

Annexe II.

Les sextants français.

Ces instruments ont été produits, approximativement, du milieu du XIXe siècle à la fin du premier quart du XXe siècle. Les fabricants les plus connus furent, successivement, Lorieux, Hurlimann, Ponthus & Therrode, Lepetit. On peut citer également Berthélémy, Gaumont, Malacrida (à Marseille, également constructeur de navisphères...), La Précision Moderne (entreprise en activité à Paris vers 1920) ...

1. Description :

Dans le chapitre « Sextant pour les initiés », au paragraphe 2, figure la description détaillée d'un sextant à vernier plan de fabrication française ainsi que la liste de ses accessoires.

La figure ci-dessous représente un sextant Lorieux-Hurlimann.

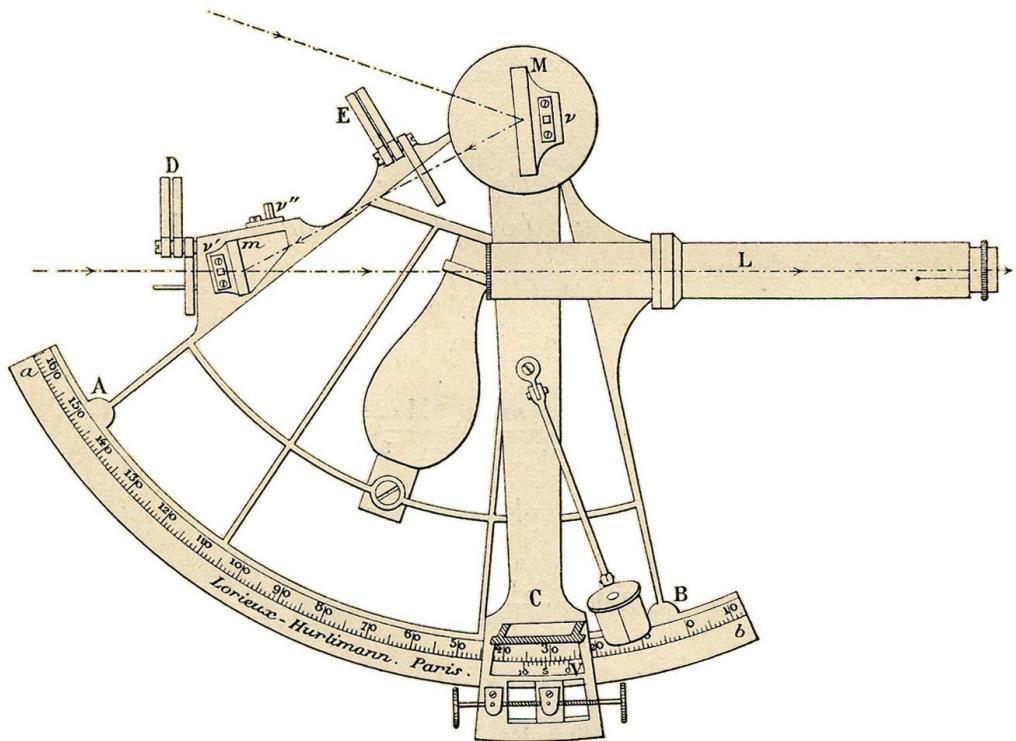


Figure 1.

Rappel des principaux éléments d'un sextant :

Le corps de l'instrument est un secteur de 60° à 80° taillé dans une seule pièce de laiton.

La graduation est tracée sur une lame circulaire d'argent ab , incrustée dans l'arc AB, et appelée limbe. Avec un sextant on peut mesurer des angles de 120° à 160° .

L'alidade C est une règle plate en laiton, mobile autour d'un axe passant par le centre du secteur. Elle porte au-dessus de cet axe et entraîne dans sa rotation le grand miroir M, qui peut être rendu perpendiculaire au plan du limbe à l'aide d'une vis de rectification v .

La partie de l'alidade qui s'appuie sur le limbe est munie d'un vernier V dont le zéro sert d'index ; elle porte une vis de pression et une vis de rappel. La vis de pression, située sur la face arrière de l'alidade (et du bâti), agit sur une sorte d'étau et sert à immobiliser l'alidade par rapport au limbe. La vis de rappel, terminée à chaque extrémité par un petit disque de commande, est une vis micrométrique qui permet de déplacer l'alidade aussi lentement qu'on le désire.

Pour obtenir une visée exacte, on commence donc par desserrer la vis de pression puis par manœuvrer l'alidade à la main, jusqu'à ce que l'objet visé apparaisse dans le champ de la lunette. On serre alors la vis de pression, puis, à l'aide de la vis de rappel, on établit un contact parfait. Ceci permet d'obtenir des visées très précises.

Sur le rayon de gauche du secteur se trouve le petit miroir m . Deux vis v' et v'' permettent de le régler par rapport au plan du limbe et par rapport au grand miroir.

La lunette L est vissée dans le collier du porte-lunette lui-même fixé sur le rayon droit du bâti. Le porte-lunette peut coulisser le long d'un guide pour écarter ou rapprocher la lunette du plan du limbe ; il est immobilisé grâce à la vis G (figure). (Sur certains modèles de sextants, le collier est fixé sur un axe de section triangulaire ; celui-ci coulisse à travers le bâti au moyen d'une vis située sous le plan de l'instrument).

Le dispositif de vissage de la lunette est constitué d'une partie fixe c (liée au bâti) et d'une partie mobile c' supportant la lunette ; celles-ci sont reliées par deux vis (p et p') diamétralement opposées sur une ligne verticale (perpendiculaire au plan du limbe). Ce dispositif permet de faire varier l'inclinaison de l'axe optique par rapport au plan du limbe.

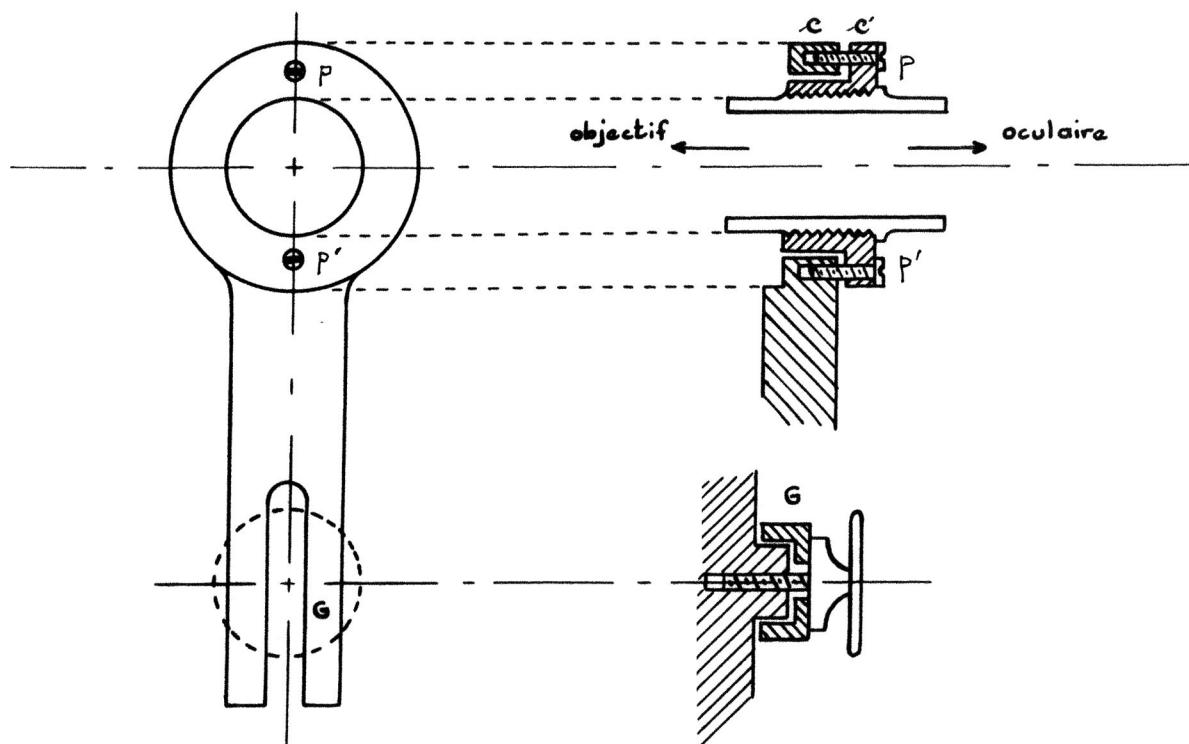


Figure 2.

Si l'on éloigne la lunette, celle-ci recevra plus de rayons lumineux de l'objet vu directement que de l'objet dont l'image est doublement réfléchie ; l'image directe augmentera en netteté au détriment de l'image doublement réfléchie. L'inverse aura lieu si l'on rapproche la lunette du plan du limbe. (Il est préférable de favoriser l'image doublement réfléchie, car elle est légèrement atténuee du fait de la double réflexion des rayons lumineux sur le système de miroirs).

La lunette L est ordinairement une petite lunette astronomique (inconvénient : elle renverse les images ; mais, après quelque temps de pratique, l'usage en devient presque aussi facile que celui de la lunette terrestre).

La mise au point de la lunette, qui peut être réalisée avant sa mise en place dans le porte-lunette, s'effectue par tirage du tube porte-oculaire.

Dans son plan focal se trouvent deux couples de fils perpendiculaires formant le réticule (il faut placer deux fils parallèles au plan de l'instrument). On prend pour axe optique la droite qui joint le centre de l'oculaire au centre du carré formé par ces quatre fils. Si on admet 1' comme pouvoir séparateur de l'œil, un grossissement de 6 permet d'apprécier un contact à 10'', valeur de la division du limbe.

Un sextant est généralement muni de bonnettes. Ce sont des verres colorés montés dans des anneaux qui peuvent se visser sur l'oculaire de la lunette. Ces bonnettes sont destinées à affaiblir à la fois les rayons directs et les rayons réfléchis. Elles servent dans la rectification du sextant au moyen du Soleil et dans les observations des hauteurs de Soleil à l'horizon artificiel.

Une petite lunette terrestre peut aussi être adaptée à la même monture. Elle est destinée aux mesures des distances angulaires d'amers terrestres ou aux observations nocturnes qui exigent surtout de la clarté et du champ; elle n'est pas d'une grande utilité.

De nombreux sextants sont également équipés d'une pinnule, tube à œilleton, employée pour les observations ne nécessitant pas une grande précision.

Pour les observations nocturnes, il est généralement possible d'équiper son sextant de lunettes spéciales munies de montures adaptées :



La lunette Fleurais a un objectif de 40 mm, un grossissement de 5 ; le diamètre de l'anneau oculaire est de 8 millimètres, égal au maximum de diamètre de la pupille. Le champ est de 9°.

La jumelle de Magnac se compose de deux lunettes astronomiques accolées, pour substituer la vision binoculaire à la vision monoculaire.

Figure 3.

Derrière le petit miroir sont installés les verres colorés D que l'on peut interposer sur le trajet des rayons lumineux directs. D'autres verres colorés E peuvent se placer entre les deux miroirs pour atténuer l'image réfléchie par le grand miroir.

2. Éléments caractéristiques des sextants français :

Les sextants français (type Lorieux-Hurlimann, etc.) peuvent différer des sextants construits dans d'autres pays. Les différences les plus notables se situent au niveau des graduations du limbe et du vernier ainsi que de l'installation des miroirs sur le bâti et de leurs réglages.

2.1. Graduations du limbe et du vernier :

Dans la majorité des cas, le limbe est gradué de $10'$ en $10'$; la taille, différente, des traits correspondant à $30'$ et à $60'$ (ou 1°) permet un repérage facile ; les valeurs des dizaines de degrés sont gravées sur le limbe. Le vernier est gradué de $10''$ en $10''$, de 0 à $10'$.

D'autres modèles ont un limbe gradué de $15'$ en $15'$; le vernier peut alors être gradué de $15''$ en $15''$, de 0 à $15'$. Il existe également des limbes gradués de $20'$ en $20'$ avec des verniers gradués de $30''$ en $30''$ (de 0 à $20'$).

2.2. Installation de la lunette et des miroirs :

2.2.1. Lunette :

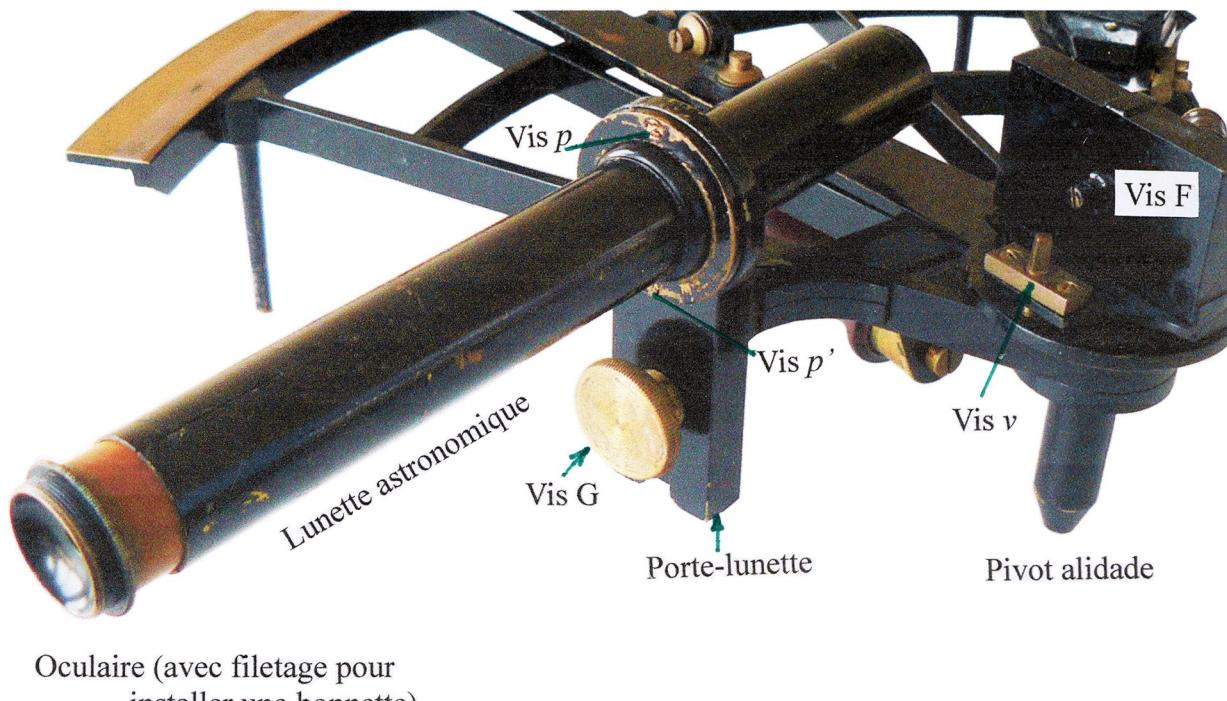


Figure 4.

Cette image présente un sextant équipé d'une lunette astronomique ainsi que ses éléments de fixation et ses vis de réglage.

On y repère également le grand miroir, vu de dos, avec la vis de maintien du miroir (F) et la vis de réglage de perpendicularité (v).

2.2.2. Grand miroir (ou miroir mobile) :

Le grand miroir M est fixé sur l'alidade ; le milieu de ce miroir est situé au-dessus du pivot de l'alidade (si cette condition n'est pas réalisée, le sextant présente une erreur d'*excentricité*).

Le grand miroir est maintenu, contre une monture verticale en laiton, par des griffes situées sur sa face antérieure au moyen d'une vis F située derrière le miroir. Cette monture est portée par une lame horizontale qui s'appuie sur le plan de l'alidade et lui est reliée par l'intermédiaire d'une autre vis v (à tête carrée) qui permet *de changer l'inclinaison du miroir*.

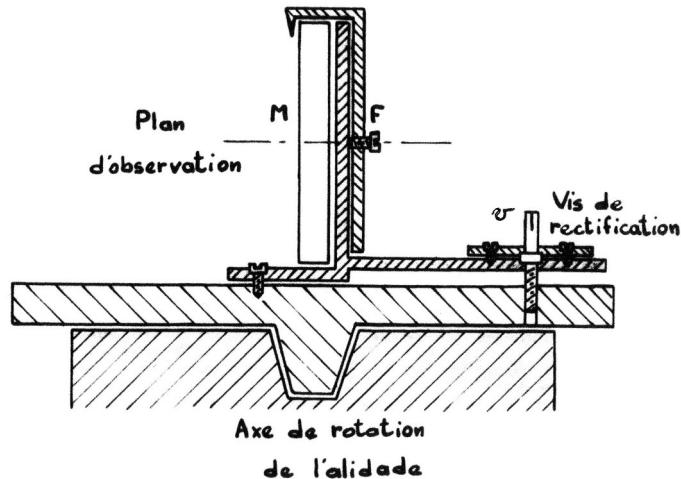


Figure 5.

Remarque : L'action sur la vis F doit être très modérée ; une pression excessive entraîne une déformation du miroir et l'apparition d'une erreur de lecture pouvant atteindre 2 ou 3 minutes d'arc.

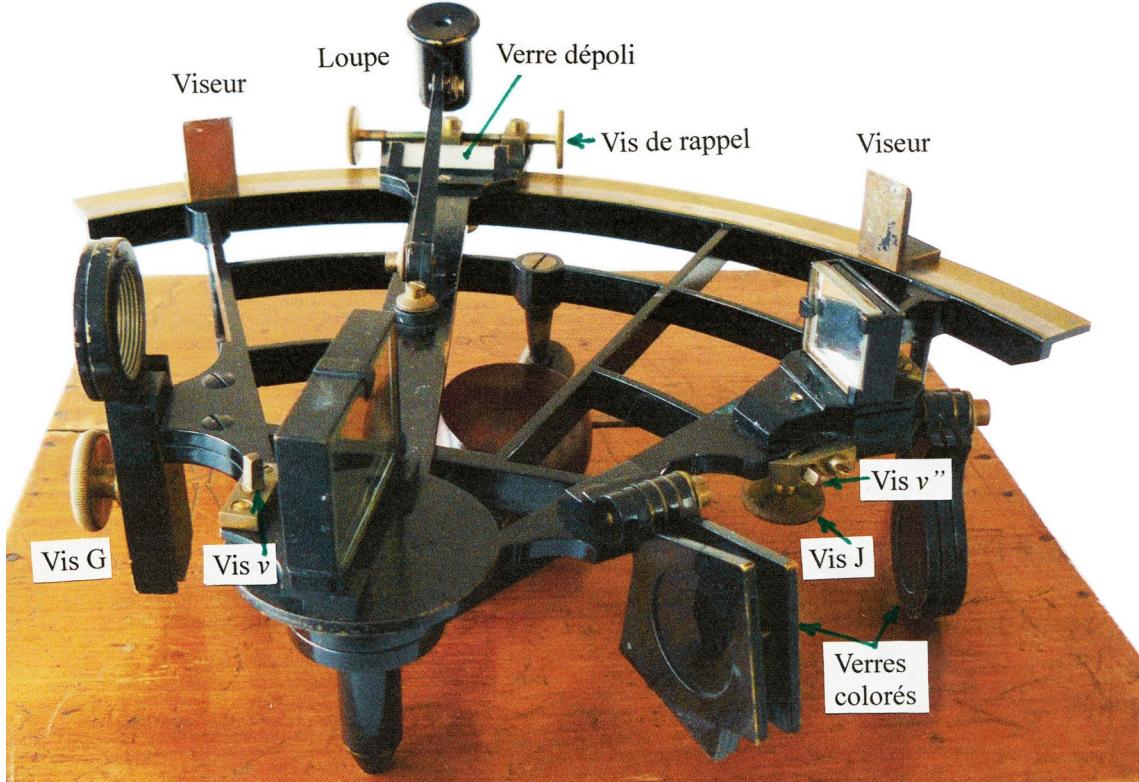


Figure 6.

2.2.3 Petit miroir (ou miroir fixe) :

Le petit miroir « m » est fixé sur une platine AB positionnée sur le rayon de gauche du bâti. Cette platine peut pivoter légèrement, par rapport au bâti, autour d'un axe vertical matérialisé par la vis de liaison K. Elle est rendue solidaire du bâti par serrage de la vis J ; cette vis sera desserrée *avant toute action sur la vis v''* (vis de *parallélisme*) ; elle sera resserrée à la fin du réglage.

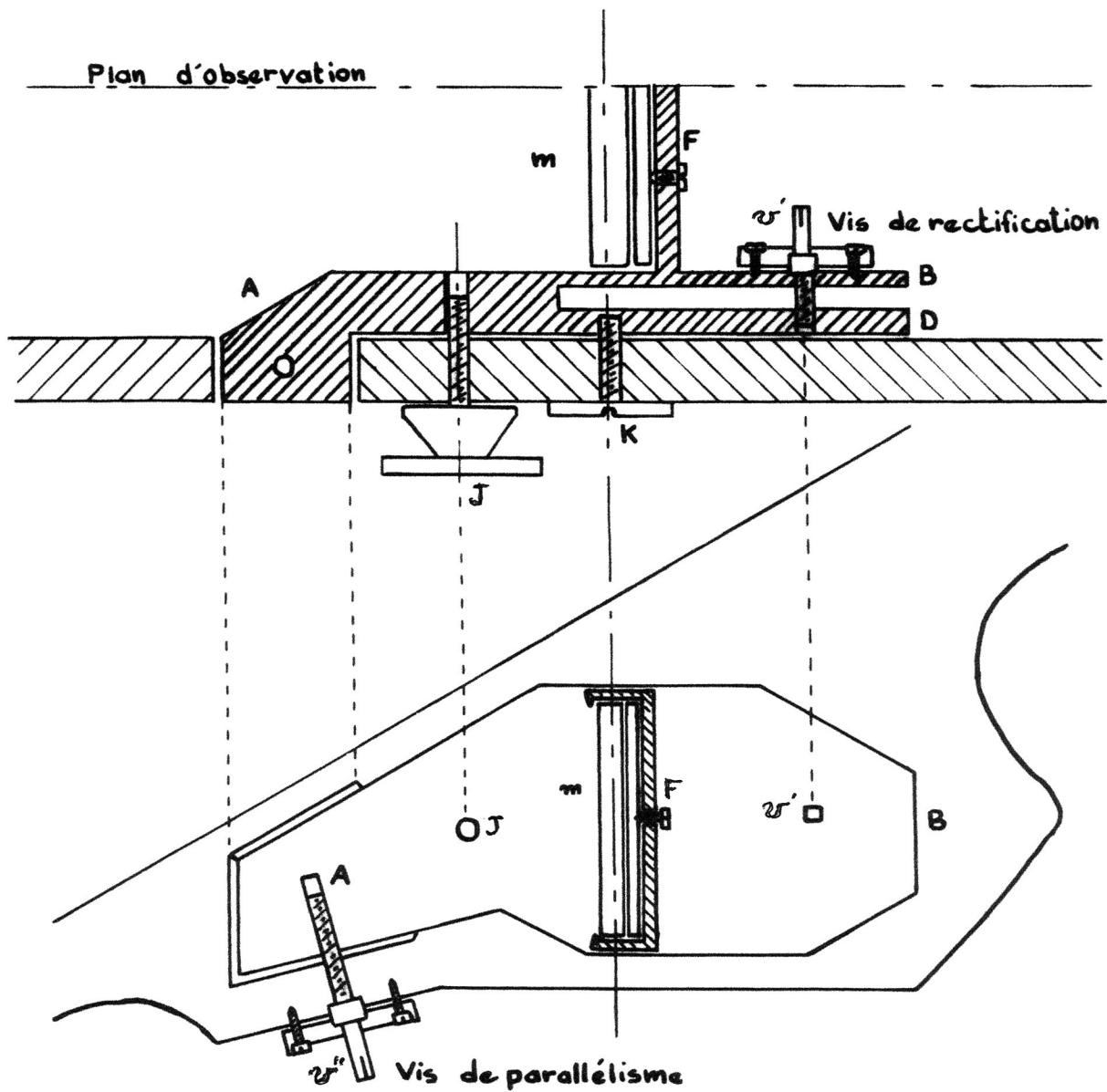


Figure 7.

Le petit miroir est maintenu, contre une monture verticale en laiton, par des griffes situées sur sa face antérieure au moyen d'une vis F située derrière le miroir. (Figures 7 et 8).

La monture du petit miroir est également munie d'une vis v' (à tête carrée) qui permet de faire varier son inclinaison (rectification de la *perpendicularité* du miroir) par rapport au grand miroir et donc au plan du limbe. (Figures 7 et 8).

Le pivotement de la platine AB par rapport au bâti s'effectue au moyen de la vis latérale v'' (à tête carrée) qui permet de donner au miroir un *mouvement de rotation* autour d'une perpendiculaire au plan du limbe. Lorsque l'alidade et le vernier sont positionnés sur la valeur $0^\circ 00' 00''$, cette vis v'' permet de régler le parallélisme du petit miroir par rapport au grand miroir (vis de *parallélisme*).

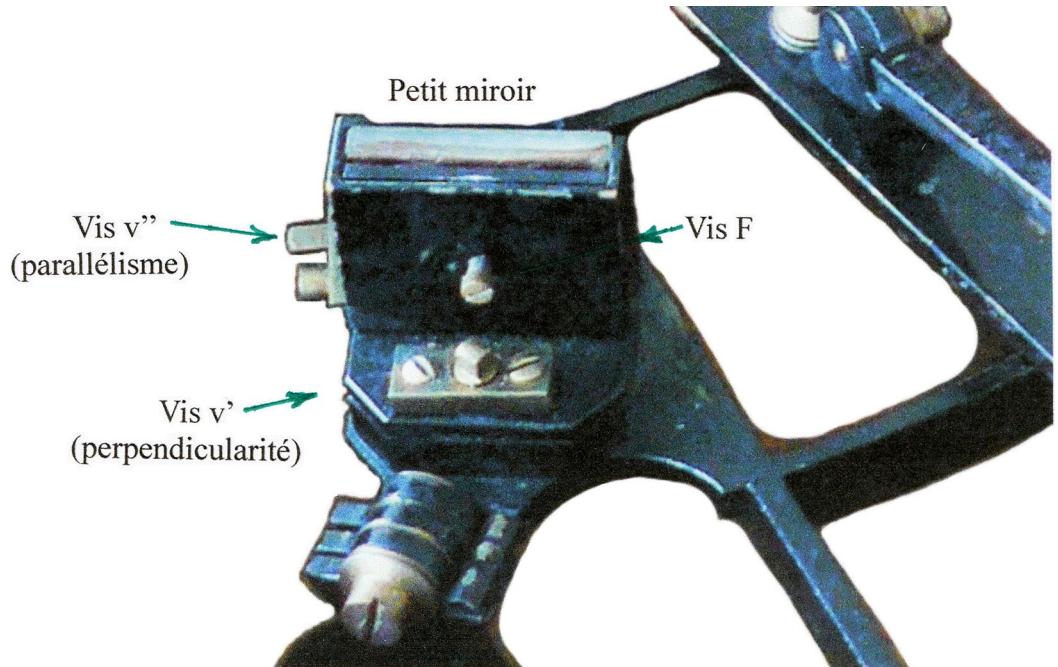


Figure 8.

En général, le petit miroir atteint, à peu près, en hauteur le prolongement de l'axe optique de la lunette. Celui-ci est dirigé sur la ligne verticale médiane du petit miroir.

La normale au petit miroir est bissectrice de l'angle formé par l'axe optique et par la ligne qui joint les centres des miroirs M et m.

3. Règles de lecture :

3.1. Lectures à gauche du zéro du limbe :

Il faut d'abord lire, sur le limbe, l'angle correspondant à la division qui précède, immédiatement à droite, le zéro V du vernier.

Ensuite, chercher sur le vernier la division A qui coïncide exactement avec une graduation du limbe : lire sur le vernier l'angle qui lui correspond, à partir du zéro V.

Ajouter la lecture du vernier à la première lecture, effectuée sur le limbe.

La somme correspond à la mesure de l'angle observé.

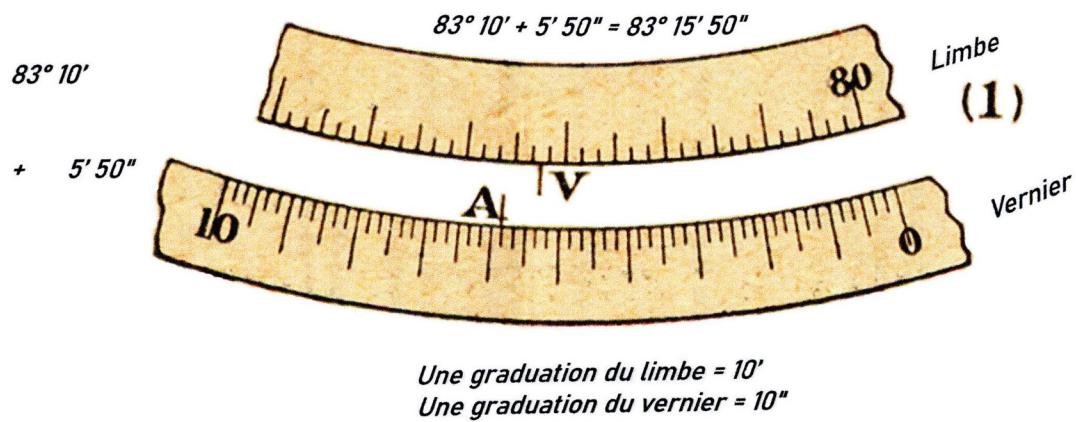


Figure 9.

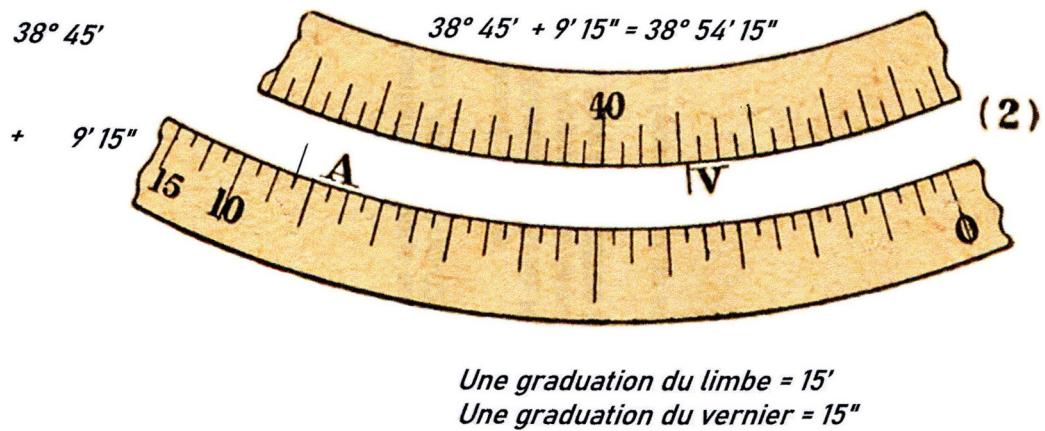


Figure 10.

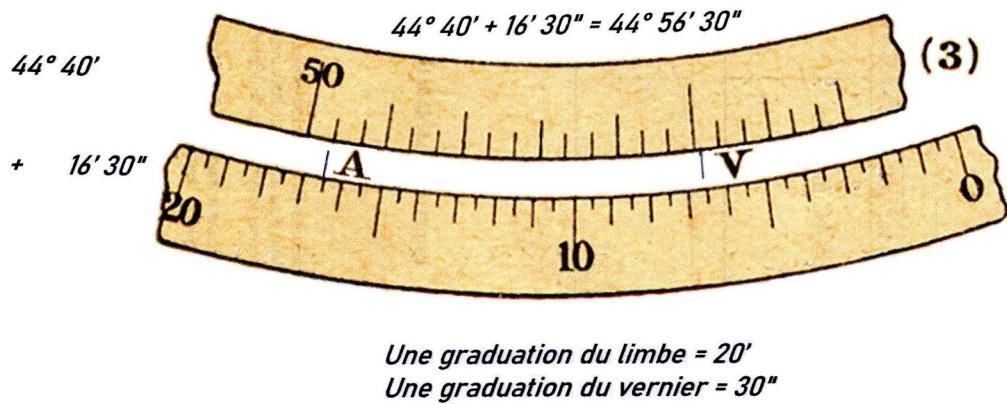


Figure 11.

3.2. Lectures à droite du zéro du limbe :

Si V est la position du zéro du vernier entre les divisions H et J du limbe dont le zéro est M, on doit lire l'arc MV.

$$\text{On a : } MV = MJ - JV \text{ (soustraction)} \quad \text{ou} \quad MV = MH + HV \text{ (addition).}$$

Il faut d'abord lire, sur le limbe, l'arc correspondant à la division H qui précède, immédiatement à gauche, le zéro du vernier.

Ensuite, chercher la division A du vernier coïncidant avec une division du limbe.

Lire au vernier l'arc V'A, *en prenant V comme zéro*. Ceci revient à graduer le vernier *de gauche à droite*.

Ajouter la lecture du vernier à la première lecture, effectuée sur le limbe.

La somme correspond à la mesure de l'angle observé. (En pratique, la lecture à droite sert uniquement à obtenir l'erreur de parallélisme, ou de collimation, des miroirs).

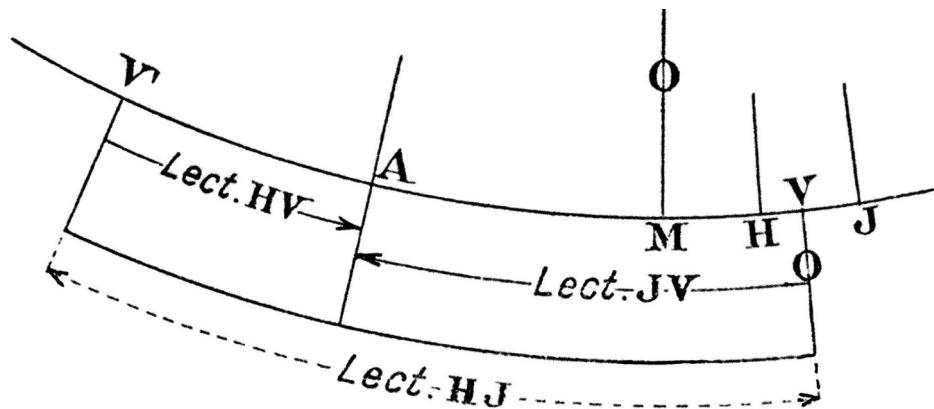
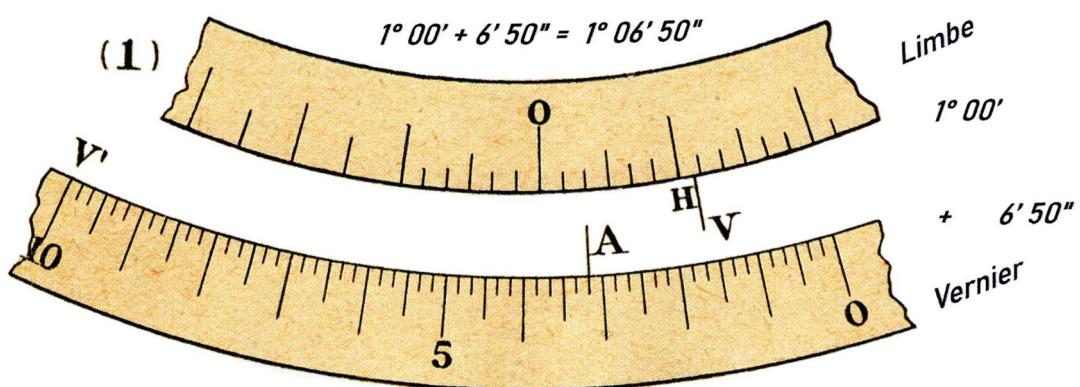


Figure 12.

Remarque : Il est possible de lire, sur le limbe, l'arc correspondant à la division qui suit, immédiatement à droite, le zéro du vernier (soit MJ). Chercher sur le vernier la division A qui coïncide exactement avec une graduation du limbe : lire sur le vernier l'angle qui lui correspond, à partir du zéro V (soit JV).

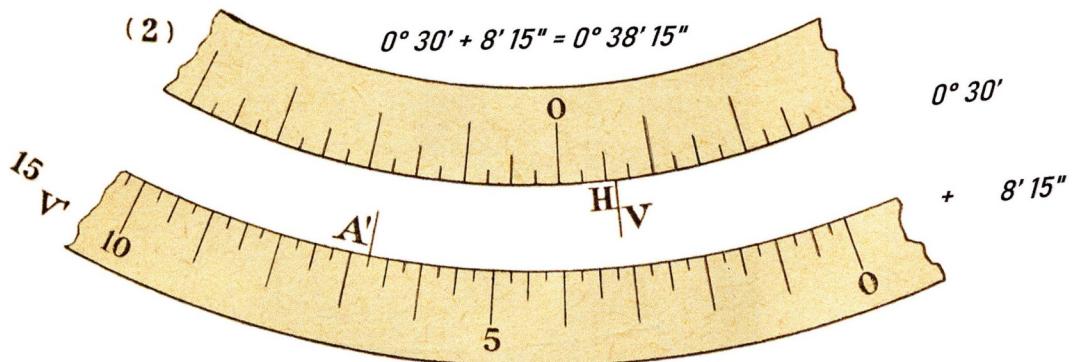
Soustraire la lecture du vernier à la première lecture, effectuée sur le limbe. La différence correspond à la mesure de l'angle observé.

La soustraction étant une opération plus sujette à erreur que l'addition, cette méthode est généralement déconseillée.



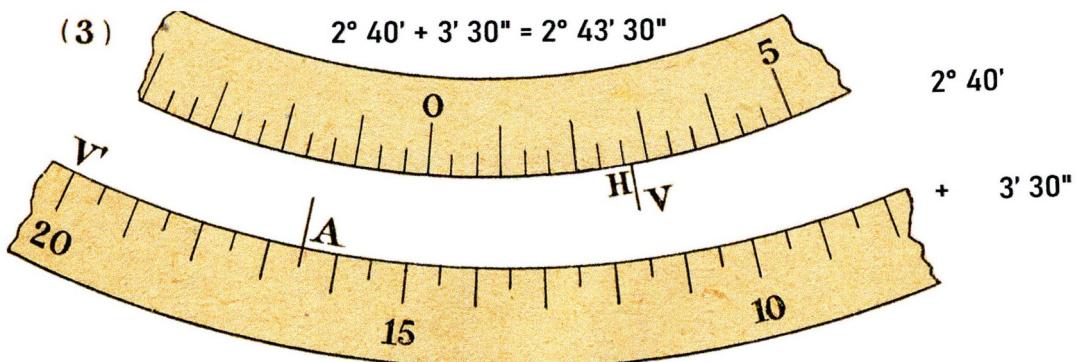
*Une graduation du limbe = 10'
Une graduation du vernier = 10'' (De 0 à 10')*

Figure 13.



*Une graduation du limbe = 15'
Une graduation du vernier = 15'' (De 0 à 15')*

Figure 14.



*Une graduation du limbe = 20'
Une graduation du vernier = 30'' (De 0 à 20')*

Figure 15.

4. Rectifications et réglages du sextant :

4.1. Lunette :

Après avoir réalisé la mise au point de la lunette sur un objet éloigné, il faut s'assurer que les fils du réticule apparaissent bien nets. Sinon on rectifie la position du réticule par tâtonnement, en enfonçant plus ou moins dans l'intérieur du tube oculaire, avec une règle carrée, le cercle en cuivre sur lequel le réticule est soudé.

Rectification de l'axe optique de la lunette :

Cet axe optique doit être parallèle au plan du limbe.

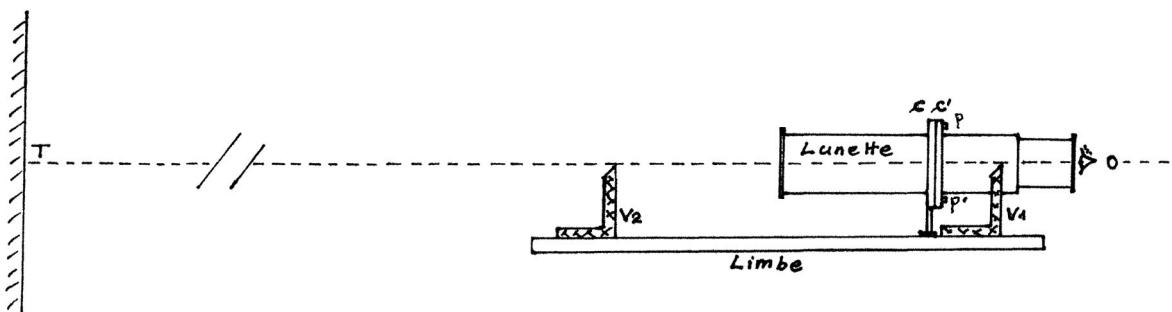


Figure 16.

La méthode préconisée à l'École Nationale de la Marine Marchande de Paimpol était la suivante :

- prendre dans la boîte la lunette astronomique ainsi que les deux viseurs (équerres) V_1 et V_2 ,
- installer la boîte du sextant sur une table et y poser le sextant ; mettre en place la lunette astronomique puis positionner l'alidade aux environs de la graduation 45° ,
- prendre les deux viseurs (équerres) V_1 et V_2 , ; les disposer d'abord dos à dos sur le limbe pour s'assurer qu'ils sont identiques, puis les installer sur le limbe, un à chaque extrémité, de telle manière que la droite passant par le sommet de ceux-ci soit parallèle à celle de l'axe optique,
- poser les viseurs sur le limbe, un à chaque extrémité, de telle manière que la droite passant par le sommet de ceux-ci soit parallèle à celle de l'axe optique,
- s'assurer que l'axe optique de la lunette est au même niveau que le sommet des viseurs,
- sur une grande feuille de papier (ou au dos d'une carte marine) tracer un grand trait noir,
- avec l'aide d'une autre personne (ou par tâtonnements) fixer cette feuille sur un mur (ou tout autre support), à la plus grande distance possible (trente mètres,...) de telle manière que le trait noir soit horizontal et dans le plan défini par le sommet des viseurs,
- régler la lunette, par tirage et rotation de l'oculaire, afin que les traits du réticule soient inclinés de 45° par rapport à l'horizontale ; ceci permettra de positionner précisément le trait visé sur la

diagonale du réticule et non pas d'apprécier, simplement à vue, que le trait est à égale distance des traits horizontaux du réticule,

- observer, dans la lunette, le trait sur la feuille de papier :

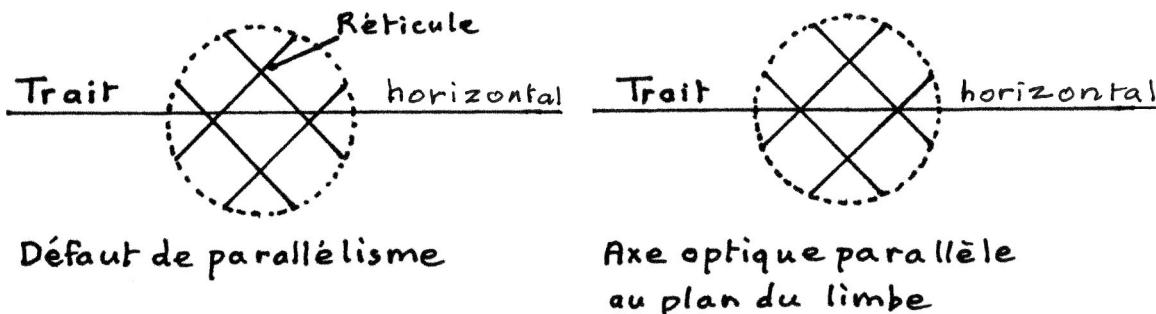


Figure 17.

1. si le trait correspond à la diagonale du réticule, l'axe optique de la lunette est parallèle au plan du limbe et le réglage est correct,
2. si le trait est plus bas, ou plus haut, que la diagonale du réticule, il y a un défaut de parallélisme, il faut reprendre la rectification,

- dans ce cas, il faut agir sur les petites vis p et p' du collier porte-lunette en se souvenant qu'il faut *impérativement* d'abord *desserrer* l'une des vis **avant** de *serrer* l'autre (cette opération permet de déplacer le demi-collier c' par rapport au support de lunette c),

- agir par retouches successives jusqu'au moment où le trait repère correspond à la diagonale du réticule,

- lorsque la rectification est terminée, serrer *modérément* les vis p et p' du collier.

Lorsque cette rectification est effectuée avec soin, on n'a plus, en général, à y revenir par la suite.

Remarque : Durant la seconde moitié du XX^e siècle, un fabricant japonais a commercialisé un sextant à vis tangente équipé d'une lunette astronomique et d'une lunette terrestre. La particularité de cet appareil se situe au niveau du collier porte-lunettes : les vis de réglage p et p' sont positionnées à 90° de celles du modèle français, sur une ligne *parallèle* au plan du limbe. Elles ne permettent pas d'effectuer la rectification décrite ci-dessus. La seule action permise par ce dispositif consiste à modifier la direction de visée de la lunette ; or, par définition, l'axe optique de la lunette est orienté vers le milieu du petit miroir (voir la figure 1). (Quid de l'intérêt de ce dispositif?).

4.2. Grand miroir (ou miroir mobile) :

Le grand miroir doit être perpendiculaire au plan du limbe.

Sa rectification s'effectue de la manière suivante :

Poser le sextant sur sa boîte (cela permet d'opérer dans de meilleures conditions).

Pour cette intervention, le sextant doit être dépourvu de lunette. (Voir la figure 6.)

Après avoir calé l'alidade sur la graduation 45° (environ), on installe sur le limbe les deux viseurs (ou équerres). Appelons V_1 le viseur positionné approximativement sur la graduation 0° ; appelons V_2 le viseur positionné aux alentours de la graduation 120° .

L'œil de l'observateur doit, ensuite, se trouver à proximité du grand miroir, à la hauteur de l'arête supérieure des viseurs. Il regarde, en visée directe, à droite du miroir, le viseur V_1 . Tout en observant V_1 , il faut essayer d'apercevoir dans le miroir l'image V'_2 du viseur V_2 . Si ce n'est pas le cas, déplacer celui-ci, petit à petit, jusqu'à obtenir une configuration semblable à la figure 18.

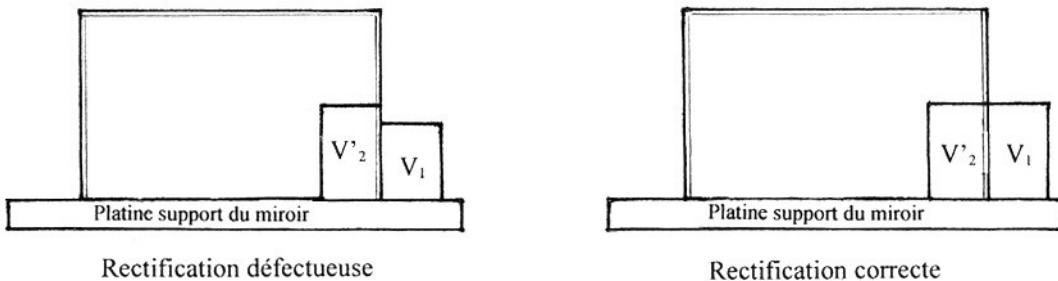


Figure 18.

Les arêtes de V_1 et V'_2 doivent être dans le prolongement l'une de l'autre.
Sinon visser ($V'_2 < V_1$) ou dévisser ($V'_2 > V_1$) la vis de réglage v .

La méthode des viseurs permet d'assurer la perpendicularité du miroir à $5'$ près environ.

Remarque : La platine support du grand miroir est fixée sur l'alidade (Figure 5).

4.3. Petit miroir (ou miroir fixe) :

La rectification du petit miroir est assurée lorsque celui-ci est perpendiculaire au plan du limbe.

Pour ce faire on utilise :

1. une étoile,
2. le soleil : il faut faire coïncider le disque vu directement avec le disque doublement réfléchi,
3. l'horizon de la mer ou une cible éloignée (distance $\geq 2\ 000$ mètres) à contour très net (mât, clocher, cheminée, ...).

Sur ce modèle de sextant, le réglage du petit miroir (perpendicularité + parallélisme) s'effectue en deux étapes distinctes et non par approximations successives comme pour le sextant à vis tangente. En effet, l'action sur la vis de perpendicularité (rectification) est indépendante de l'action sur la vis de parallélisme.

Il est conseillé de commencer cette opération avec un sextant dépourvu de lunette. Ceci se justifie, en particulier, dans le cas d'un appareil complètement déréglé, car l'observateur dispose d'un champ de vision beaucoup plus grand. Il peut ainsi réduire pratiquement à zéro les défauts de perpendicularité et de parallélisme avant de mettre en place une lunette et d'affiner les réglages.

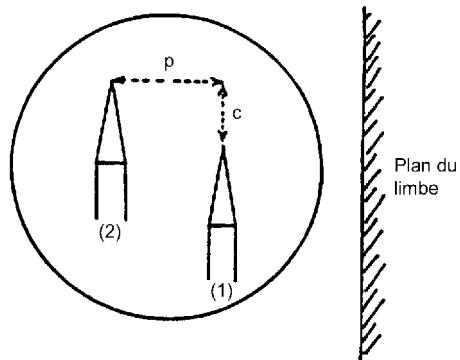
Remarque : Si l'utilisateur utilise la lunette astronomique (ce qui est conseillé), pour observer un clocher, un phare, etc. l'image sera renversée ; ce qui nécessite un temps d'adaptation.

Dans l'exemple qui suit, l'observateur utilise une lunette terrestre.

La première opération consiste à positionner l'alidade et le vernier de telle manière que la valeur affichée soit $0^\circ 00' 00''$.

Le sextant est tenu à la main, plan du limbe vertical.

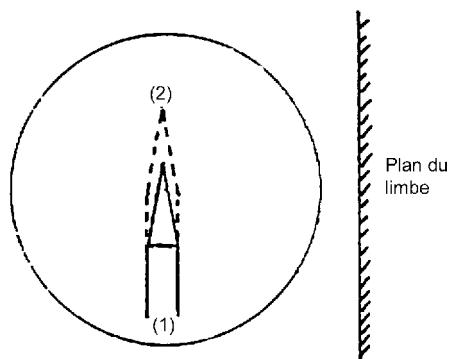
L'observation permet d'obtenir, par exemple, la figure 19.



Le décalage « p » entre l'image directe (1) et l'image doublement réfléchie (2) est dû à un défaut de perpendicularité du miroir « m » par rapport au grand miroir, et au limbe.

Le décalage « c » entre les deux images est l'erreur de collimation (autrement dit, les miroirs « M » et « m » ne sont pas parallèles lorsque l'alidade est au zéro de la graduation).

Figure 19.



En agissant sur la vis v' (Figures 7 et 8), l'observateur ramène les images (1) et (2) dans le même plan vertical (parallèle au plan du limbe). Il réalise ainsi la rectification du miroir « m ».

Il subsistera cependant une erreur de collimation éventuellement importante. (Figure 20).

Figure 20.

Afin de réduire l'erreur de collimation, l'observateur doit, d'abord, desserrer la vis J qui rend solidaires la platine support du petit miroir et le bâti (Figure 7).

Ensuite, il manœuvre la vis de parallélisme v'' de façon à superposer aussi parfaitement que possible les images (1) et (2).

Avec cette manipulation, effectuée en tenant le sextant vertical, il n'est pas facile de s'assurer que les images sont effectivement bien superposées.

Il est donc conseillé de tourner le sextant de 90° vers la droite.

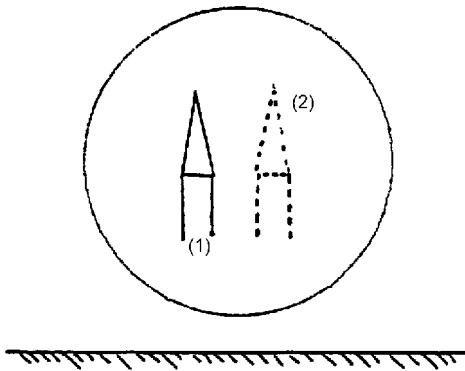


Figure 21.

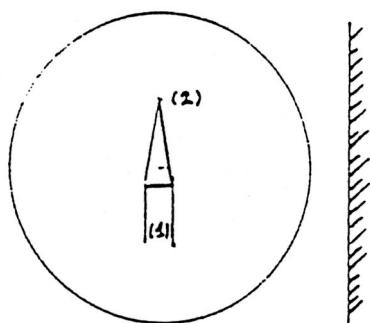


Figure 22.

4.4. Détermination de l'erreur de collimation.

Les sextants des marques citées au début de cette étude ne comportent généralement pas de tableau fournissant l'erreur d'excentricité en fonction de l'angle observé. Cette erreur peut être considérée comme négligeable. Il est intéressant de noter que la maison Ponthus & Therrode avait construit une machine destinée à réduire l'excentricité des sextants en construction et à mesurer très rapidement les erreurs d'excentricité d'un instrument donné.

Pour ces appareils, nous pourrons donc assimiler erreur de collimation et erreur instrumentale.

Pour la pratique de l'opération, se reporter à : Atelier instrumental et documentaire/L'octant et le sextant/Sextant pour les initiés/4. Réglages/4.3. Détermination de l'erreur instrumentale.

Remarques sur le maniement du sextant :

- Ne jamais placer les doigts sur le limbe ni sur le vernier (l'acidité de la peau dégrade les graduations). (Durant la première moitié du XX^e siècle, lors d'un examen, le simple fait de poser un doigt sur le limbe pouvait entraîner l'élimination du candidat !).

Le décalage « en hauteur » des deux images (Fig. 20) devient un décalage « en azimut » (Figure 21).

Régler la vis de parallélisme v'' de façon à ramener les deux images dans le même plan vertical.

Il est plus facile de percevoir l'exakte superposition des images dans cette disposition que dans le cas de la figure 20.

Remarque : L'observateur doit, pour terminer, s'assurer que le réglage du parallélisme n'a pas interféré avec le réglage de la rectification effectué précédemment (Figure 22), sinon refaire les deux opérations précédentes.

Ne pas oublier de resserrer la vis de blocage J à la fin de la manipulation.

Il faut soigner particulièrement la rectification ; par contre, une erreur de collimation résiduelle, faible, n'a pas grande importance car on peut en tenir compte dans les calculs.

- Ne pas appuyer trop fortement la lunette contre l'œil.
- Ne jamais soutenir l'instrument par sa lunette.
- Ne manier un sextant que par sa poignée ou l'armature du bâti.
- Ne jamais utiliser de nettoyant à base d'alcool. Le limbe et le vernier peuvent être nettoyés en les frottant doucement à l'aide d'un tissu de coton imbibé d'huile douce (vaseline, etc.).
S'il y a de la buée sur les miroirs, les essuyer à l'aide d'une peau de chamois.

SOURCES.

Constant P. : ASTRONOMIE et NAVIGATION. Gauthier-Villars. Paris. 1903.

Cousin A. & Renaud F. : NAVIGATION. Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales. Paris. 1928.

Marguet F. : Cours de NAVIGATION et de COMPAS. Augustin CHALLAMEL Éditeur. Paris . 1913.

Massenet G. & Vallerey J. : COSMOGRAPHIE et NAVIGATION. Augustin CHALLAMEL Éditeur. Paris. 1913.

École Nationale de la Marine Marchande. Paimpol. Auteur inconnu : Les figures 2, 5 et 7.

BIBLIOGRAPHIE.

Cornet C. : COSMOGRAPHIE et NAVIGATION. Gauthier-Villars. Paris. 1925.

Le Calvé A. : NAVIGATION ASTRONOMIQUE. Éditions Maritimes et Coloniales. Paris. 1959.

Revue NAVIGATION. N° 6. Avril 1954. Duval R. G. : Histoire du sextant.

Revue NAVIGATION. N° 8. Octobre 1954. Marchand P. : Points d'étoiles.

Revue NAVIGATION N° 76. Octobre 1971. La navigation visuelle de nuit.

Revue MARITIME et COLONIALE. 1885. Volume 87. Besson : Description d'un appareil destiné à éclairer le vernier et le limbe du sextant pour faciliter les lectures pendant les observations de nuit.