

Dans l'étude des effets du gouvernail ainsi que de ceux de l'aquamotion, les formules de l'hydraulique employées par l'auteur contiennent un certain nombre de coefficients numériques que l'on ne peut pas regarder comme parfaitement déterminés. De plus, dans l'étude de l'aquamotion, il n'a pas été tenu compte des pertes de force vive que l'eau doit éprouver en passant d'une roue à aubes à la suivante.

Il y aurait encore probablement d'autres réserves à faire au point de vue de la pratique. Mais néanmoins il reste, en faveur de ce système, le très-grand avantage d'une économie probablement importante comme capital d'établissement, résultant d'un poids de chaîne beaucoup moindre que dans le touage ordinaire par chaîne fixe immergée. Nous pensons donc qu'en raison de cette circonstance il serait très-intéressant que la nouvelle méthode fût expérimentée avec la prudence et les précautions commandées tant par la nouveauté de cette application que par les éléments complexes qui peuvent, à des degrés divers, influencer sur le résultat.

Votre comité des arts mécaniques a l'honneur, Messieurs, de vous proposer 1° de remercier M. Beau de Rochas de son importante communication; 2° d'ordonner l'insertion du présent rapport dans le *Bulletin* de la Société.

Signé PHILLIPS, rapporteur.

Approuvé en séance, le 1^{er} juillet 1863.

GNOMONIQUE.

RAPPORT fait par M. le baron E. DE SILVESTRE, au nom du comité des arts économiques, sur UN NOUVEL ANNEAU ASTRONOMIQUE OU CERCLE ZÉNITHAL, par M. HENRI ROBERT fils, rue de Chabannais, 2.

Messieurs, au mois de juillet de l'année dernière, le comité des arts économiques vous a fait un rapport sur un procédé graphique imaginé par M. Henri Robert pour satisfaire à certaines questions dépendantes de la résolution des triangles horaires, et pour donner, en particulier, l'heure sans calculs, en observant une seule hauteur du soleil. Ce rapport a été inséré dans votre *Bulletin*, avec figures et légende explicative (1).

Aujourd'hui, afin de compléter son premier travail, M. Robert soumet à

(1) Voir *Bulletin* de 1862, 2^e série, t. IX, p. 385.

voire appréciation un nouvel instrument de son invention, destiné à prendre la hauteur du soleil, et qu'il appelle *cercle zénithal*.

En mer, les navigateurs prennent la hauteur des astres au moyen d'instruments spéciaux qu'ils tiennent et doivent tenir à la main, à cause de la mobilité du navire, et dont le maniement leur est facile par suite de l'usage journalier qu'ils en font. Mais, sur terre, les personnes étrangères à la vie maritime, qui n'ont que de rares occasions de se servir de ces sortes d'instruments, trouvent que l'emploi en est incommode et difficile, qu'il exige un temps trop long, d'où résulte naturellement une exactitude douteuse dans les résultats obtenus. On préfère se servir, selon l'habitude qu'on a, d'instruments qu'on peut poser sur un point d'appui, et arriver, par là, à donner aux observations, rendues plus faciles, une attention plus grande, plus de soin et de précision.

C'est un instrument de ce genre que M. Robert vient d'imaginer pour l'usage de ceux qui expérimentent à terre, et sur lequel vous avez chargé votre comité de vous faire un rapport. Voici en quoi consiste le cercle astronomique en question :

Un anneau de métal A B C (fig. 1, pl. 277) est suspendu librement sur la pointe d'un support D D, de manière que le diamètre passant par le point de suspension D soit vertical. Un lest E E reposant, au moyen d'une pointe, sur la partie inférieure de l'anneau, et dont le but est d'empêcher les oscillations de l'appareil, plonge dans un vase rempli d'eau.

Si, maintenant, en un point A de l'anneau (fig. 2) situé au demi-quart de la circonférence, à partir du point de suspension, nous menons une horizontale A F et une verticale A G ; si en outre, du point A, comme centre, nous décrivons, entre ces lignes, un quart de cercle F G tangent à la circonférence de l'anneau, il est clair qu'un rayon solaire H I passant par une petite ouverture faite à l'anneau au point A indiquera la hauteur du soleil sur ce quart de cercle supposé divisé et convenablement orienté. Or, d'après les premiers éléments de géométrie, on voit que cette même hauteur sera également indiquée, par le rayon solaire, sur la partie divisée de l'anneau comprise entre les côtés du quart de cercle F G.

L'ouverture par laquelle passe le rayon solaire est munie, dans l'appareil de M. Robert, d'une lentille dont le foyer est à une distance égale au diamètre de l'anneau. Il suivrait de là que, à différentes hauteurs de l'astre, l'image du soleil aurait, sur le cercle divisé, une grandeur variable. Mais, comme les observations se font toujours dans des instants assez courts et lorsque, dans l'intérieur du cercle, le rayon lumineux approche de sa plus

grande longueur, il s'ensuit que l'erreur qu'on pourrait craindre devient tout à fait insignifiante (1).

M. Robert a employé la division de 180° pour la circonférence de l'anneau; mais il n'a divisé que les parties comprises entre A et B, et entre C et B (fig. 1), le nombre de $67^\circ 30'$ étant plus que suffisant pour les observations auxquelles l'instrument est destiné.

Le rayon solaire ne frappe jamais que les divisions qui lui sont opposées dans la partie CB de l'anneau; celles qui se trouvent marquées du côté AB ne servent, au besoin, que pour vérifier si le diamètre de l'anneau passant par le point de suspension est bien vertical. Pour opérer cette vérification, on approche d'une des divisions, du côté CB, une pointe horizontale qui demeure fixe; et, en faisant ensuite tourner l'anneau autour de son point de suspension, il faut que la pointe marque sur le côté AB le même nombre de degrés qu'on a observé sur CB.

Pour pouvoir aisément équilibrer l'instrument, M. Robert a ajouté à l'extrémité du diamètre horizontal de l'anneau, et du côté de la lentille, une plaquette en métal dont le poids peut être réduit à volonté et peu à peu de manière à amener le diamètre vertical dans sa position normale.

Chacun des degrés de l'instrument est divisé en quatre parties de quinze minutes, et M. Robert eût pu facilement aller plus loin; mais il a pensé, avec raison, que, pour un œil exercé, une plus grande subdivision devenait inutile.

Au moment où l'image du soleil, couvrant trois lignes de la division (fig. 3), il y a égalité parfaite entre les deux segments de l'image qui sont en dehors des deux lignes extrêmes, le centre de l'image se trouve évidemment sur la ligne du milieu, et cette ligne indique, par conséquent, la hauteur du soleil (2).

Mais, pour obtenir un résultat plus rigoureux, il convient d'opérer d'une autre manière, ainsi que le fait M. Robert.

On constate, au moyen d'une montre, le moment où l'image du soleil est

(1) On sait qu'en général on ne peut observer la hauteur du soleil, d'une manière utile, qu'à certaines heures de la journée. Lorsque l'astre est trop près de l'horizon ou qu'il s'approche trop du méridien, l'observation, pour des causes différentes, est difficile et sujette à erreurs. Il faut donc, pour expérimenter, choisir les moments les plus favorables, c'est-à-dire ceux où le soleil, après son lever ou avant son coucher, se meut assez rapidement et où, par conséquent, l'instrument accuse une assez grande sensibilité.

(2) L'image du soleil embrasse toujours plus de deux divisions, puisqu'elle est de $32'$, et que chaque division n'est que de $15'$.

tangente, par son bord inférieur, à une des lignes de division, ab par exemple (fig. 4); puis, le soleil s'élevant, l'image descend, et on constate de nouveau le moment où elle est tangente, par son bord supérieur, à la ligne de division cd . Il est clair que la ligne intermédiaire ef coupera en deux parties égales la petite ligne qui joindra les centres des deux images observées, et que, par conséquent, le centre de l'image a passé sur cette ligne ef à moitié du temps écoulé entre les deux observations. Cette ligne ef indiquera donc la hauteur du soleil à l'heure moyenne des deux observations. Reste à trouver par le calcul, et plus commodément par le procédé graphique de M. Robert, l'heure vraie et, par suite, l'heure moyenne correspondant à la hauteur obtenue.

En faisant même plusieurs observations successives qui se contrôleront mutuellement, on pourra obtenir une moyenne qui donnera le résultat définitif cherché avec une approximation beaucoup plus grande, et d'autant plus grande qu'on aura mieux observé.

Il est évident que, pour donner des résultats satisfaisants, l'instrument doit être construit et équilibré avec le plus grand soin; aussi M. Robert, aidé de son père dont les connaissances spéciales et la longue pratique dans la construction des instruments de précision vous sont connues, a-t-il porté toute son attention sur ce point important. Votre comité pense que le cercle zénithal qui vous est aujourd'hui présenté est un instrument simple, d'un maniement facile, d'une précision suffisante et parfaitement approprié à l'usage auquel il est destiné (1).

En conséquence de ce qui précède, nous avons l'honneur de vous proposer, Messieurs, de remercier M. Robert de son intéressante communi-

(1) L'invention des anneaux astronomiques n'est pas nouvelle. Il n'y a pas encore deux siècles, on employait exclusivement, dans la marine, un instrument appelé *astrolabe*, qui servait à obtenir la hauteur du soleil, et même directement l'heure; mais cet instrument, d'une construction compliquée, d'un prix élevé, d'une vérification difficile, et qui ne donnait, en définitive, que des résultats très-peu exacts, a été complètement abandonné lors de la découverte de l'octant et du sextant. Plusieurs autres anneaux astronomiques qui, depuis, ont encore été construits tant en France qu'en Allemagne n'ont pas eu un sort plus heureux, pour des raisons semblables à celles qui ont fait tomber l'astrolabe. D'ailleurs, à une époque où l'usage des instruments de précision rendait les observateurs de plus en plus exigeants, il devenait impossible de continuer à se servir d'appareils qui ne donnaient que des résultats grossiers ou tout au moins peu satisfaisants. L'instrument de M. Robert, simple, d'une vérification aisée, d'une construction extrêmement soignée, d'un emploi facile, et qui peut justement prendre rang parmi les instruments de précision, remplace donc avec avantage les appareils analogues qui ont été proposés jusqu'ici.

tion et d'ordonner l'insertion du présent rapport dans le *Bulletin*, avec les figures nécessaires à l'intelligence de l'instrument.

Signé E. DE SILVESTRE, rapporteur.

Approuvé en séance, le 3 juin 1863.

LÉGENDE DE LA PLANCHE 277 REPRÉSENTANT LE CERCLE ZÉNITHAL DE M. ROBERT FILS.

Fig. 1. Vue de l'instrument tout monté.

Fig. 2, 3, 4 et 5. Épures de démonstration.

Fig. 6. Section verticale et plan à une échelle amplifiée de la lentille du cercle zénithal et de l'anneau dans lequel elle est montée.

A B C, anneau ou cercle zénithal en laiton, muni en A d'une petite lentille et portant intérieurement un limbe gradué.

D D, support sur lequel l'anneau est suspendu librement.

D', vase cylindrique rempli d'eau auquel le support est attaché, et servant de pied à l'appareil.

E, lest plongeant dans l'eau du vase D', et supporté par une tige qui sert à le suspendre au cercle zénithal dans le but de diminuer ses oscillations.

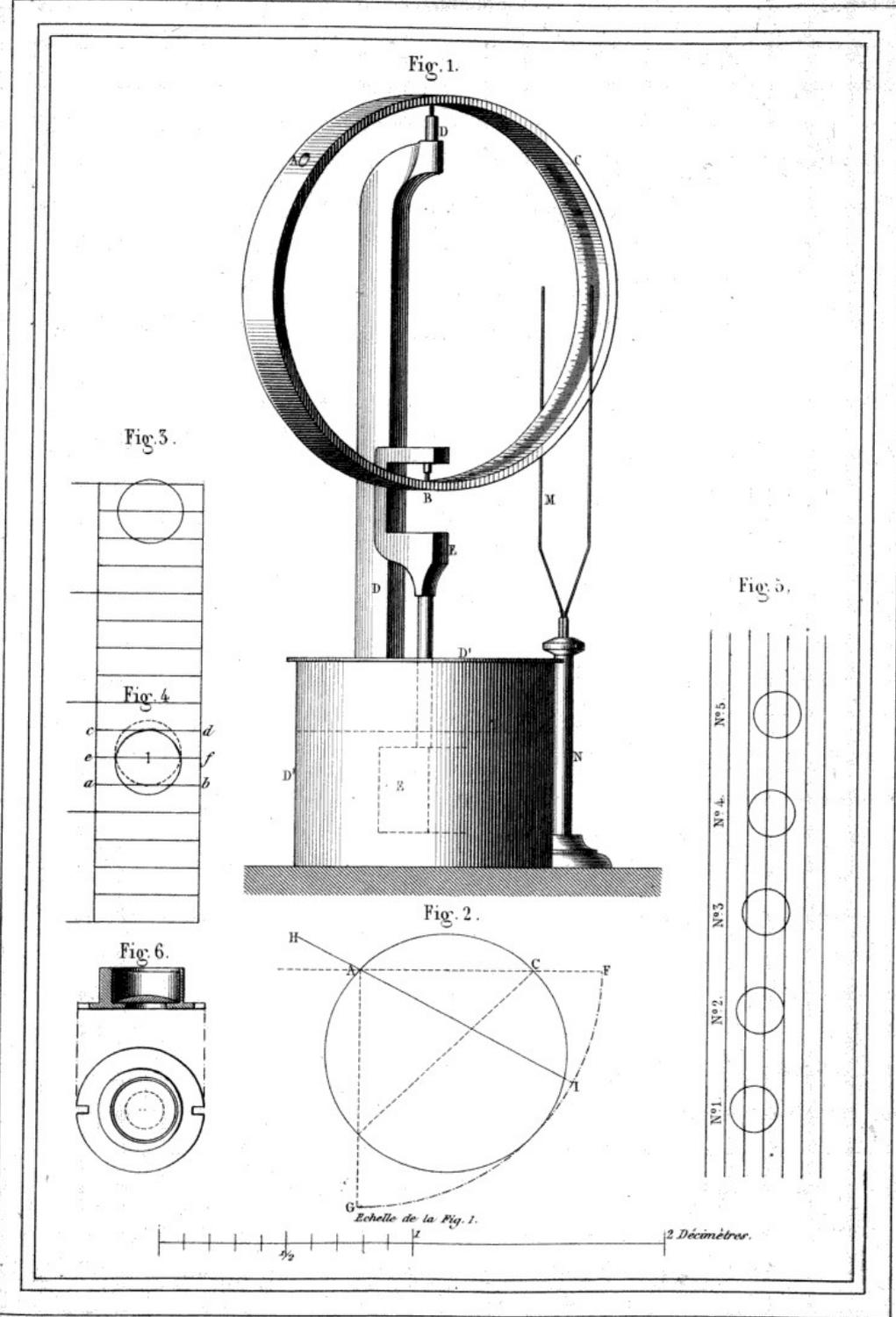
M, fourche composée de deux fils de laiton très-minces et très-flexibles, montés verticalement sur un pied N; c'est un guide qu'on place près du vase D' dans la position qu'indique la figure 1, et à l'aide duquel on fait tourner légèrement l'anneau sur son point de suspension de manière à amener du côté du soleil la petite lentille A et à permettre à l'image de l'astre de tomber sur le limbe gradué.

Nous n'insistons pas sur ces détails déjà contenus en partie dans le rapport précédent.

Graduation du limbe. — La graduation du limbe intérieur de l'anneau commence en C, c'est-à-dire à partir de la corde horizontale menée par le centre optique de la petite lentille placée en A. Supposons un rayon solaire de direction H I (fig. 2), l'angle C A I, qui est celui que le soleil fait avec l'horizon, aura pour mesure l'arc C I; donc cet arc mesurera la hauteur du soleil, et le nombre de degrés qu'il indiquera sera une fraction de 90; car l'angle C A G est un angle droit dont le sommet est à la circonférence, et par conséquent l'arc qu'il comprend doit être de 90 degrés.

Chaque degré du limbe est divisé ordinairement en quatre parties de la valeur de 15 minutes; mais, pour les grands anneaux de 0^m,25 de diamètre, la division est faite de 10 en 10 minutes, soit 6 divisions pour chaque degré.

De l'instant du jour le plus convenable pour observer et des différentes méthodes d'observation. — L'instrument étant monté convenablement et placé sur l'appui d'une fenêtre ou sur une table exposée au soleil, on prendra, pour constater la hauteur de l'astre, l'instant du jour où cette hauteur augmente ou diminue le plus rapidement,



Imp. Lamoureux, r. de Lucipède, 38, Paris.

Ad. Leblanc del. et sc.

CERCLE ZÉNITHAL, PAR M. HENRI ROBERT FILS.

c'est-à-dire lorsque le soleil est à l'est ou à l'ouest, et qu'il se rapproche ou s'éloigne du méridien, soit pour le matin de huit à dix heures, et pour le soir de deux à quatre. Cela posé, M. Robert propose différentes méthodes d'observation dont la plupart ont déjà été décrites dans le rapport, en sorte qu'il nous suffira d'indiquer la dernière dont il n'a pas été question. Voici quelle est cette méthode :

La figure 5 représente cinq positions que l'image du soleil prendra successivement sur le limbe. Constatez et inscrivez l'heure, la minute et la seconde à chacune de ces positions; faites la somme des temps et divisez par 5; l'heure de la hauteur moyenne de ces observations sera d'autant plus précise que chacune d'elles l'aura été. A la seule inspection de la figure on reconnaît que, si toutes les observations sont bonnes, l'instant de l'observation n° 3 devra être le même que celui de la moyenne des cinq, et que, si cette observation avait été manquée, la moyenne des quatre autres la remplacerait. L'avantage de cette méthode est de fournir cinq données pendant un changement de hauteur de 15 minutes seulement.

La hauteur du soleil étant déterminée, il devient dès lors facile d'avoir l'heure exacte au moyen de la carte horaire (1) qui a été décrite dans le t. IX de la 2^e série du *Bulletin* (1862). Cependant on peut encore arriver au même résultat sans le secours de cette carte, en opérant par une méthode dite *méthode des hauteurs égales*, laquelle présente le grand avantage de donner l'heure vraie immédiatement avec précision et sans aucun calcul. Elle est fondée sur ce fait, que le soleil ayant été observé à des hauteurs égales de part et d'autre du méridien, il a dû passer dans le plan de ce méridien à la moitié du temps écoulé entre les deux observations (2).

Détermination de l'heure par la méthode des hauteurs égales. — Avant midi et lorsque le soleil est parvenu à un certain degré de hauteur, constatez et notez l'heure, la minute et la seconde que marque la pendule dont on veut connaître l'état par rapport à celui du temps vrai. Après midi, constatez et notez également l'heure, la minute et la seconde de la pendule lorsque le soleil est revenu au même degré de hauteur; à cet instant elle doit marquer moitié du temps écoulé entre les deux observations. Comptez alors le temps écoulé depuis la première observation; prenez-en la moitié et vous aurez l'heure vraie. Ainsi, au mois de juillet, par exemple, on a constaté que la pendule marquait 10 h. 30' 10", et que le soleil était à une hauteur de... Dans l'après-midi, au moment où il est descendu à cette même hauteur, la pendule marquait 1 h. 29' 18". Le temps écoulé entre ces deux observations étant de 2 h. 59' 8", la moitié, qui est de 1 h. 29' 34", représentera l'heure vraie : or, au moment de la seconde observation, la pendule marquait 1 h. 29' 18"; donc elle retarde de la différence, soit de 16".

(1) Au sujet de cette carte, M. Robert annonce qu'il se propose de publier une brochure spéciale, dans laquelle il indiquera l'usage qu'on peut en faire pour prendre l'heure pendant la nuit par la hauteur des étoiles, ainsi que des méthodes de calcul très-simples pour obtenir des résultats rigoureusement exacts.

(2) A des époques autres que celles des solstices, il faudrait tenir compte de la différence en déclinaison, si l'on voulait opérer avec une rigoureuse exactitude; mais, pour l'horlogerie, cette différence est en général insignifiante.

Il faut remarquer que les observations du soleil ne donnent que le temps vrai et que, pour avoir le temps moyen, il est nécessaire de faire la rectification d'après les tables d'équation qu'on trouve soit dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, soit dans la *Connaissance des temps*. (M.)

IRRIGATIONS.

NOTE SUR LES EXPÉRIENCES RELATIVES A L'EMPLOI DES EAUX DANS LES IRRIGATIONS
SOUS DIFFÉRENTS CLIMATS, PAR M. HERVÉ MANGON,
Membre du comité d'agriculture (1).

Les eaux d'irrigation sont pour l'agriculture une source immédiate d'engrais qui, pour chaque centaine de mille mètres cubes d'eau employée, produit au moins l'équivalent d'un bœuf de boucherie. Le moindre de nos fleuves, quand ses eaux ne sont point utilisées en irrigations, entraîne donc à la mer, sans profit pour personne, la valeur de plusieurs têtes de gros bétail par heure et plusieurs milliers de têtes par année.

Personne n'ignore, d'ailleurs, que dans beaucoup de cas on a vu l'irrigation doubler, tripler et même décupler la force productive du sol et sa valeur.

L'utilité des irrigations ne saurait donc être douteuse, et l'on comprend dès lors tout l'intérêt qui s'attache à la solution des problèmes relatifs à ce puissant moyen d'améliorations agricoles.

Parmi ces problèmes, l'un des plus importants à résoudre et des plus controversés est celui de la détermination du volume d'eau véritablement nécessaire aux arrosages.

Les traités d'irrigation les plus connus et les plus appréciés sont principalement consacrés à l'étude des arrosages des pays chauds. Quiconque veut s'occuper de l'emploi des eaux en agriculture s'empresse de visiter l'Italie, l'Espagne et la Provence; mais bien peu de personnes ont étudié en détail les arrosages de l'Angleterre, de l'Allemagne, des Vosges et du nord de la France. D'un autre côté, on admet généralement que le volume d'eau concédé pour une irrigation représente la consommation effective. Cette supposition est ordinairement très-inexacte, car les concessions sont calculées pour le plus bas étiage des cours d'eau, et par conséquent les débits réels sont de beaucoup supérieurs aux volumes concédés. Une erreur non moins grave, et cependant assez fréquente, consiste à calculer les volumes d'eau employés dans un grand système d'arrosage, sans tenir compte du nombre de passages de la même eau sur des parcelles différentes. Pour connaître exactement le volume d'eau versé sur un terrain, il faut, comme l'a fait l'auteur, suivre jour par jour les arrosages et ne pas se contenter d'une expérience isolée, exécutée en basses eaux comme on l'a pratiqué jusqu'à présent. Il résulte de ces observations et de plusieurs autres, trop longues à exposer ici, que l'opinion des personnes qui n'ont fait qu'une étude superficielle des arrosages tend à fixer trop bas la consommation de l'eau et à regarder les irrigations à

(1) Un volume grand in-8 avec planche. Paris, Dunod, 1863.