
CHAPITRE II.

De l'usage du cercle de réflexion.

JE viens de donner une idée générale de la manière de faire les observations avec le cercle de réflexion, je vais maintenant expliquer avec détail la pratique même des observations ; mais auparavant il est nécessaire que j'enseigne à rectifier les différentes pièces de l'instrument, et à vérifier la bonté des miroirs et des verres colorés.

Position du petit miroir par rapport à la lunette.

L'inclinaison de la surface du petit miroir, par rapport à l'axe de la lunette, doit être telle, qu'après avoir placé en C un des petits verres colorés de la *fig. 5*, aucun des rayons réfléchis par le grand miroir ne puisse parvenir au petit miroir, et ensuite à la lunette, sans avoir auparavant traversé le verre coloré. Pour connoître si le petit miroir a cette inclinaison, on fera l'opération suivante. On placera d'abord la ventelle de la *fig. 5* dans sa loge en D, et on l'abaissera entièrement pour intercepter toute lumière directe. Ensuite, faisant tourner l'alidade du grand miroir, on examinera s'il paroît dans la lunette quelque image blanche réfléchie par le grand miroir. Si toutes les images qui se peignent dans la lunette sont colorées, le miroir aura la position requise ; mais si elles ne le sont pas, on desserrera les vis qui assujettissent la monture du petit miroir sur l'alidade ; on fera ensuite tourner cette monture sur son pied cylindrique jusqu'à ce que les images blanches aient disparu, et alors le petit miroir aura la position qu'il doit avoir ; il ne restera plus qu'à le fixer dans cette nouvelle position par le moyen des vis.

Perpendicularité du grand miroir.

Pour rendre le grand miroir perpendiculaire au plan de l'instrument, on placera, sur le limbe, et aux extrémités d'un diamètre TY, les deux viseurs de la *fig. 7* ; ensuite l'œil étant placé vers le point e, à-peu-près à la hauteur de la surface supérieure des viseurs, et regardant par le bord du miroir le viseur qui est au point T, on fera mouvoir l'alidade du grand miroir jusqu'à ce que l'image du viseur qui est le plus près de l'œil vienne se peindre dans le miroir et paroisse placée à côté du second viseur vu

directement. Alors si les deux lignes supérieures des deux viseurs paroissent ne former qu'une même ligne droite, le grand miroir sera perpendiculaire au plan de l'instrument; mais si les deux lignes font un ressaut, le miroir sera incliné sur ce plan, et il faudra l'ajuster, par le moyen des vis qui le fixent sur l'alidade, jusqu'à ce qu'on n'apperçoive plus aucune différence dans les hauteurs des deux viseurs.

On peut encore faire cette vérification d'une manière plus simple et sans employer les viseurs. Pour cela, après s'être placé en face du grand miroir, on y regardera l'image réfléchie de la partie du limbe qui est voisine de l'œil. Si les bords de cette image réfléchie ne paroissent faire qu'une ligne circulaire avec les parties du limbe qu'on voit directement à droite et à gauche du miroir, on en conclura que le miroir est perpendiculaire au plan de l'instrument, mais si les deux lignes ne se raccordent pas, on touchera aux vis de rappel comme ci-dessus.

Le miroir ayant été ainsi placé dans une position perpendiculaire au plan de l'instrument, on essaiera si, en transportant l'alidade sur quelque autre point du limbe, et faisant l'observation par rapport à un autre diamètre, le miroir conserve encore sa position perpendiculaire: s'il ne la conserve pas, ce sera une preuve que l'alidade ne tourne pas, comme elle le devrait, dans un plan parallèle à celui de l'instrument; alors, comme il ne sera pas possible de corriger ce vice d'exécution de l'instrument, il faudra chercher par tâtonnement une position moyenne du miroir dans laquelle les erreurs soient les plus petites possibles.

Perpendicularité du petit miroir.

On donnera cette position au petit miroir par un des moyens suivants.

On dirigera d'abord la lunette sur quelque point bien distinct de la mâture du vaisseau, par exemple sur le bout d'une vergue, en tenant l'instrument dans une position à-peu-près verticale; ensuite on fera mouvoir l'alidade du grand miroir jusqu'à ce que l'image réfléchie de l'objet vienne passer sur l'image directe. Si, dans ce mouvement, les deux images viennent à passer exactement l'une sur l'autre de manière que la première ne déborde pas la seconde; alors les deux miroirs seront parallèles en ce point, et, puisqu'on a supposé déjà que le grand miroir étoit perpendiculaire au plan de l'instrument, le petit miroir le sera aussi: si l'image

réfléchi passe en dehors ou en dedans de l'image directe, on rappellera le miroir par les vis de la base supérieure de la monture.

On pourra faire aussi cette opération en observant l'horizon de la mer : pour cela on tiendra d'abord l'instrument dans une situation verticale, et l'on fera coïncider dans la lunette les deux images de l'horizon ; ensuite on inclinera l'instrument jusqu'à ce qu'il devienne presque horizontal ; et si, dans ce mouvement, les images ne se séparent pas, ce sera une preuve que les miroirs sont parallèles entre eux.

Enfin cette vérification se fera pendant la nuit par l'observation de quelque étoile brillante dont on fera coïncider l'image directe avec l'image réfléchi. Au reste nous remarquerons qu'excepté dans le cas où on observe de très petits angles, l'exacte perpendicularité des miroirs n'est pas nécessaire ; et que, par exemple, une erreur de 5' dans leur position n'est d'aucune conséquence lorsque les angles mesurés sont plus grands que deux degrés.

Position de l'axe de la lunette par rapport au plan de l'instrument.

La lunette doit être ajustée dans ses montants K et L de manière qu'après avoir mis les deux rappels sur la même division, l'axe de la lunette soit parallèle au plan de l'instrument, ou, ce qui est la même chose, que les images des objets éloignés qui sont dans le plan de l'instrument viennent se peindre au milieu de l'intervalle des deux fils placés au foyer de l'objectif. On reconnoitra si l'ajustement est tel qu'il doit être par l'opération suivante, qu'on pourra faire dans la grand'chambre du vaisseau. Après avoir assujetti l'instrument sur un endroit fixe, on placera à douze pieds de distance au moins un objet bien distinct qui soit à-peu-près dans le plan de l'instrument ; on mettra ensuite sur le limbe vers T et vers Y les deux viseurs de la *fig. 7* qu'on dirigera sur cet objet, et on calera l'instrument jusqu'à ce que l'objet paroisse dans une ligne passant par les surfaces supérieures des deux viseurs ; enfin on fera mouvoir l'alidade de la lunette jusqu'à ce que le même objet vienne se peindre au foyer de la lunette : et alors si l'image paroît sensiblement dans le milieu de l'intervalle des deux fils, et qu'en même temps les deux rappels se trouvent exactement sur la même division, l'ajustement des divisions sera tel qu'il doit être ; mais si l'image est plus près d'un fil que de l'autre, on la ramènera au milieu de l'intervalle par le moyen des rappels, et alors la différence qui se trouvera entre les divisions marquées par les deux rappels

sera l'erreur de l'ajustement : ainsi tenant compte de cette erreur, il sera toujours facile, lorsqu'on fera des observations, de placer la lunette dans la position qu'elle doit avoir.

Vérification du parallélisme des surfaces du grand miroir.

Cette vérification doit se faire à terre. Pour cela on choisira deux objets éloignés et bien distincts, dont l'angle ou la distance apparente soient très grands, comme, par exemple, de 120° ; ensuite, après s'être bien assuré de la perpendicularité des miroirs et de la position de l'axe de la lunette, on mesurera l'angle des deux objets en faisant de suite un grand nombre d'observations croisées et ayant attention que le contact des images tombe toujours dans le milieu de l'intervalle des deux fils. Ces premières observations étant faites, on ôtera le grand miroir de la boîte qui le renferme, et on le retournera de manière que le côté qui étoit le plus près de la lunette en soit maintenant le plus éloigné. Après cela, ayant une seconde fois rectifié la position des miroirs, on mesurera de nouveau l'angle des deux objets en faisant le même nombre d'observations croisées que ci-devant; et si, dans cette seconde opération, on trouve le même résultat que dans la première, ce sera une preuve que les deux surfaces du miroir sont parallèles; mais si le résultat n'est pas le même, le miroir sera prismatique, et la moitié de la différence des deux angles trouvés sera l'erreur qui convient à l'angle mesuré.

Supposons, par exemple, qu'on ait fait des observations dans chaque opération, et qu'on ait trouvé par les premières $1219^\circ 10'$, et par les secondes $1219^\circ 23'$: on divisera ces deux quantités par 10, et on aura pour la première mesure $121^\circ 55'$, et pour la seconde $121^\circ 56' 18''$, dont la différence $1' 18''$ sera le double de l'erreur du miroir; d'où l'on voit que l'angle marqué par l'instrument étoit trop petit de $39''$ dans la première position du miroir, et trop grand de la même quantité dans la seconde.

Connoissant ainsi l'erreur du miroir pour l'angle de 120° , on trouvera aisément, par le moyen de la table VI, celles qui conviennent à tous les autres angles.

Supposons, par exemple, qu'on veuille, d'après l'expérience précédente, trouver l'erreur qui convient à l'angle de 90° mesuré par une observation croisée; on fera cette proportion:

L'erreur marquée par la 3^e colonne de la table pour l'angle de $121^\circ 55'$, mesuré par des observations croisées (c'est-à-dire $1' 38''$), est à l'erreur marquée dans cette même colonne pour 90° (c'est-à-

dire $32''$) comme l'erreur de $39''$, qu'on suppose donnée par l'expérience, est à un quatrième terme $13''$, qui sera l'erreur du miroir pour l'angle de 90° .

On pourra déterminer de la même manière les erreurs pour tous les autres angles, et faire ainsi une table particulière des erreurs de ce miroir, non seulement pour les observations croisées, mais encore pour les observations à droite et à gauche.

Nous ferons remarquer ici que les erreurs sont beaucoup plus petites dans les observations croisées que dans les observations à droite, qui sont celles que l'on fait avec l'octant; ainsi le cercle de réflexion a encore à cet égard un grand avantage sur l'ancien instrument.

Parallélisme des surfaces des verres colorés.

On se servira, pour la vérification des verres noirs, de l'observation du disque du soleil, ainsi qu'on va l'expliquer. Ayant mis d'abord l'alidade du grand miroir sur le point zéro, on placera dans leurs loges, en C et en D (*planche 2, fig. 1*), les deux verres noirs les plus opaques; ensuite, dirigeant la lunette sur le soleil, on fera mouvoir son alidade jusqu'à ce qu'on observe dans la lunette le contact des deux disques. Cette première opération étant faite, on retournera dans sa loge le verre noir placé en C de manière qu'il présente sa seconde surface au petit miroir; et si, en dirigeant de nouveau la lunette sur le soleil, les deux disques se touchent encore, ce verre noir aura ses surfaces parallèles, du moins dans le sens parallèle au plan de l'instrument, ce qui sera suffisant; mais si les deux disques se sont éloignés, ou s'ils mordent l'un sur l'autre, on fera mouvoir l'alidade du grand miroir pour ramener les images au contact, et alors la moitié de l'angle marqué par l'alidade sera l'erreur qui vient du défaut de parallélisme des surfaces. Si on veut connoître cette erreur avec plus de précision, on fera une seconde et une troisième opérations pareilles à la première, en partant du point où est actuellement l'alidade; et alors en prenant le quart ou la sixième partie de l'angle qui sera marqué par cette alidade, suivant qu'on aura fait quatre ou bien six observations, on aura plus exactement l'erreur cherchée.

Le verre coloré placé en C étant ainsi vérifié, on fera la même opération sur celui qui est en D; on vérifiera ensuite de la même manière le 3^e verre avec le second, comme aussi chacun des verres

de la *fig. 4* placés en *qq* avec un des petits verres placés en *D*, et de cette manière on connoîtra les erreurs de tous les verres noirs.

Quant aux verres verts, on pourra les vérifier par l'observation du diamètre de la lune lorsqu'elle est pleine, ou par celle de quelque objet terrestre bien éclairé.

Nous remarquerons ici, comme un grand avantage du cercle de réflexion, que, lorsqu'on fait des observations croisées, les erreurs des verres colorés placés en *C* n'alterent en rien la grandeur des angles mesurés, parceque si ces verres donnent les angles trop grands dans l'observation à droite, ils les donnent trop petits de la même quantité dans l'observation à gauche. Il n'en est pas de même des grands verres placés en *qq*, parceque l'incidence des rayons sur ces verres étant plus oblique dans l'observation à droite que dans l'observation à gauche, les erreurs ne peuvent se compenser entièrement. Cependant, comme on ne doit employer ces derniers verres que pour mesurer des angles de 34° au plus, et que, pour ces petits angles, les erreurs sont à-peu-près les mêmes que si l'incidence des rayons étoit perpendiculaire, on peut encore supposer que ces erreurs se détruisent dans les observations croisées.

On pourroit donc se dispenser de connoître les erreurs des verres colorés si on ne faisoit que des observations croisées : on le pourroit même encore lorsqu'on ne feroit que des observations à droite ou des observations à gauche, pourvu qu'on changeât les verres de côté à chaque observation, et que le nombre d'observations fût pair ; mais il y a des circonstances où on ne peut mesurer un angle que par une seule observation, et alors il faut tenir compte des erreurs trouvées.

Détermination de l'angle que l'intervalle des fils occupe dans le champ de la lunette.

La connoissance de cet angle est nécessaire, comme on le verra dans la suite, pour pouvoir estimer l'erreur des observations lorsque le contact des images s'apperçoit dans une autre ligne que les axes de vision parallèles au plan de l'instrument. Cette détermination peut se faire dans la grand chambre du vaisseau. Pour cela on fera d'abord tourner le porte-oculaire dans le tuyau de la lunette jusqu'à ce que les fils paroissent sensiblement perpendiculaires au plan de l'instrument ; ensuite, après avoir placé sur le point zéro l'alidade du grand miroir, on dirigera la lunette sur un objet qui soit au moins à 12 pieds de distance de l'instrument,

et on fera mouvoir l'alidade de la lunette jusqu'à ce que les deux images de l'objet coïncident. Cette première opération étant faite, on fera mouvoir l'alidade du grand miroir, et on disposera l'instrument de manière que l'une des deux images touchant un des fils, l'autre image touche l'autre fil, et alors l'angle marqué par l'alidade du grand miroir donnera la distance des deux fils.

Je viens de donner des moyens de rectifier les différentes parties du cercle de réflexion; je vais maintenant expliquer la manière de faire les observations, et pour cela je parlerai successivement de toutes les observations que l'on fait à la mer.

Observations des hauteurs méridiennes des astres pour déterminer la latitude.

• L'observation de la hauteur méridienne d'un astre se fait avec le cercle de réflexion absolument de la même manière qu'avec l'octant: on commence par ramener les deux miroirs au parallélisme, et ensuite on fait coïncider l'image de l'astre avec celle de l'horizon.

On observera le parallélisme des miroirs en prenant pour objet de vérification l'horizon de la mer, ou le diamètre du soleil si c'est pendant le jour que l'on fait l'observation, ou quelque étoile brillante si l'observation se fait pendant la nuit. Lorsqu'on fait la vérification au moyen de l'horizon de la mer ou d'une étoile, il suffit de faire coïncider les deux images dans la lunette, et alors les deux miroirs se trouvent parallèles; mais, lorsqu'on se sert de l'observation du diamètre du soleil, il faut opérer de la manière suivante.

On place d'abord deux verres noirs, l'un en C, et l'autre en D; ensuite, sans toucher à l'alidade du grand miroir, et ne faisant mouvoir que celle de la lunette, on ramène au contact les bords des deux disques de l'astre, et on note l'angle marqué par l'alidade de la lunette. Après cela, dirigeant toujours la lunette sur l'astre, on fait passer les deux disques l'un sur l'autre jusqu'à ce qu'ils se touchent de nouveau par les deux bords opposés, et on note encore l'angle marqué par l'alidade de la lunette. Enfin, prenant la moitié de la somme des deux angles marqués par l'alidade, on a le point du limbe où cette alidade doit être placée pour que les miroirs soient parallèles.

Supposons, par exemple, que l'alidade ait marqué $47^{\circ} 29' 30''$ dans la première observation, et $47^{\circ} 33' 30''$ dans la seconde: on prendra la somme de ces deux quantités $94^{\circ} 3'$, dont la

moitié $47^{\circ} 1' 30''$ marquera la division où doit être l'alidade, pour que les miroirs soient parallèles.

Le point du parallélisme étant ainsi trouvé, et l'alidade de la lunette étant mise sur ce point, on pourra prendre la hauteur méridienne de l'astre de deux manières, ou par l'observation à droite, ou par l'observation à gauche. Si on veut employer la première espèce d'observation, il faudra tenir l'instrument de la main droite et ramener vers l'œil l'alidade du grand miroir jusqu'à ce que l'image réfléchie de l'astre touche l'horizon de la mer vu directement, et alors la division marquée par l'alidade donnera la hauteur cherchée. Si on veut employer l'observation à gauche, il faudra tenir l'instrument de la main gauche et faire mouvoir l'alidade du grand miroir en l'éloignant de l'œil; et, lorsque l'image de l'astre touchera l'horizon, on aura la hauteur de l'astre en retranchant de 720° l'angle marqué par l'alidade.

On peut encore faire l'observation totale d'une manière un peu plus simple et plus abrégée. Après avoir placé d'abord deux verres noirs, l'un en C et l'autre en D, et l'alidade du grand miroir étant sur zéro, on dirigera la lunette sur le soleil, et on mettra les deux disques à-peu-près l'un sur l'autre; ensuite on fera mouvoir la lunette suivant l'ordre des divisions jusqu'à ce que les deux bords des disques se touchent exactement; et enfin, ôtant le verre noir qui est en D, on prendra la hauteur de l'astre sur l'horizon, comme on l'a dit ci-dessus. Mais on doit remarquer que, par cette opération, la hauteur de l'astre marquée par l'instrument sera trop grande du diamètre entier de l'astre, d'où l'on verra que si on a pris la hauteur du bord inférieur, il faudra retrancher le demi-diamètre de la hauteur observée, pour avoir la hauteur du centre. On voit que, dans les observations des hauteurs méridiennes que nous venons de décrire, le cercle de réflexion ne fait que l'office d'un octant; et, comme ce cercle n'a que 5 pouces de rayon, ainsi qu'on a pu le voir dans la description détaillée de l'instrument, et que le rayon des octants ordinaires est d'environ 12 pouces, il s'ensuit, comme nous l'avons déjà remarqué dans l'article précédent, que l'octant ordinaire a de l'avantage sur le cercle de réflexion dans ces sortes d'observations. Néanmoins, comme la différence de précision entre deux instruments à réflexion, bien divisés l'un et l'autre, dont l'un auroit 5 pouces et l'autre 12 pouces de rayon, n'est tout au plus que de $30''$, et qu'une erreur de cette quantité n'est d'aucune importance dans le courant de la navigation, notre instrument pourra suppléer l'octant pour les observations des

hauteurs méridiennes. D'ailleurs, dans le cas où on aura besoin de déterminer avec beaucoup de précision la latitude d'un point remarquable quelconque, on pourra se servir d'une manière particulière d'observer, que j'expliquerai bientôt, dans laquelle le cercle de réflexion donne beaucoup plus de précision que l'octant.

Observations des hauteurs des astres pour déterminer l'heure.

Dans l'espece d'observations que nous allons décrire, le cercle de réflexion jouit de tous ses avantages, parcequ'on peut alors prendre les hauteurs par des observations croisées.

Je supposerai d'abord que l'observateur soit muni d'une montre à seconde, pour marquer l'heure précise de chaque observation. Cela posé, ayant fixé l'alidade du grand miroir sur le point zéro de la division comme dans l'observation précédente, et tenant l'instrument de la main gauche dans une position à-peu-près verticale, on fera d'abord une premiere observation à gauche, c'est-à-dire qu'en dirigeant la lunette sur l'horizon on fera mouvoir son alidade jusqu'à ce que l'image de l'astre, passant entre la lunette et le petit miroir, et se réfléchissant ensuite sur les deux miroirs, vienne coïncider avec l'image de l'horizon de la mer vu directement. Cette premiere observation étant faite, et ayant marqué l'heure de la montre à laquelle le contact a été observé, on prendra l'instrument de la main droite; ensuite, laissant la lunette dans sa position et la dirigeant sur l'horizon, on desserrera l'alidade du grand miroir et on fera l'observation à droite en ramenant cette alidade vers l'œil pour obtenir une seconde fois le contact de l'astre avec l'horizon: on marquera encore l'heure de la montre à laquelle le second contact a été observé, et alors, en prenant la moitié de l'angle marqué par l'instrument, et la moitié de la somme des heures des observations, on aura la hauteur moyenne de l'astre correspondante à l'heure moyenne des deux observations.

Si on veut avoir un résultat plus précis, on fera une seconde opération absolument semblable à la premiere, en partant du point où se trouve maintenant l'alidade du grand miroir, et regardant ce point comme le zéro de la division. Par cette seconde opération on aura un angle total dont le quart sera la hauteur correspondante à l'heure moyenne des quatre observations. Enfin on parviendra à une précision plus grande encore, en faisant une troisieme opération, et ainsi de suite.

Nous remarquerons ici, conformément à ce que nous avons déjà dit ailleurs, que, lorsqu'on observe des hauteurs du soleil, on ne doit employer les verres de la *fig. 4*, placés devant le grand miroir,

que pour les hauteurs depuis 5° jusqu'à 34° , et que pour toutes les autres hauteurs on doit se servir des petits verres de la *fig. 3.*

Observations des hauteurs des astres, faites à une petite distance du méridien, pour en conclure leur vraie hauteur méridienne.

Pour faire ces observations, il faut, premièrement, avoir déterminé par des observations préparatoires, faites long-temps avant le passage au méridien, l'heure à laquelle l'astre doit passer à ce méridien. Cette heure étant connue, on commencera, quelques minutes avant le passage, à observer les hauteurs de l'astre, et on fera de suite plusieurs observations croisées, pareilles à celles que nous venons de décrire, en ayant attention de marquer l'heure à laquelle chaque observation aura été faite. On divisera ensuite, par le nombre d'observations, l'angle total marqué par l'alidade, et on aura d'abord une hauteur méridienne approchée : il restera ensuite à trouver les corrections à faire à cette hauteur approchée pour avoir la hauteur vraie; et c'est ce que nous montrerons dans le chapitre suivant, où je traiterai du calcul des observations.

Observations des distances de la lune aux astres pour déterminer les longitudes.

Ces observations peuvent se faire de deux manières; par trois observateurs, ou par un seul. Nous allons d'abord parler de la première manière, qui donne des résultats plus simples, et que nous croyons par cette raison seule devoir être toujours préférée à l'autre lorsqu'on a un nombre suffisant de coopérateurs.

Des trois observateurs qu'on emploie dans cette méthode, il y en a deux qui sont chargés de prendre les hauteurs des deux astres, tandis que le troisième mesure les distances de ces astres. Nous n'entrerons dans aucun détail sur la manière dont les deux premiers doivent faire leurs observations, parceque nous en avons déjà parlé suffisamment dans les articles précédents, et que d'ailleurs ces observations n'ayant pas besoin d'être très précises, il n'est pas nécessaire d'y employer le cercle de réflexion, mais seulement l'octant: nous dirons seulement que ces deux observateurs doivent avoir l'attention de suivre continuellement le mouvement des astres dont ils prennent les hauteurs, et de les tenir toujours à une très petite distance de l'horizon, afin qu'à l'instant où ils seront avertis par le troisième observateur, ils n'aient plus besoin que de donner un petit mouvement au rappel pour mettre les images en contact. Quant aux observations des distances, quoi-

qu'elles ne different pas, dans le fond, de celles dont nous avons parlé dans le chapitre premier, il nous paroît nécessaire, à cause de leur importance, d'en donner une description un peu étendue.

Comme il faut toujours que l'observateur commence par une observation à gauche, il fixera d'abord l'alidade du grand miroir sur le point zéro de la division : ensuite, dirigeant la lunette sur celui des deux astres qui a le moins de lumière, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, savoir, sur la lune s'il observe les distances du soleil à la lune, et sur l'étoile s'il observe les distances de la lune aux étoiles, il fera tourner l'instrument en entier autour de l'axe de la lunette, pris comme axe de mouvement, jusqu'à ce que le second astre soit dans le plan de l'instrument et se trouve placé à gauche de la lunette par rapport au grand miroir. L'instrument étant dans cette position, il fera mouvoir l'alidade du petit miroir, en tenant toujours la lunette sur l'astre, jusqu'à ce qu'il ait ramené dans le champ de la lunette l'image de l'astre lumineux. Lorsqu'il sera parvenu à mettre les deux images à une petite distance l'une de l'autre, il les rapprochera par le moyen du rappel, et, à l'instant où elles se toucheront, il en avertira les deux autres observateurs, qui aussitôt mettront en contact avec l'horizon les images des astres qu'ils observent. La première observation étant ainsi achevée, on écrira les hauteurs des deux astres, et le troisième observateur se disposera à faire l'observation à droite.

Pour cela, laissant l'alidade du petit miroir sur le point du limbe où elle se trouve, il desserrera celle du grand miroir : ensuite, tenant l'instrument dans une position absolument opposée à celle qu'il avoit dans la première observation, et dirigeant toujours la lunette sur l'astre le moins lumineux, il fera mouvoir l'alidade du grand miroir suivant l'ordre des divisions pour ramener encore l'image de l'astre lumineux dans le champ de la lunette en la faisant venir du côté droit par rapport à la lunette ; enfin, lorsque les deux images se toucheront, il avertira, comme ci-dessus, les deux autres observateurs, qui feront aussitôt toucher les images des astres avec l'horizon, et on écrira ensuite les deux nouvelles hauteurs et la double distance observée.

Les deux premières observations étant achevées, il sera aisé d'en faire d'autres pareilles en partant du point où est maintenant l'alidade et suivant toujours le même procédé que nous venons de donner : enfin, lorsqu'on en aura fait le nombre qu'on croira nécessaire pour obtenir une précision suffisante, on divisera par ce nombre, tant la somme totale des distances, marquée par l'instrument, que les sommes des hauteurs observées de chaque astre,

et on aura une distance moyenne des deux astres et une hauteur moyenne de chaque astre, qu'on pourra regarder comme trois observations simultanées faites par les trois observateurs.

Il nous reste maintenant à parler de la seconde manière de faire ces observations. Nous avons dit qu'on n'emploie qu'un seul observateur dans cette seconde manière; et voici comment il doit opérer. Supposant d'abord qu'il soit muni d'une montre à seconde pour marquer l'heure de chaque observation, il commencera par observer, avec le cercle de réflexion, deux hauteurs de chaque astre, en faisant pour chacun une observation à gauche et une observation à droite; ensuite il prendra deux, ou quatre, ou bien six distances des deux astres, suivant le degré de précision qu'il voudra donner à ses observations, et il finira par deux nouvelles hauteurs de chaque astre qu'il prendra comme les deux premières. Toutes ces observations étant faites, et l'heure de chaque observation ayant été marquée, il ne restera plus qu'à les réduire à trois observations simultanées, comme dans la première manière d'observer. Pour cela, on divisera d'abord la somme des distances observées, données par le cercle de réflexion, ainsi que la somme des hauteurs auxquelles ces distances ont été observées, par le nombre des observations, et on aura une distance moyenne des deux astres correspondante à une heure moyenne: ensuite, en se servant des observations des hauteurs faites avant et après celles des distances, on trouvera par interpolation la hauteur de chaque astre correspondante à l'heure moyenne des distances observées, et alors les observations seront réduites à trois observations simultanées comme ci-dessus.

Les explications que nous venons de donner suffisent pour faire bien entendre la manière d'observer les distances de la lune aux astres avec le cercle de réflexion. Il nous reste à ajouter quelques remarques qui peuvent être utiles pour faciliter les observations, ou pour les rendre plus précises.

REMARQUE I. Il est quelquefois embarrassant pour l'observateur, à cause de la position gênante dans laquelle il tient l'instrument, de ramener les deux images dans le champ de la lunette; ce qui oblige à beaucoup de tâtonnements et rend les observations longues et laborieuses: on évitera cet inconvénient en déterminant à-peu-près, par une opération préparatoire, les points de la division sur lesquels les alidades doivent être placées pour chaque observation. Voici comme on y parviendra.

Il faudra d'abord faire une observation pour connoître à-peu-près la distance des deux astres. Pour cela, après avoir placé

l'alidade du grand miroir sur le point zéro, on ramènera le petit miroir au parallélisme en faisant coïncider les deux images de l'horizon, et on notera l'angle marqué par l'alidade de la lunette; ensuite, laissant toujours l'alidade du grand miroir sur le point zéro, on prendra la distance des deux astres par l'observation à gauche, c'est-à-dire en faisant mouvoir l'alidade de la lunette, et on notera encore l'angle marqué par cette alidade; enfin, retranchant le premier angle du second, on aura la distance approchée des deux astres. Supposons, par exemple, que l'alidade de la lunette ait marqué $47^{\circ} 30'$ lors de la vérification à l'horizon, et 558° lorsqu'on a observé le contact des images: retranchant le premier angle du second, on aura, pour la distance cherchée, $86^{\circ} 30'$.

Cela posé, je remarque que, par la manière dont on fait les observations croisées, toutes les fois qu'on déplace une des alidades on lui fait parcourir un angle double de la distance des deux astres, c'est-à-dire, dans notre supposition, un angle de 173° double de l'angle observé $86^{\circ} 30'$. Il suit de là que l'alidade de la lunette, qui, dans la première observation à gauche, est placée sur 558° , doit être portée, dans la seconde observation à gauche, sur $558^{\circ} + 173^{\circ}$, ou sur 731° (ce qui est la même chose que 11° , parceque la division recommence après 720°). Par la même raison, dans la troisième observation à gauche, elle sera portée sur $11^{\circ} + 173^{\circ}$, ou sur 184° ; dans la quatrième, sur $184^{\circ} + 173^{\circ}$, ou sur 357° , et ainsi de suite. Quant à l'alidade du grand miroir, qui, par la supposition, se trouve d'abord sur le point zéro de la division, on voit qu'elle doit être portée sur 173° dans la première observation à droite; sur deux fois 173° , ou 346° , dans la seconde observation à droite; sur trois fois 173° , ou 519° , dans la troisième, et ainsi de suite. D'après cela, avant de commencer les observations, on fera un petit tableau des positions successives des deux alidades comme il suit.

POSITIONS de l'alidade du grand miroir.	POSITIONS de l'alidade du petit miroir.
0°	
173	558°
346	11
519	184
692	357
etc.	etc.

Connoissant ainsi d'avance à-peu-près les positions que doivent

avoir les alidades, il est clair qu'en leur donnant successivement ces positions, on ramènera dès le premier essai, et sans aucun tâtonnement, les deux images dans le champ de la lunette; il ne restera plus alors qu'à les rapprocher par le moyen des rappels.

REMARQUE II. On sait qu'une des conditions essentielles pour la bonté des observations est que le contact des images se fasse dans un plan parallèle à celui de l'instrument, c'est-à-dire dans le milieu de l'intervalle des deux fils qui sont placés au foyer de la lunette, et qu'on suppose avoir été convenablement ajustés par la vérification, page 22; mais, comme il est souvent assez difficile de remplir cette condition, sur-tout lorsque le vaisseau a beaucoup de mouvement, on doit chercher du moins à tenir compte de l'erreur qu'on commet dans une observation en faisant tomber le contact hors du plan de l'instrument. Pour cela, il faut avoir l'attention, toutes les fois qu'on fait une observation, de remarquer le point du champ de la lunette où le contact s'aperçoit, et d'estimer combien ce point est plus près d'un fil que de l'autre. Connoissant ensuite la distance angulaire des deux fils, on conclura aisément la quantité dont l'observation aura dévié du plan passant par le milieu de l'intervalle des fils; et enfin, la déviation étant connue, on se servira de la table pour déterminer la correction qu'il faut faire à l'observation.

Supposons, par exemple, qu'on ait remarqué, en faisant une observation, que le point où on a aperçu le contact est quatre fois plus près d'un fil que de l'autre, et qu'on ait trouvé, par une expérience précédente, que la distance des deux fils est de cent minutes, il s'ensuivra que le contact a été vu à 20' d'un des fils, et à 80' de l'autre; et comme, pour l'exactitude de l'observation, il auroit dû être vu à 50' de chaque fil, c'est-à-dire dans le milieu de leur intervalle, on en conclura que la déviation de l'observation est de 30'. Cela posé, il faudra chercher dans la table la correction qui convient à 30' de déviation et à l'angle observé.