

JOURNAL  
DE  
MATHÉMATIQUES

PURES ET APPLIQUÉES

FONDÉ EN 1836 ET PUBLIÉ JUSQU'EN 1874

PAR JOSEPH LIOUVILLE

---

ERNEST LIOUVILLE

**Mémoire sur l'emploi des mires méridiennes dans le  
calcul de la déviation azimutale**

*Journal de mathématiques pures et appliquées 1<sup>re</sup> série*, tome 19 (1854), p. 139-150.

[http://www.numdam.org/item?id=JMPA\\_1854\\_1\\_19\\_139\\_0](http://www.numdam.org/item?id=JMPA_1854_1_19_139_0)

 gallica

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Gallica de la Bibliothèque nationale de France  
<http://gallica.bnf.fr/>

et catalogué par Mathdoc  
dans le cadre du pôle associé BnF/Mathdoc  
<http://www.numdam.org/journals/JMPA>

## MÉMOIRE

SUR

L'EMPLOI DES MIRES MÉRIDIANNES DANS LE CALCUL

DE LA DÉVIATION AZIMUTALE;

PAR M. ERNEST LIOUVILLE.

(Lu à l'Académie des Sciences le 22 mai 1854.)

1. On sait que deux sortes d'erreurs affectent les temps des passages des astres derrière le réticule des lunettes méridiennes : les unes sont tout à fait indépendantes de la lunette elle-même, les autres sont liées d'une manière intime avec la position de l'instrument.

2. Les erreurs qui dépendent de la position de la lunette, et qui nous occuperont seules aujourd'hui, sont au nombre de trois. Car, pour qu'une lunette tournant autour d'un axe décrive un plan méridien, il faut : 1<sup>o</sup> que son axe optique soit perpendiculaire à son axe de rotation; 2<sup>o</sup> que son axe de rotation soit horizontal; 3<sup>o</sup> que les deux autres conditions étant remplies, le plan décrit par la lunette passe par le pôle, ou, ce qui revient au même, soit le plan où les étoiles qui ne se couchent pas atteignent leur plus haute et leur plus basse culmination.

A ces trois conditions, lorsqu'elles ne sont pas exactement remplies, répondent trois erreurs : 1<sup>o</sup> l'erreur d'axe optique ou de collimation; 2<sup>o</sup> l'erreur d'inclinaison; 3<sup>o</sup> l'erreur de déviation ou d'azimut [\*].

[\*] Il est bon de préciser ici ce que j'entends par erreur : désignant par  $T$  le temps du passage observé d'un astre, par  $ax$ ,  $by$ ,  $cz$  les erreurs dues à la lunette, provenant de la déviation, de l'inclinaison, et de l'axe optique, par  $\eta$  l'erreur provenant de la pendule, et par  $t$  le temps où aurait dû avoir lieu l'observation, nous aurons l'équation

$$t = T + ax + by + cz - \eta.$$

3. Une lunette amenée par des moyens mécaniques à satisfaire aux trois conditions exigées pour qu'elle décrive un plan méridien ne pouvant que fort difficilement rester dans cette position, on est obligé de déterminer les erreurs qui proviennent d'un changement de position quelconque, et d'en tenir compte dans le calcul des temps des passages observés des astres; on conçoit facilement dès lors de quelle importance il est de connaître parfaitement ces erreurs.

4. Deux d'entre elles, l'erreur d'axe optique et l'erreur d'inclinaison, peuvent se déterminer directement, et sans avoir recours aux observations astronomiques. Le retournement de la lunette sur une mire dont la valeur des parties est connue, donne facilement la première; l'emploi du niveau ou la réflexion des fils du réticule sur la surface horizontale du mercure permettent de déterminer et de corriger la seconde. Mais il n'en est pas de même de l'erreur de déviation azimutale; on est obligé, pour la connaître, d'avoir recours aux observations astronomiques.

5. Les temps des passages à la moyenne des fils du réticule de la lunette méridienne ayant été déterminés pour deux étoiles assez différentes en déclinaison, on corrige ces temps observés des erreurs produites par le défaut de perpendicularité de l'axe optique sur l'axe de rotation de la lunette, et du défaut d'horizontalité de ce dernier; on retranche ensuite la différence de ces temps corrigés de la différence des ascensions droites données pour ces étoiles dans les éphémérides, et l'on divise le tout par le coefficient de déviation correspondant à la deuxième étoile dont on a retranché le coefficient de déviation correspondant à la première. Le résultat ainsi obtenu est l'angle que fait le plan décrit par la lunette avec le plan méridien, ou l'azimut de la lunette exprimé en temps [\*].

---

[\*] Soient  $\frac{1}{15}x$  l'angle de déviation de la lunette exprimé en temps,  $t$  et  $t'$  les temps sidéraux des passages observés des deux étoiles corrigés des erreurs d'axe optique et d'inclinaison,  $\mathcal{R}$  et  $\mathcal{R}'$  les ascensions droites des étoiles employées; on a, si  $x$  est assez petit pour qu'on puisse remplacer par les arcs les lignes trigonométriques

6. On voit, par la manière même dont on procède pour rechercher cette déviation, quelles sont les causes qui empêchent de la déterminer très-rigoureusement : le défaut d'exactitude de l'observation elle-même, et l'emprunt que l'on fait aux éphémérides de positions sur lesquelles il règne toujours une petite incertitude. Ces erreurs, si l'on opère avec des étoiles assez distantes du pôle, peuvent égaler et surpasser l'erreur de déviation. Lors même que l'on opère avec la polaire et une étoile équatoriale, une simple erreur d'une seconde sur la différence des temps observés (et l'on ne peut espérer d'arriver facilement à une pareille précision) en fait naître une de  $\frac{1}{4}$  centièmes de seconde de temps dans la déviation. Il faudrait donc multiplier les observations des étoiles qui peuvent servir à cette recherche, ce qu'il est souvent difficile, quelquefois impossible de faire. Une des deux causes d'incertitude, celle qui provient de la position attribuée à une étoile dans les éphémérides, disparaît cependant lorsqu'on peut observer la même étoile à ses deux passages au méridien. Mais cette méthode ne peut s'appliquer à des étoiles quelconques que dans les longues nuits d'hiver, et, pendant le reste de l'année, la polaire et les quelques brillantes étoiles qui environnent le pôle permettent seules de l'employer.

7. Pour échapper à cet inconvénient, des astronomes ont imaginé, lorsqu'ils observent la Lune ou les planètes, de les comparer aux étoiles fixes situées à peu près sur le même parallèle : alors l'erreur provenant de la déviation affecte de la même manière et la planète et l'étoile; elle n'empêche donc point de déduire la position de la planète, de celle de l'étoile supposée connue.

Cette méthode, qui peut permettre quelquefois de tirer parti d'observations pour lesquelles le calcul de la déviation manque, doit par-

---

qui leur correspondent,

$$\frac{1}{15} x = \frac{(\mathcal{R}' - \mathcal{R}) - (t' - t)}{\frac{\cos h'}{\sin \Delta'} - \frac{\cos h}{\sin \Delta}},$$

$h, h'$  désignant les hauteurs méridiennes au-dessus de l'horizon sud, comptées de 0 à 180 degrés, et  $\Delta, \Delta'$  les distances polaires de chacune des étoiles dont on s'est servi.

faitement réussir toutes les fois que les erreurs instrumentales sont très-petites ou que le mouvement de la planète n'est pas trop considérable. Aussi M. Le Verrier, qui, dans son beau travail sur Mercure, l'a employée pour la réduction de deux séries d'excellentes observations de cette planète, faites à l'Observatoire de Paris du 8 mars 1801 au 22 octobre 1828, et du 20 avril 1836 au 18 août 1842, dont la seconde, encore inédite, avait été mise à sa disposition par la libéralité scientifique de M. Arago, n'a procédé de la sorte qu'après s'être assuré que l'erreur de collimation, l'erreur en azimut, et l'erreur du niveau étaient toujours nulles ou fort petites. Mais comment aurait-on pu reconnaître la petitesse de l'erreur azimutale si l'on n'avait eu des observations propres à la déterminer? Ajoutons que le nombre des étoiles fondamentales situées sur le parallèle des planètes est assez petit : pour rester sur ce parallèle on est obligé, la plupart du temps, de se servir d'étoiles moins brillantes et dont la position n'est pas aussi exactement connue; cette ressource manque même totalement pour les planètes dont le passage au méridien a lieu pendant le jour. Il est donc souvent indispensable, dans ce dernier cas, de connaître la déviation.

8. Est-il bien vrai d'ailleurs que cette connaissance soit inutile, même quand on peut observer des étoiles sur le parallèle de la planète? Outre qu'elle permet d'employer à la détermination du lieu de cette planète un plus grand nombre d'étoiles fondamentales et d'étoiles situées dans différentes parties du ciel, et, par suite, d'éliminer plus sûrement les erreurs provenant des positions défectueuses attribuées aux étoiles de comparaison, n'est-elle pas nécessaire à celui qui voudrait avoir d'une manière plus certaine le temps absolu de l'observation? Loin de renoncer à calculer la déviation, cherchons donc, au contraire, à en rendre la détermination à la fois plus exacte et plus facile.

9. Il arrive quelquefois que, favorisé par le temps ou les circonstances, on peut déterminer fort exactement l'azimut d'une lunette méridienne; puis l'on est souvent plusieurs jours, pendant lesquels il est cependant possible de faire des observations importantes, avant de pouvoir arriver à une nouvelle détermination exacte de la déviation azimutale. Comment se comporte la lunette pendant cet intervalle de temps, quelle correction faut-il apporter aux passages observés à

l'aide de l'instrument? Voilà quelle question on est naturellement conduit à se poser.

Lorsque les temps des observations qui servent à calculer la déviation ne sont pas très-rapprochés, on voit facilement, par les résultats auxquels on arrive, que l'on ne doit pas faire simplement varier l'erreur d'azimut proportionnellement au temps; il faut donc chercher un autre mode d'interpolation, et les mires méridiennes vont nous le fournir.

**10.** L'usage des mires pour amener à peu près les lunettes dans le méridien est fort ancien. L'Observatoire de Paris en avait autrefois deux, dont on peut lire la description dans l'introduction aux volumes publiés, en 1825, en vertu d'un arrêté du Bureau des Longitudes, et qui contiennent les observations astronomiques faites de 1810 à 1825 par MM. Arago, Bouvard, Mathieu, Nicollet et Gambart. L'une de ces mires avait été placée sur la façade méridionale du palais du Luxembourg, en l'année 1800, à une distance de 1364 mètres environ de la lunette méridienne; l'autre l'avait été en 1806, au midi de l'Observatoire, sur une pyramide élevée dans la plaine de Montrouge, à une distance d'environ 1840 mètres. Mais la mire du Luxembourg fut détruite lors de l'agrandissement de cet édifice, et, plus tard, celle de Montrouge fut cachée par les constructions élevées par le Génie pour les fortifications de Paris.

Pour remédier à cet état de choses, le Bureau des Longitudes décida, sur la proposition de M. Arago, qu'une mire serait placée sur les terrains mêmes de l'Observatoire, et l'exécution en fut confiée à M. Brunner. Cette mire, établie vers la fin du mois de septembre 1852, étant celle qui a servi aux expériences que je vais rapporter, je dois en donner une description rapide.

**11.** Elle se compose d'une plaque métallique percée d'un disque à son centre, et placée sur un pilier édifié à l'extrémité de la terrasse de l'Observatoire; ce pilier repose sur les murs mêmes de cette terrasse. Sur un second pilier, situé à 70 mètres environ du premier, et qui s'appuie sur le mur le plus rapproché des cabinets d'observation, est placé un objectif destiné à rendre parallèles les rayons de lumière venant de la mire, de manière que, dans la lunette, l'image puisse se former au foyer astronomique. Cet objectif entre dans un anneau

auquel est attachée une plaque métallique solide fixée sur un cadre scellé au pilier. La plaque peut être rendue mobile au moyen d'une vis latérale qui permet à l'objectif de glisser entre les rainures du cadre; il en est de même de la mire.

Le but principal que M. Arago s'était proposé était de déterminer facilement l'erreur de collimation de la lunette au moyen d'un retournement sur cette mire; il voulait, en outre, qu'elle restât fixe; aussi son diamètre était-il beaucoup plus grand que celui des mires ordinaires; il sous-tendait, vu de la lunette, un angle de  $14''{,}70$ .

Dans d'autres observatoires, à Poulkova par exemple [\*], on se sert, pour déterminer la déviation, d'un système de deux mires, l'une au nord, l'autre au sud de l'instrument, et composées, comme celle de Paris, d'un objectif et d'un disque. Mais le diamètre du disque n'est que de  $2''$ , et la plaque mobile de l'objectif porte une division tracée sur un petit limbe d'argent; sur le cadre se trouve un index. Si le fil du milieu de la lunette n'est pas en coïncidence exacte avec le disque de la mire, l'observateur emploie une verge en bois qui communique avec la vis de l'objectif, et donne à cet objectif le mouvement latéral nécessaire, jusqu'à ce que l'image de la mire tombe exactement sur le fil; alors il lit la position de l'index sur la division tracée sur la plaque de l'objectif. On voit que, dans ce mode d'observation, on déplace à chaque expérience l'objectif de la mire. M. Arago voulait, au contraire, qu'il restât fixe et qu'on mesurât la distance du fil méridien au centre de la mire, à l'aide d'un prisme biréfringent placé entre l'oculaire et l'œil. On avait réuni sur une même pièce en cuivre plusieurs prismes dont les angles de déviation variaient de  $30''$  en  $30''$ , ce qui permet, avec un grossissement de deux cents fois seulement, de mesurer la distance à  $\frac{1}{7}$  de seconde d'arc, précision bien supérieure aux erreurs de pointé.

**12.** Quoi qu'il en soit de ces deux systèmes, voici comment j'ai opéré avec la mire de M. Arago pour étudier sa marche en contrôlant sans cesse par des observations astronomiques les résultats qu'elle fournit.

A chaque jour favorable pour ces observations astronomiques, j'estime avec soin la distance du fil méridien au centre de la mire en parties

---

[\*] Voir, pour plus de détails, la *Description de l'observatoire central de Poulkova*, par M. STRUVE, tome I, pages 125 et suivantes.

du rayon de cette mire (la valeur du rayon est de  $7^{\prime\prime},35$  d'arc); j'en retranche ensuite l'effet de l'erreur d'axe optique, erreur déterminée par les procédés ordinaires de retournement. Au moyen de la lecture sur la mire, ainsi corrigée, j'obtiens la valeur de la déviation qui aurait lieu si le centre de la mire coïncidait alors avec le méridien, et je la compare à celle qui résulte des observations astronomiques: la différence entre les deux valeurs ainsi trouvées m'indique à quelle distance du centre de la mire et dans quel sens est le méridien.

Telle est l'opération que j'ai répétée pendant près de cinq mois, du 28 décembre 1852 au 23 mai 1853, et pendant deux mois et demi, du 9 septembre au 25 novembre 1853, toutes les fois que cela m'a été possible. J'ai obtenu ainsi, pour chaque jour où j'ai opéré, l'erreur du centre ou du zéro de la mire.

Les erreurs du zéro étant déterminées de cette manière, j'ai vu qu'elles restaient à peu près constantes pendant un certain intervalle de temps; puis, qu'elles variaient par sauts brusques. Aucun changement considérable ne s'est produit graduellement et par une accumulation de petits changements. Ainsi, pendant quatorze jours, du 16 février au 1<sup>er</sup> mars, le zéro de la mire était resté presque rigoureusement à l'ouest du méridien de  $0^{\circ},09$ , tandis que du 1<sup>er</sup> au 3 mars, en deux jours, il passe plus à l'ouest de  $0^{\circ},10$ , éprouve ensuite en sens divers (du 3 au 10 et du 10 au 12) deux perturbations encore plus fortes, de  $0^{\circ},20$  et  $0^{\circ},27$ , et ne redevient stable qu'à partir du 12 mars. De même, du 22 au 24 mars, le zéro qui pendant dix jours s'était maintenu à l'ouest du méridien de  $0^{\circ},26$  passe brusquement à  $0^{\circ},39$ . Un changement plus grand encore s'est manifesté du 13 au 18 mai; il atteint 3 dixièmes de seconde, tandis que du 25 avril au 13 mai, la mire s'est conservée presque absolument fixe.

Cette remarque m'a naturellement conduit à grouper les observations consécutives de la mire pour lesquelles j'avais obtenu la même erreur du zéro ou une erreur peu différente, et à en former des séries séparées entre elles par un ou plusieurs points de discontinuité.

Comme j'ai vu, en outre, que dans les séries ainsi formées les différences entre les positions du zéro n'étaient que de l'ordre des erreurs du pointé, et semblaient n'affecter aucune loi de variation, j'ai pris pour erreur uniforme du zéro de la mire, pendant toute la série, la



moyenne des erreurs déterminées dans l'espace de temps qu'elle renferme. Cela m'a permis de faire concourir à la détermination de la position du zéro, non plus seulement les observations astronomiques faites le jour même de la lecture sur la mire, mais toutes celles faites pendant la même série; et c'est de cette position que je conclus une valeur nouvelle de la déviation azimutale, plus exacte, ce me semble, que celle qu'on avait par les seules observations astronomiques du jour. J'espère avoir ainsi atténué beaucoup les erreurs de pointé. Voilà un premier service que la mire peut rendre.

Maintenant, supposons qu'un astre ait été observé à un des jours compris dans l'intervalle d'une de nos *séries régulières*, et que ce jour soit un de ceux où la détermination astronomique de l'azimut s'est trouvée impossible, mais non pas la lecture sur la mire. Que ce jour soit, par exemple, le 29 avril, compris dans la série régulière du 25 avril au 13 mai. L'erreur uniforme du centre de la mire, trouvée comme on l'a dit, est de  $0^s,18$  pour cette série. Il faudra donc retrancher  $0^s,18$  de la lecture sur la mire déjà corrigée de l'erreur d'axe optique, et l'on aura l'erreur de déviation au jour indiqué.

13. On voit par là comment la mire peut fournir souvent une méthode d'interpolation pour trouver l'azimut dans un intervalle de quelques jours où manquent les déterminations astronomiques; il faut seulement que la comparaison de la mire à des observations antérieures et postérieures fasse connaître sa position, et montre que dans l'intervalle en question il n'y a pas eu de changement brusque. A la rigueur, il suffit de deux comparaisons, l'une au commencement, l'autre à la fin de l'intervalle dont il s'agit. Si la différence des erreurs du centre de la mire à ces deux instants est peu considérable, c'est qu'il n'y a pas eu de discontinuité. Mais on comprend qu'il est préférable de faire intervenir le plus grand nombre de comparaisons possible.

14. En effet, le plus grand défaut de la mire, ce qui empêche de donner aux résultats obtenus toute la précision dont ils sont susceptibles, provient de la difficulté d'en faire une observation parfaitement exacte. La mire est souvent ondulante; le fil auquel on compare le centre de la mire peut souvent, par suite de ces ondulations, surtout pour les observations faites pendant le jour, paraître correspondre à des points distants entre eux de 2 ou 3 centièmes de seconde de temps; il impor-

terait donc d'avoir une autre mire, située à 180 degrés de la première, qui permît de faire des observations correspondantes, ce qui multiplierait les pointés, et, tout en faisant disparaître l'incertitude qui résulte d'une seule observation, donnerait toute la symétrie désirable. L'établissement de cette seconde mire était dans les intentions de M. Arago et du Bureau des Longitudes; mais on voulait que la mire déjà établie fût expérimentée avant de procéder à l'édification de la seconde.

15. Si j'avais eu à ma disposition ces deux mires combinées, j'aurais repris mon travail, l'emploi des deux mires permettant de séparer plus facilement l'erreur d'axe optique de l'erreur de déviation. Mais la mort de M. Arago a empêché d'établir la seconde; d'ailleurs, j'ai dû moi-même, il y a trois mois, quitter l'Observatoire et abandonner la suite de ces recherches. Toutefois, les résultats que j'ai obtenus me paraissent remplir le but que je m'étais proposé, et je les considère comme pouvant servir de base à des travaux que j'aurai l'honneur de présenter ultérieurement à l'Académie.

16. Je termine ce Mémoire en donnant deux tableaux qui contiennent les *séries régulières* manifestées par les comparaisons de la mire aux observations astronomiques que j'ai faites dans l'intervalle du 28 décembre 1852 au 23 mai 1853, et du 9 septembre au 25 novembre 1853. Dans chacune de ces séries (comme il a été dit, n° 12), la mire varie peu, tandis qu'il y a discontinuité dans le passage de l'une à l'autre. Pour chaque série je donne, en colonnes séparées, la déviation calculée par les observations astronomiques, la lecture correspondante sur la mire, l'erreur d'axe optique, la lecture sur la mire corrigée de l'axe optique, l'erreur du zéro qui résulte de la moyenne de ces lectures corrigées (en prenant cette moyenne, j'ai tenu compte du nombre des couples d'observations inscrit dans une colonne à part), la déviation qui s'en conclut, et, enfin, la différence entre cette valeur de la déviation et celle que les seules observations du jour avaient d'abord fournie. Une des observations du 19 janvier étant notée douteuse dans mes registres, je n'ai pas fait entrer le 19 janvier dans le calcul de la moyenne pour la série où il figure. J'ai négligé aussi le 14 avril dans la série du 7 au 23, parce que la mire n'a pas été observée ce jour-là d'une manière assez convenable.

DATES.	NOMBRE des couples d'observations astronomi- ques.	DÉVIATION calculée à leur aide.	LECTURE sur la mire.	ERREUR de l'axe optique.	LECTURE corrigée de l'axe optique.	ERREUR du zéro de la mire.	DÉVIATION qui s'en conclut.	EXCÈS de la première valeur de la déviation sur la seconde.
1852. 28 déc.	2	<sup>s</sup> -0,07	<sup>s</sup> -0,20	<sup>s</sup> +0,02	<sup>s</sup> -0,22	-0,18	<sup>s</sup> -0,04	<sup>s</sup> -0,03
1853. 3 janv.	3	+0,01	-0,18	+0,03	-0,21		-0,03	+0,04
8	2	-0,06	-0,16	+0,03	-0,19		-0,01	-0,05
11 janv.	1	-0,12	-0,10	+0,03	-0,13	0,00	-0,13	+0,01
14	1	-0,25	-0,20	+0,04	-0,24		-0,24	+0,01
15	2	-0,15	-0,16	+0,04	-0,20		-0,20	+0,05
18	1	-0,28	-0,16	+0,04	-0,20		-0,20	-0,08
19	1	-0,28:	-0,12	.....	.....		.....	.....
24 janv.	2	-0,10	-0,16	+0,05	-0,21	-0,09	-0,12	+0,02
28	1	-0,11	-0,12	+0,05	-0,17		-0,08	-0,03
6 févr.	1	-0,04	-0,18	+0,06	-0,24	-0,20	-0,04	0,00
9	2	-0,02	-0,16	+0,06	-0,22		-0,02	0,00
16 févr.	3	-0,08	-0,10	+0,07	-0,17	-0,09	-0,08	0,00
19	1	-0,11	-0,13	+0,07	-0,20		-0,11	0,00
25	4	-0,17	-0,20	+0,08	-0,28		-0,19	+0,02
28	1	-0,14	-0,10	+0,08	-0,18		-0,09	-0,05
1 mars.	1	-0,11	-0,12	+0,08	-0,20		-0,11	0,00
12 mars.	1	0,00	-0,25	0,00	-0,25	-0,26	+0,01	-0,01
14	1	+0,03	-0,25	0,00	-0,25		+0,01	+0,02
15	1	+0,01	-0,25	0,00	-0,25		+0,01	0,00
19	1	-0,07	-0,37	0,00	-0,37		-0,11	+0,04
22	1	-0,08	-0,30	0,00	-0,30		-0,04	-0,04
24 mars.	1	-0,06	-0,49	0,00	-0,49	-0,39	-0,10	+0,04
28	1	-0,05	-0,41	0,00	-0,41		-0,02	-0,03
29	1	-0,05	-0,41	0,00	-0,41		-0,02	-0,03
7 avril	1	-0,16	-0,41	0,00	-0,41	-0,31	-0,11	-0,05
14	1	-0,30	-0,48:	.....	.....		.....	.....
17	2	-0,08	-0,42	0,00	-0,42		-0,12	+0,04
23	2	-0,09	-0,42	0,00	-0,42		-0,12	+0,03
25 avril.	1	-0,17	-0,40	0,00	-0,40	-0,18	-0,22	+0,05
27	1	-0,25	-0,40	0,00	-0,40		-0,22	-0,03
30	2	-0,24	-0,40	0,00	-0,40		-0,22	-0,02
4 mai.	1	-0,20	-0,37	0,00	-0,37		-0,19	-0,01
6	1	-0,21	-0,40	+0,01	-0,41		-0,23	+0,02
10	1	-0,16	-0,40	+0,01	-0,41		-0,23	+0,07
13	1	-0,27	-0,40	+0,01	-0,41		-0,23	-0,04
18 mai.	1	-0,41	-0,28	+0,01	-0,29		+0,11	-0,38
19	1	-0,38	-0,30	+0,01	-0,31	-0,40		+0,02
20	1	-0,38	-0,30	+0,01	-0,31	-0,40		+0,02
23	2	-0,42	-0,30	+0,01	-0,31	-0,40		-0,02

DATES.	NOMBRE des couples d'observations astronomiques.	DÉVIATION calculée à leur aide.	LECTURE sur la mire.	ERREUR de l'axe optique.	LECTURE corrigée de l'axe optique.	ERREUR du zéro de la mire.	DÉVIATION qui s'en conclut.	EXCÈS de la première valeur de la déviation sur la seconde.
1853. 9 sept.	1	+0,11	-0,24	+0,07	-0,31	-0 <sup>s</sup> ,39	+0,08	+0,03
12	3	+0,15	-0,16	+0,07	-0,23		+0,16	-0,01
19	1	+0,16	-0,16	+0,07	-0,23		+0,16	0,00
21	1	+0,16	-0,16	+0,07	-0,23		+0,16	0,00
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
8 oct.	1	+0,30	-0,30	+0,08	-0,38	-0 <sup>s</sup> ,71	+0,33	-0,03
9	1	+0,37	-0,30	+0,08	-0,38		+0,33	+0,04
13 oct.	1	+0,13	-0,20	+0,09	-0,29	-0 <sup>s</sup> ,40	+0,11	+0,02
22	1	+0,12	-0,16	+0,09	-0,25		+0,15	-0,03
24 oct.	1	+0,28	-0,10	+0,09	-0,19	-0 <sup>s</sup> ,51	+0,32	-0,04
25	3	+0,32	-0,10	+0,09	-0,19		+0,32	0,00
26	1	+0,30	-0,10	+0,09	-0,19		+0,32	-0,02
27	2	+0,36	-0,08	+0,09	-0,17		+0,34	+0,02
4 nov.	3	+0,18	-0,07	+0,10	-0,17	-0 <sup>s</sup> ,36	+0,19	-0,01
5	1	+0,11	-0,12	+0,10	-0,22		+0,14	-0,03
9	2	+0,22	-0,08	+0,10	-0,18		+0,18	+0,04
22 nov.	1	+0,51	-0,37	-0,11	-0,26	-0 <sup>s</sup> ,75	+0,49	+0,02
25	1	+0,43	-0,41	-0,11	-0,30		+0,45	-0,02

Les différences marquées dans nos tableaux entre la valeur de la déviation donnée d'abord par les observations astronomiques et celle fournie par la mire, proviennent plutôt du défaut d'exactitude de la première que de la seconde. Je vais, pour le montrer, rapporter les résultats obtenus le 25 février et le 4 novembre 1853 :

25 février 1853.		Déviation.
Polaire passages supérieur et inférieur . . . . .		- 0 <sup>s</sup> ,20
λ petite Ourse P. I. et δ Hydre . . . . .		- 0 <sup>s</sup> ,08
δ petite Ourse P. I. et 51 Hévelius Céphée . . . . .		- 0 <sup>s</sup> ,27
ε petite Ourse P. I. et δ Orion . . . . .		- 0 <sup>s</sup> ,15
Moyenne . . . . .		- 0 <sup>s</sup> ,175
4 novembre 1853.		Déviation.
β petite Ourse P. S. et P. I . . . . .		+ 0 <sup>s</sup> ,17
γ petite Ourse P. S. et P. I. . . . .		+ 0 <sup>s</sup> ,23
β Andromède et Polaire . . . . .		+ 0 <sup>s</sup> ,13
Moyenne . . . . .		+ 0 <sup>s</sup> ,177

Ce sont là sans doute les couples les plus favorables que l'on puisse

imaginer pour le calcul de la déviation ; et pourtant la troisième détermination du 25 février diffère de la moyenne correspondante de près de 1 dixième de seconde ; la deuxième du 4 novembre, de près de 6 centièmes. Nous avons indiqué au n° 6 les causes de ces écarts. Bien entendu, ils sont rarement aussi considérables ; mais on en trouve assez souvent de 4 à 5 centièmes de seconde. Au contraire, les lectures sur la mire ne comportent guère une erreur accidentelle dépassant 3 centièmes de seconde ; et l'erreur deviendrait moindre encore en employant deux mires combinées.

Du 21 septembre au 8 octobre, il y a un vide dans le second tableau. M. Arago est mort le 2 octobre.