs, le manipuler avec beaucoup de précautions.

Les miroirs doivent être constamment propres, les nettoyer si besoin est à l'eau savonneuse et les essuyer avec un linge doux.

Ne jamais graisser ni huiler la crémaillère, mais enlever, avec une curette en bois, tout cambouis ou dépôt.

Les balises R1, P2, R2 et P2 sont situées sur la section de jaugeage et permettront l'alignement à vue du bateau. Les balises A et B formant avec R1 un alignement perpendiculaire à la section, et C et D formant avec R2 un autre alignement de même disposition sur l'autre rive, permettront de déterminer quatre distances :

$$MR1 = R1A \cotg a$$

$$MR1 = R1B \cotg b$$

$$MR2 = R2C \cotg c$$

$$MR2 = R2D \cotg d$$

$$MR1 + MR2 = R1R2 = \text{constante.}$$

Pour éviter des fautes d'observation et de calcul, les distances des bases (R1A, R1B, R2C, R2D) doivent être différentes les unes des autres. Les calculs peuvent être faits directement à la règle à calcul, au fur et à mesure.

Un tel balisage permet de multiples contrôles.

La mise en place des balises s'effectue au théodolite (parfois), au niveau à lunette s'il possède un cercle gradué (le plus souvent), au cercle hydrographique.

Les distances seront mesurées soit directement au ruban de 20 ou de 50 m, soit en utilisant une mire avec le théodolite ou le niveau.

2 - Précision à attendre de la méthode

En admettant les angles mesurés avec une précision de une minute, l'erreur à craindre sur la détermination de la distance est fonction de la longueur des bases :

Si K est le rapport entre la longueur de la base (AB) et la distance à mesurer (MR1), nous avons :

Précision

$$K = \frac{AB}{MR1}$$

$$K = \frac{1}{5} \dots\dots\dots \pm 0,16 \% \text{ soit } \pm 1,6 \text{ m sur } 1\ 000 \text{ m}$$

$$K = \frac{1}{10} \dots\dots\dots \pm 0,29 \% \text{ soit } \pm 2,9 \text{ m sur } 1\ 000 \text{ m}$$

$$K = \frac{1}{20} \dots\dots\dots \pm 0,58 \% \text{ soit } \pm 5,8 \text{ m sur } 1\ 000 \text{ m}$$

La longueur de la base ne doit pas être inférieure au 1/10 de la distance entre berges. Une amélioration de la précision peut être obtenue en mesurant au théodolite ou au niveau à lunette (s'il a un cercle) la distance angulaire entre les balises lors de la pose ou de la dépose du balisage (en stationnant en R1 ou R2), ce qui détermine la distance R1, R2 avec une meilleure précision.

La précision sur la mesure de la base intervient également. Une base de 100 m, mesurée au ruban est connue avec une précision du 1/2 000 soit ± 5 cm. Si la distance entre rives est de 1 000 m, la distance sera connue avec une erreur d'échelle de ± 50 cm, soit 0,05 %.

Une telle base mesurée à la stadia (théodolite, niveau à lunette) n'est connue qu'avec une précision de l'ordre de ± 20 cm. L'erreur d'échelle est alors de 0,2 % soit 2 m sur 1 000 m.

La mesure étant au moins doublée, la précision à espérer dans l'emploi du cercle est donc finalement :

$K = \frac{1}{D}$	Mesure de la base	P r é c i s i o n	
		en %	sur une distance de 1 000 m
$K = \frac{1}{5}$	ruban stadia	$\pm 0,12$	$\pm 1,2$ m
		$\pm 0,24$	$\pm 2,4$ m
$K = \frac{1}{10}$	ruban stadia	$\pm 0,17$	$\pm 1,7$ m
		$\pm 0,25$	$\pm 2,5$ m
$K = \frac{1}{20}$	ruban stadia	$\pm 0,42$	$\pm 4,2$ m
		$\pm 0,42$	$\pm 4,2$ m

Lorsque le terrain n'est pas parfaitement plat, la mesure au ruban est souvent moins précise que la mesure stadimétrique.

Si le calcul des distances n'est pas fait sur le terrain, effectuer une série de mesures d'angles à partir de P2, de AR1 et R1B.

Ramenées à la balise R1, nous avons :

$$MR1 = \epsilon'. \operatorname{ctg} a - m \quad \text{ou} \quad MR1 = \frac{\epsilon'}{\operatorname{tg} a} - m$$

$$MR1 = f'. \operatorname{ctg} b + n \quad \text{ou} \quad MR1 = \frac{f'}{\operatorname{tg} b} + n$$

$$\text{avec } \epsilon' = e. \sin s$$

$$f' = f. \sin t$$

$$m = e. \cos s$$

$$n = f. \cos t$$

ces quatre paramètres étant calculés une fois pour toutes avant de commencer le jaugeage. L'appoint (m, n) est positif si l'angle (MR1 balise) est inférieur à 90° (cas de la balise B), négatif s'il est supérieur (cas de la balise A).

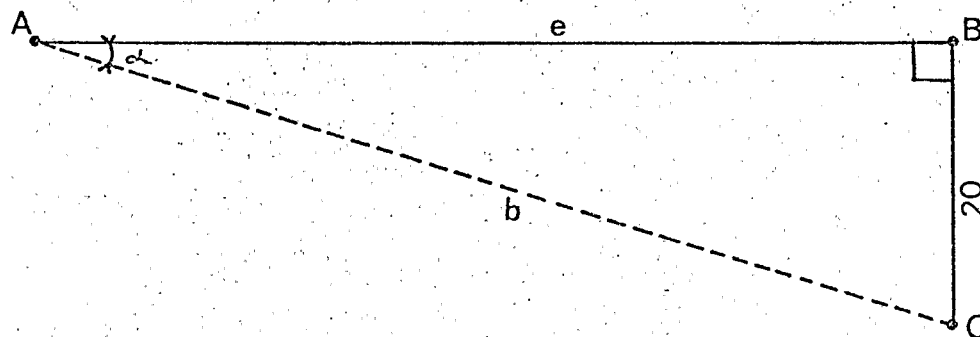
Quand la distance à mesurer entre les balises est trop grande pour la mesure directe à la stadia,

exemple : A à B séparée par de l'eau.

à partir d'une des 2 balises, élever une perpendiculaire en B au 2 balises, la mesurer très précisément (longueur de la chaîne) - 20 mètres - implanter une 3ème balise C.

De la balise A, prendre l'angle et calculer la longueur AB.

$$AB = \frac{BC}{\operatorname{tang} A}$$



Le balisage étant terminé, monter le matériel de jaugeage sur le bateau, passer sur la rive opposée au balisage. A terre sur la rive opposée se mettre dans l'alignement des R1 et P2, viser les balises AR1 (a) et R1B (b), calculer les distances R2 à R1 avec les angles a et b. En cas d'écarts de distance supérieurs à 0,5 %, vérifier les paramètres du balisage.

Il est indispensable de calculer, au fur et à mesure du jaugeage, les deux distances à la rive avec une règle à calcul. En cas de désaccord supérieur à 0,5 %, le zéro du cercle est vérifié et les mesures recommencées.

Dans le cas où une des deux balises d'alignement (R1 ou P2) n'est plus visible, nous réglerons le cercle sur 180° et alignerons le bateau sur la section à l'aide du cercle : l'alignement sera correct lorsque la balise R1 ou P2 sera en coïncidence avec la balise R2 ou naturelle de la rive inaccessible.

La précision sur la position est, bien sûr, un peu moins bonne. Avec $K = 1/10$ et une mesure des bases à la stadia, elle sera de l'ordre de 0,4 % ce qui demeure très acceptable.

Un tel système permet également d'utiliser un balisage naturel (angles de constructions) donc permanent. Tel est le cas de la section de jaugeage de l'OUBANGUI à BANGUI. Néanmoins, dans pareil cas, la détermination des paramètres de balisage demande un relevé topographique particulier, bien souvent calé sur le réseau topométrique local.

4 - Confection des Balises

Les balises peuvent être confectionnées de manières diverses. Il importe seulement qu'elles soient bien visibles. Au TCHAD, nous employons de vieilles mires parlantes. En REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE, pour ne pas trop encombrer le véhicule, nous utilisons des tubes d'acier (tube électricité) de 20 mm de diamètre environ, et de 3 m de long, sur lesquels nous fixons un panneau en contre-plaqué peint en blanc et rouge (fig. 8). La fixation du panneau sur le tube s'effectuait à l'aide de colliers, vis, boulons trouvés dans le commerce local.

5 - Courtes distances

Dans certains cas, il n'est plus possible d'effectuer les observations sur les balises lorsque nous nous rapprochons de la rive où elles sont installées : la forêt galerie, les rives escarpées nous les masquent alors.

Il est possible de déterminer avec une précision acceptable la distance à la rive en utilisant une mire à voyant de 2,3 ou 4 mètres de longueur. Généralement, cette mire est installée verticalement, le cercle étant lui aussi tenu limbe vertical (comme le sextant).

Cette mire est facilement confectionnée sur place, avec un chevron de longueur convenable, les voyants ayant une forme assurant la meilleure visée possible (fig. 9).

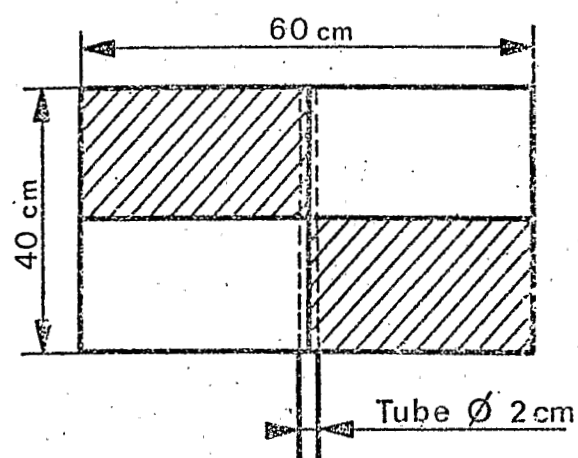
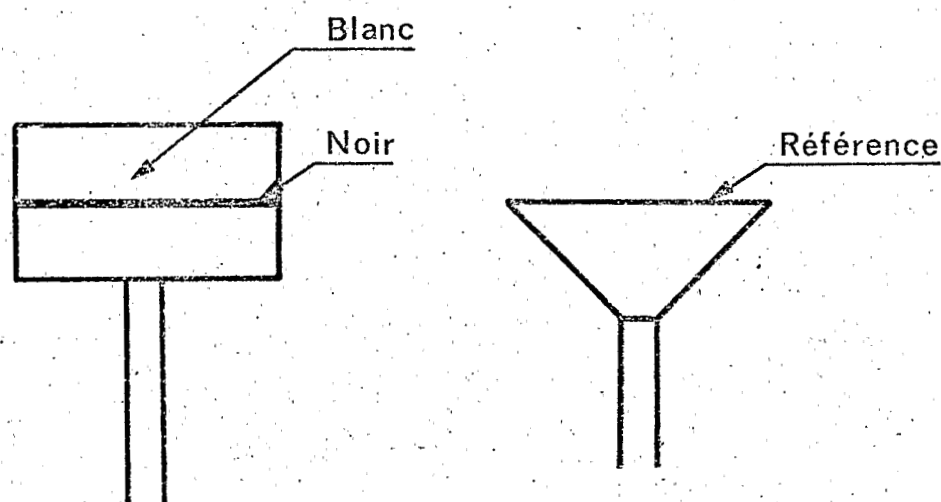


Fig-8 _ Voyant de balise



A droite, voyant utilisé par les voies navigables
d'Afrique Equatoriale (voyant J. DETCHENIQUE)

Fig-9 _ Type de voyants pour la mesure de courtes distances

La distance est simplement donnée par :

$$D = d. \cotg a$$

La distance d pouvant être connue à ± 2 mm, et si l'on se limite à une erreur de 1 % sur la distance (courte distance), la portée maximale sera (avec une précision angulaire de, une minute) :

<u>Base de :</u>	<u>Distance maximale mesurable</u>
2 m	70 m
3 m	100 m
4 m	130 m

Il importe que la mire soit bien verticale et que la visée sur le voyant inférieur soit très proche de l'horizontale.

L'erreur à craindre, cette dernière condition n'étant pas remplie, serait de 1 % si l'inclinaison de la visée sur le voyant inférieur était de l'ordre de 6° (soit une dénivelée de 5 m sur une distance de 50 m).

6 - Utilisation du Stigmographe

Le stigmographe est un rapporteur à trois branches, qui permet de déterminer la position du bateau lorsque le balisage a été reporté sur une minute topographique.

Cet instrument, d'emploi courant en hydrographie, peut remplacer le calcul pour la détermination des distances aux rives, mais il ne peut pas être utilisé directement sur le terrain.

STATION DE LA COMBE -- ANNEE 1975

	JUILLET		AOÛT		SEPTEMBRE		OCTOBRE		NOVEMBRE		DECEMBRE	
	PA	PR	PA	PR	PA	PR	PA	PR	PA	PR	PA	PR
1									5,9	6,0	0,5	0,5
2									1,7	1,7	8,5	8,6
3									1,7	1,6		
4									11,3	11,4		
5									22,6	23,5	1,0	1,0
6									1,5	1,4	20,2	20,1
7									53,2	56,5		
8							4,2	4,0	1,1	1,0		
9							1,4	1,4	24,4	25,1		
10											26,7	27,6
11					0,4	0,3			8,5	8,4	2,4	2,4
12							2,8	2,7	6,4	6,5	11,9	11,6
13							6,0	6,0	17,2	18,3	0,9	0,5
14									63,5	65,0	7,6	7,5
15									1,3	1,3		
16									0,3	0,3	12,5	12,8
17									39,4	40,8	0,4	0,4
18					0,1	0,1			0,1	0,1		
19							36,8	37,7	40,4	42,0		
20											2,5	2,5
21							16,0	16,4	37,0	37,9	0,6	0,6
22									32,6	33,4		
23							45,0	45,5				
24									0,6	0,6	3,0	3,2
25									7,3	7,3	0,1	0,2
26							9,2	3,4	0,1	0,1		
27									2,9	2,7	7,3	7,3
28									36,5	37,0		
29							34,3	34,1	0,3	0,4	4,5	4,3
30							21,7	22,8			2,4	2,4
31							0,9	0,9			2,2	2,1
TOTAL					0,5	0,4	178,3	180,9	418,5	410,3	125,3	125,5