

pourraient former de tels attérissemens et rouler de pareils blocs.

Les attérissemens des vallées de l'Oïse et de la Marne suivent la même règle que ceux de la Seine ; mais ceux de la Marne et des petites rivières sont d'un limon plus fin.

Quant au sol d'attérissement des plaines éloignées, il paraît beaucoup plus ancien que celui des vallées, et il est difficile de le distinguer du terrain d'eau douce ; quelquefois même ils se confondent entièrement. C'est dans ces attérissemens anciens des environs de Sévran, qu'on a trouvé les dents d'éléphans, les têtes de bœufs, d'antilopes et de cerfs d'Irlande, qui ont été décrites par M. Cuvier.

Le troisième chapitre de l'ouvrage présente d'une manière lumineuse les rapports qui existent entre les divers terrains des environs de Paris : rapports dont il a été fait mention ci-dessus. Les auteurs y joignent des considérations générales sur le mode de formation et sur l'époque relative où ces divers terrains ont été formés ; mais c'est dans l'ouvrage même qu'il faut lire ces rapprochemens et les conséquences qui en sont tirées : ce serait leur faire tort que de n'en présenter que l'extrait.

Il suffit de dire que les savans auteurs ont eu soin de déterminer, à l'aide du baromètre, les hauteurs de ces divers terrains, ce qui est un des meilleurs moyens de reconnaître leur ancienneté relative.

La carte géognostique et la planche qui présente la coupe des différens terrains observés, jettent le plus grand jour sur cette partie essentielle de ce beau travail.

NOUVELLES RECHERCHES

Sur les Micromètres destinés à la mesure du diamètre du soleil, et description et usage d'un Micromètre de cristal de roche appliqué à des opérations de tactique navale ; lues à l'Institut impérial de France,

Par M. ROCHON, Membre de l'Institut.

LE micromètre est un instrument destiné à la mesure des petits angles. Le célèbre Huyghens, qui a attaché son nom à tout ce qui s'est fait d'important dans les sciences, est le premier qui ait eu l'idée de placer au foyer d'un objectif une lame de la forme d'un triangle très-aigu, pour couvrir exactement l'image de l'objet dont il importe de connaître la grandeur. C'est dans son *Systema saturnium*, imprimé en 1659, qu'il dit que, Riccioli avait trouvé le diamètre de Vénus trois fois trop grand, et pour montrer que ce savant astronome était à cet égard dans l'erreur, il ajoute que dans les télescopes formés de deux verres convexes, il y a un endroit où on peut placer un objet aussi petit et aussi délié qu'on voudra, et qu'il y paraîtra très-distinct et très-bien terminé.

Si au foyer de l'objectif d'un télescope on place un anneau ou diaphragme dont l'ouverture soit un peu moindre que celle de la loupe qui sert d'oculaire, on verra par ce diaphragme

tout le champ du télescope, espace que l'on voit, dans le ciel, toujours terminé par une circonférence facile à mesurer.

L'horloge oscillatoire que nous avons imaginé depuis peu, est très-propre à cet effet, dit encore Huyghens; on sait qu'en quatre secondes de tems, une minute de la sphère céleste passe par ce diaphragme. Ainsi, lorsqu'une étoile a employé soixante-neuf secondes à parcourir le champ du télescope, on est assuré que le diaphragme embrasse un arc dans le ciel, de dix-sept minutes quinze secondes. Cette mesure est celle du champ du télescope, dont ce savant nous apprend qu'il s'est servi. On prendra, ajoute-t-il, une ou deux petites plaques ou lames, dont la largeur aille en diminuant; on fera deux ouvertures latérales au tuyau du télescope, pour y faire glisser, devant le diaphragme, ces lames, et lorsqu'on aura à mesurer le diamètre d'une planète, on le couvrira avec la partie de la lame dont on connaît la grandeur en minutes et en secondes, par la comparaison qu'on en aura faite, à l'aide d'un compas très-fin, avec le diamètre connu du diaphragme, qui est, dans le cas prescrit, de dix-sept minutes quinze secondes.

Auzout substitua, en 1666, deux fils mobiles à la lame triangulaire. Je n'ai pas besoin de montrer que des fils mus par des vis d'un pas très-fin et très-égal, sont à préférer, pour cette mesure, aux lames triangulaires.

Les Anglais, d'après une lettre de M. Gascoigne, en date de 1641, attribuent à ce savant ce perfectionnement du micromètre d'Huyghens (*Voyez les Transactions philosophiques, n.º. 25*);

mais cette lettre, dont le docteur Bevis dit avoir vu l'original dans la bibliothèque de milord Maclefield, donne, si elle est authentique, la primauté de l'invention de ce genre de micromètre à M. Gascoigne, sans que les astronomes en aient eu connaissance.

Il n'y a sans doute que deux manières de mesurer les angles. La première, dont l'invention se perd dans la nuit des tems, exige une parfaite stabilité dans les règles ou alidades que l'on dirige vers les objets dont il faut prendre la distance angulaire par rapport à l'œil. La deuxième méthode, qui ne date que du dix-septième siècle, consiste à mettre dans le même alignement deux objets dont on veut mesurer l'écartement; cette méthode ne demandant aucune stabilité, peut être employée avec succès par les navigateurs. Dans le cas de la mobilité, les grands angles ne peuvent être exactement mesurés qu'à l'aide de miroirs, ainsi que le savent ceux qui connaissent l'octant d'Hadley, et les cercles de réflexion. Ils reconnaîtront cependant que pour que l'alignement soit parfait, il faut que l'image produite par la réflexion, soit assez vive pour être vue par la partie non étamée du petit miroir, sans quoi il y a une parallaxe optique, dont les inconvéniens sont connus.

La mesure précise des angles exige qu'on fasse usage de lunettes au lieu de pinnules, et dans celle des très-petits angles, il faut, comme Huyghens et Auzout, employer des lames ou des fils au foyer de la lunette, pour obtenir la mesure des petits angles; ou bien faire usage de la duplication des images, comme

M. Bouguer, en employant un nouveau genre de micromètre, qui fait naître deux images d'un même objet, au moyen d'un objectif coupé en deux parties égales, dont on écarte à volonté les centres; on met ensuite en contact les deux images qui se forment à leur foyer commun. Alors un seul oculaire sert à faire juger du contact dans cette espèce de secteur qui n'embrasse qu'un arc d'un petit nombre de degrés.

Cette description suffit pour que l'on reconnaisse l'héliomètre de M. Bouguer, qui se trouve dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1748. Il est à remarquer que la fixité de l'instrument n'est pas ici nécessaire pour la mesure précise de l'angle. C'est ce qui m'a fait regarder cet instrument, dans mes *Opuscules mathématiques*, imprimés à Brest en 1768, comme le type des instrumens qui servent sur mer à la mesure des angles; il m'a même servi à faire dériver les uns des autres, tous les instrumens de ce genre, munis soit de miroirs, soit de verres dépolis et percés, soit enfin d'écrans en formes de pinnules, dont on se sert pour avoir en même tems l'horizon de la mer et l'image ou l'ombre du soleil; tels sont l'octant d'Hadley, le quartier de Davis, et la flèche nommée l'*Arbalestrille*.

C'est à mes *Opuscules de mathématiques* et à mon *Recueil de Mémoires sur la mécanique et la physique*, imprimés chez Barrois en 1783, que je renvoie ceux qui seront curieux de connaître avec quel degré de généralité j'ai traité des instrumens qui peuvent servir sur mer à la mesure des angles; mais ici je n'ai à m'occuper

que de la parallaxe qui ôte au micromètre de Bouguer le degré de précision que l'on désirait qu'il eût dans la mesure du diamètre du soleil.

Cependant, depuis l'invention des micromètres dont nous avons parlé, la mesure du diamètre du soleil n'a plus qu'une inexactitude de quelques secondes; mais ce petit nombre de secondes est devenu une chose importante à constater, puisque c'est au diamètre du soleil que les astronomes rapportent les mesures des petits arcs célestes.

M. Delalande nous apprend, dans son *Astronomie*, qu'il s'est servi, pour prendre exactement le diamètre du soleil, d'un héliomètre de six mètres de longueur focale; c'est exactement comme s'il s'était servi d'un sexteur de six mètres de longueur, si on ne considère dans ces deux instrumens que l'étendue des divisions. Mais dans le premier, il y a parallaxe optique et variation du centre de division occasionnée par la différente réfrangibilité des rayons de lumière. Dans le sexteur, ces causes d'erreurs n'existent pas; mais il faut une parfaite stabilité dont l'héliomètre est dispensé.

M. Delalande nous dit qu'il a trouvé par des mesures répétées, que le diamètre du soleil apogé est de 31', 30'', 30'''. C'est certainement le milieu entre ses observations qu'il donne; car il dit que Shorth, qui a mesuré le même diamètre avec un excellent micromètre à objectif achromatique adapté à un télescope de deux pieds anglais, ne l'a trouvé que de 31', 28''.

Quoique ces deux instrumens soient affectés l'un et l'autre de l'erreur de la parallaxe, l'héliomètre dont M. Delalande s'est servi ne pou-

vait point avoir, par ses divisions, un centre aussi précis que celui que l'on obtient par l'achromatisme. Newton n'a-t-il pas porté à la vingt-septième partie de la distance focale d'un objectif, la variation occasionnée par la différente réfrangibilité des rayons de lumière? Aussi le micromètre achromatique dont M. Shorth s'est servi est beaucoup à préférer.

Cette construction ingénieuse est due à Dollond, et personne ne la lui dispute; mais il faut toujours y voir le principe de l'héliomètre de M. Bouguer.

Cinq années après son exécution, M. Shorth produisit une réclamation bien tardive pour être d'un grand poids. Il rapporte dans les *Transactions philosophiques*, année 1753, que M. Sevington Saveri avait déposé, en 1743, dans les archives de la Société royale, une description tout à fait semblable à celle de M. Bouguer, d'un micromètre formé par un objectif coupé en deux, donnant en contact deux images d'un même objet. Mais l'on se demande pourquoi cet instrument est-il resté sans exécution et sans publication dans les Mémoires de cet illustre Société? Cette réflexion parut suffisante pour donner à M. Bouguer l'honneur de cette invention pour un instrument qui, de sa nature, méritait qu'on y attachât de l'importance.

Quant à la parallaxe, je dois le dire et le répéter, elle m'a empêché, dès que je l'eus reconnue, de chercher dans l'usage de cet instrument, le degré de précision qui doit faire le sujet des recherches des astronomes dans les observations qui exigent une grande exactitude. L'on peut voir dans mon ouvrage imprimé en

1783, que c'est par des prismes achromatiques que je suis parvenu à corriger une partie des imperfections de cet instrument ingénieux.

M. de Borda, au nom d'une commission de l'Académie des sciences, composée de MM. Bory et Bezout, dit qu'il a mesuré avec l'héliomètre de M. Bouguer, un écartement de deux objets qui s'est trouvé être de cinq degrés quarante une minutes. L'instrument dont s'est servi cet académicien avait de longueur focale quarante un millimètres: cet héliomètre amplifiait vingt-quatre fois les diamètres des objets.

M. de Borda mit devant son œil un verre convexe qui produisait l'effet du myopisme; alors il fut obligé de donner aux objectifs un mouvement d'environ une minute trente secondes, pour mettre de nouveau en contact les deux images qu'il avait précédemment réunies par les bords extérieurs. Cet académicien observe que cette détermination n'est jamais bien précise, et qu'il arrive souvent que le foyer de l'œil est variable, ce qui entraîne dans l'erreur sur l'angle obtenu par cet instrument; et d'après cette considération, la commission a confirmé mon observation dans le rapport qui date du 20 janvier 1778. Elle ajoute qu'il serait important de fixer par expérience les limites de cette erreur.

Je viens tout récemment d'observer que le véritable moyen de se délivrer dans l'héliomètre de l'effet de la parallaxe, et d'étendre la mesure de ses angles à des arcs beaucoup plus grands, c'est de mettre au foyer des deux demi-objectifs un verre dépoli; alors les images n'é-

prouvent, sur un tel verre, aucune variation dans leur écartement.

Je me suis servi de ce moyen pour mesurer le diamètre du soleil, et j'ai été pleinement satisfait des résultats que j'ai obtenus. Mais me rappelant mes premières recherches publiées en 1768, sur les moyens de perfectionner par des prismes achromatiques de verre l'instrument de M. Bouguer, j'ai vu que je pouvais simplifier considérablement cet instrument, en faisant mouvoir le long de l'axe d'une grande lunette achromatique, un double prisme achromatique de verre d'une réfraction double de six degrés; effet que l'on obtient facilement en plaçant, en sens opposés, deux systèmes de prismes achromatiques chacun de trois degrés.

J'ai l'honneur de présenter à la Classe le prisme qui m'a donné, au moyen d'un objectif achromatique de quatre mètres de longueur focale, une échelle un peu plus grande qu'un mètre, pour mesurer avec cet instrument le diamètre du soleil; et je vais faire usage très-incessamment d'un objectif à triple verre de huit mètres de foyer et de deux décimètres d'ouverture.

Dans ces instrumens absolument nouveaux, je me procure les images doubles du soleil, par des prismes achromatiques composés de flint et de crown, ou plutôt du cristal de M. d'Artigues, et de verre de Saint-Gobin (1).

(1) Voyez (*Journal des Mines*, vol. 29, nos. 171 et 172, p. 179 et 265) le Mémoire de M. d'Artigues, relatif à la fabrication du flint-glass, et le rapport qui a été fait, sur ce Mémoire, à la Classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut.

Ces

Ces prismes achromatiques doivent se mouvoir le long de l'axe de la lunette, et je leur donne une réfraction très-forte, afin qu'ils s'écartent peu du foyer de l'objectif, parce que les imperfections difficiles à éviter dans la fabrication des grands prismes ne sont plus par-là à prendre en considération. Les deux images qu'ils tracent sur le verre noir dépoli que l'on place exactement au foyer de l'objectif, n'en sont point sensiblement altérées, et cette construction n'en a pas moins sur l'héliomètre l'avantage des divisions incomparablement plus grandes.

C'est aux astronomes à prononcer sur le degré de précision que l'on peut obtenir dans la mesure du diamètre du soleil avec ce micromètre solaire qui évite toute parallaxe optique, et que j'ose assurer, par expérience, être d'une exécution facile.

Il est utile de mettre derrière les prismes un verre coloré, pour que le soleil ne darde pas ses rayons avec assez de force pour altérer le verre plan coloré et dépoli qui reçoit les deux images de cet astre, dont il importe de modérer l'éclat. C'est en connaissance de cause que je me permets cette observation. Mes verres noirs ont été attaqués de manière à produire un effet nuisible à mes recherches.

Jusqu'ici, je n'ai proposé pour mon micromètre solaire que l'emploi des prismes achromatiques de verre. Cependant, la méthode que nous avons indiquée pour faire disparaître, ou plutôt pour éteindre totalement les doubles images, démontre le moyen de remplir le même but par un procédé peut-être plus efficace, ce-

Volume 31.

T

lui de multiplier les parallépipèdes de quartz hyalin, de manière à se procurer une double réfraction de six degrés avec cette substance.

Cette multiplication des parallépipèdes est sans inconvénient pour le soleil, dont on ne craint pas d'affaiblir l'éclat. Le savant Mémoire de M. Malus prouve qu'il existe une position facile à trouver, par expérience, dans laquelle, quel que soit le nombre des parallépipèdes doublement réfringens, les images peuvent être réduites à deux par le miraculeux phénomène de la disparition des images, et l'on sait que j'avais obtenu à Brest le même résultat.

Huyghens avait bien remarqué qu'en appliquant l'un sur l'autre deux rhomboïdes de spath d'Islande, le rayon de lumière était partagé en deux par le premier rhomboïde, selon des réfractions ordinaires et extraordinaires. Dès-lors ces rayons ne se divisent plus en pénétrant dans le second rhomboïde, toutes les fois que la section principale de l'un et l'autre rhomboïde se trouve dans le même plan, ou dans des plans perpendiculaires, sans que le parallélisme des surfaces soit nécessaire.

La lumière, en traversant le rhomboïde de cristal d'Islande (dit Huyghens), a donc perdu la faculté de subir une double réfraction nouvelle dans cette position; mais dans des positions intermédiaires, les rayons se partagent de rechef par le rhomboïde inférieur; mais de dire comment cela se fait, ajoute ce grand physicien, c'est ce que j'ignore.

Il n'a pas été donné, même au grand Newton de nous l'apprendre, et cet immortel géomètre ne voyait d'autre explication plausi-

ble de ce beau phénomène qu'Huyghens avait le premier remarqué sur la superposition des rhomboïdes de cristal d'Islande, qu'en disant qu'il fallait admettre dans les molécules lumineuses, des poles jouissant de propriétés différentes; car si ce qui fait la différence de la réfraction ordinaire avec la réfraction extraordinaire n'était pas propre à la lumière, et si elle recevait cette modification par cette réfraction seule, il faudrait, ajoute Newton, qu'on pût observer dans les réfractions suivantes des modifications semblables et nouvelles.

Ce n'est qu'après un grand nombre d'épreuves que j'ai reconnu dans certaines positions l'extinction des images dans le cristal de roche, comme Huyghens l'avait précédemment reconnue dans le spath d'Islande, et c'est encore sur des nombreuses coupes faites dans tous les sens sur du quartz hyalin bien cristallisé, que je suis parvenu à découvrir qu'on atteignait au *maximum* de la double réfraction, en accolant en sens opposés deux prismes de même angle, le premier taillé dans le sens du canon, et le second dans celui de la pyramide. Cette construction réduit à deux les quatre images; et sans pouvoir expliquer comment cette espèce de miracle s'opère, j'en ai retiré, et je viens d'en retirer encore de très-grands avantages, tant pour la mesure du soleil que pour les micromètres destinés à des opérations de tactique navale.

C'est ici surtout qu'il faut recourir aux grandes et belles recherches de M. Malus. Cet habile géomètre nous apprend que lorsqu'un rayon de lumière pénètre plusieurs substances cristallisées, il se divise en deux faisceaux, dont

L'un suit la loi de la réfraction ordinaire, et l'autre subit une réfraction extraordinaire soumise à une loi différente. De même, quand un rayon est, dans certaines circonstances, réfléchi par un corps, il se partage en deux faisceaux, dont l'un subit la loi de la réfraction ordinaire, et l'autre suit une loi analogue à celle de la réfraction extraordinaire.

Si la lumière pénètre un milieu transparent ordinaire, le carré de sa vitesse est augmenté ou diminué d'une quantité constante, et lorsqu'elle est réfléchie dans un milieu semblable, la vitesse du rayon réfléchi est alors égale à celle du rayon incident.

Dans la réfraction extraordinaire, le carré de la vitesse de la lumière est égal au carré de celle qui est réfléchie ordinairement, moins une quantité proportionnelle au carré du sinus de l'angle compris entre l'axe du cristal et la direction du rayon réfracté extraordinairement.

L'expression de ces lois, jointe aux principes généraux de la mécanique, ont servi, avec le secours d'une profonde analyse, à faire découvrir à M. Malus une multitude de phénomènes qui auraient échappé aux plus adroites expériences.

Dans ce Mémoire, si justement couronné par l'Institut, l'Auteur nous apprend que le caractère qui distingue la lumière directe de celle qui a été soumise à l'action d'un cristal quelconque, consiste en ce que la première peut toujours être divisée en deux faisceaux, tandis que dans l'autre, cette faculté dépend de l'angle compris entre les sections principales des deux cristaux.

Cette faculté de changer le caractère de la lumière et de lui imprimer une nouvelle propriété, appartient à toutes les substances qui doublent les images; mais cette disposition de se réfracter en deux faisceaux ou en un seul, ne dépend que de la position de l'axe par rapport aux parties intégrantes, quelle que soit la nature des cristaux, de leurs principes chimiques et les faces naturelles ou artificielles sur lesquelles la réfraction s'opère.

Tout rayon qui tombe sous une même incidence sur un corps diaphane, a la propriété de se réfléchir, ou celle de se soustraire à la réflexion, selon le côté qu'il présente à l'action de ce milieu. C'est ce que l'on est convenu de nommer désormais : *rayon polarisé*.

On polarise un rayon en lui faisant traverser un cristal donnant la double réfraction, ou bien en la faisant réfléchir sur une glace non étamée, mais noircie à la surface opposée au rayon de lumière, faisant avec ce rayon un angle de $35^{\circ} 25''$.

Cette belle découverte sur la lumière réfléchie à la surface des corps, est absolument due à M. Malus. Elle montre avec évidence que la polarisation tient à la nature même de la lumière, et non à celle des corps cristallisés. N'est-ce pas peut-être par-là qu'on parviendra à arracher à la nature son secret sur les causes de la transparence et de l'opacité? Au reste, notre savant géomètre s'est habilement servi, dans un Mémoire lu à l'Institut le 19 août 1811, de ses recherches sur la polarisation, pour faire connaître aux artistes qui construiront désormais des micromètres de quartz hya-

lin, un moyen facile de trouver l'axe de cristallisation et de réfraction dans ce quartz, lors même que par la taille ou le frottement il ne conserve plus de trace de sa forme primitive.

Il prescrit pour cela d'employer deux glaces, dont les secondes surfaces soient noircies à la fumée d'une lampe. Il fixe ensuite perpendiculairement à un tableau vertical une de ces glaces en l'inclinant à l'horizon de $54^{\circ} 35'$, complément de $35^{\circ} 25'$. Il place sous cette première glace la seconde qu'il incline également à l'horizon de $54^{\circ} 35'$, mais il lui fait faire avec le tableau un angle de $35^{\circ} 25'$.

La lumière qui, après avoir été réfléchiée par la première glace, parvient verticalement à la seconde, a perdu la faculté d'être réfléchiée par celle-ci, et la pénètre en entier.

Si on place donc entre les deux glaces un cristal doué de la double réfraction, et disposé de manière que sa section principale soit perpendiculaire à l'une ou à l'autre glace, la lumière qui la traverse conserve ses propriétés; elle n'est pas réfléchiée par la seconde glace, en plaçant l'œil dans le prolongement du rayon qui serait réfléchi, on n'aperçoit pas de lumière.

On placera donc entre les deux glaces une tablette horizontale percée d'une ouverture rectangulaire, dont les côtés seront parallèles et perpendiculaires au tableau vertical. Le cristal se disposera sur cette ouverture et l'on le fera tourner jusqu'à ce que la lumière qui le traversera ne soit plus réfléchiée par la seconde glace. Alors on tracera sur sa face inférieure, deux lignes parallèles au côté de l'ouverture

rectangulaire, et on fera dans le cristal deux sections perpendiculaires à la première face et parallèles à ces lignes; une de ces sections sera nécessairement parallèle à l'axe de cristallisation, et on la trouve en faisant subir à ces nouvelles faces les mêmes épreuves qu'à la première.

Il est probable que deux sections, ou au plus trois, suffisent pour retrouver l'axe de réfraction et de cristallisation d'un cristal, quel que soit sa forme extérieure.

Les trois opérations que nous venons d'indiquer, ne sont utiles qu'au minéralogiste qui veut déterminer l'axe d'un cristal; mais l'artiste qui construit des micromètres trouve, dès la première opération, le sens convenable à la taille prismatique de ses cristaux.

Le moyen que j'avais employé pour parvenir au même résultat consistait à placer un canon, dont la cristallisation est régulière et terminée par une pyramide, dans un bain de sable, afin de lui faire prendre une chaleur égale. La chaleur que je donnais à ce bain n'excédait pas celle qui faisait rougir légèrement le cristal que je plongeais alors subitement dans l'eau froide, afin de le fendiller également dans toute la longueur de l'axe. J'ai reconnu, par des épreuves multipliées, que les fentes ou scissures qui se produisaient, formaient avec l'axe du cristal un angle d'environ soixante degrés.

Dès-lors, toutes les fois que je voulais employer à la fabrication de mes prismes un morceau de quartz hyalin, privé de la cristallisation, j'en détachais par le sciage un échantillon que j'éprouvais ensuite dans le bain de

sable, afin de reconnaître la direction des scissures dans le morceau que je devais employer. Cette pratique m'avait paru si difficile à bien observer, que j'avais pris le parti d'indiquer aux opticiens le sens des coupes prismatiques dans le sens du canon et dans celui de la pyramide pour former le parallépipède dans la même aiguille bien cristallisée; mais ces belles aiguilles, bien limpides, ne sont pas faciles à trouver, lorsqu'elles doivent avoir un diamètre tel que les grands micromètres l'exigent.

On voit par ce que je viens de dire, combien le procédé de M. Malus est utile et ingénieux. On voit encore qu'il n'y a aucun inconvénient à en faire usage dans la construction d'un micromètre de quartz de plusieurs parallépipèdes de cette substance, puisqu'on peut toujours, quel qu'en soit le nombre, les réduire par leur position à ne donner que deux images d'un seul objet; ainsi, il n'y a aucun inconvénient à employer à la mesure du soleil plusieurs prismes, parce qu'on ne peut pas craindre d'affaiblir l'image de cet astre qu'on ne peut observer qu'avec des verres très-colorés. En multipliant les parallépipèdes, on augmente la double réfraction, et on peut la porter à cinq degrés et au-delà.

Les avantages de cette construction sont évidens: en effet, il importe que le micromètre soit toujours à peu de distance du foyer de l'objectif, lorsqu'on exige de la lunette un grossissement considérable. Ainsi, pour une lunette de deux mètres de longueur focale, amplifiant soixante fois le diamètre du soleil, le micro-

mètre dont nous nous servons n'est qu'à deux décimètres de distance du foyer pour donner la mesure du diamètre de cet astre; alors ce micromètre n'exige dans sa construction que le degré de perfection d'un oculaire, et la dixième partie de l'ouverture de l'objectif lui suffit.

J'ai lieu d'espérer, d'après un assez grand nombre d'observations, que j'obtiendrai, par le procédé que je propose, la mesure importante du diamètre du soleil avec une grande précision; mais sera-t-elle plus grande que celle qui me sera donnée par ma lunette de 8 mètres, recevant à son foyer, sur un verre noir dépoli, les deux images du soleil formées par les deux prismes achromatiques, dont je corrige la parallaxe en arrêtant les images et les fixant sur un verre dépoli? C'est ce que j'ignore encore; mais en attendant que je puisse faire part à l'Institut du résultat de mes recherches à cet égard, je vais lui présenter un instrument fondé à peu près sur les mêmes principes, pouvant servir à des opérations de tactique navale, où il est utile d'employer de plus grands angles que dans les micromètres ordinaires.

À un micromètre mesurant environ 35 minutes, j'adapte devant l'objectif un autre micromètre, de même force, qu'il faut placer dans la position qui convient à la réduction des images, et au *maximum* de leur effet. Ce micromètre s'ôte et se met comme une bayonnette. Cet instrument est, suivant sa longueur, muni de deux échelles. La première mesure tous les angles depuis zéro jusqu'à 35 minutes, quand le micromètre que l'on place devant l'objectif est supprimé; et la seconde échelle ne sert qu'au

moment de la réunion des deux micromètres, qui donnent alors tous les angles compris depuis 35 minutes jusqu'à 70 minutes.

J'obtiens encore un effet semblable, ou plutôt je parviens à augmenter l'effet de la double réfraction, en employant les objectifs d'Euler, dont les deux verres de crown et de flint sont séparés par un intervalle considérable. Cette condition ne remplit bien son objet, que lorsque le rapport de dispersion entre le flint et le crown est très-grand, et dans ce cas, il est absolument nécessaire que le flint soit placé du côté de l'objet, et le crown du côté de l'œil.

Je viens aux usages de ces micromètres destinés principalement aux opérations de tactique navale.

Les trois cas qui ont lieu lorsqu'on opère avec cet instrument, sont premièrement : la grandeur d'un objet étant connue, déterminer sa distance.

Il faut d'abord avoir sous les yeux la table suivante des dimensions de la mâture des vaisseaux à deux et à trois ponts (1).

Vaisseau de 74 canons.		Vaisseau de 100.	
Grand mât.	35 ^{mèt.}	<i>id.</i> . . .	38 ^{mèt.}
Mât de misaine.	33	<i>id.</i> . . .	34
Mât d'artimon.	29	<i>id.</i> . . .	31
Grand mât d'hune.	20	<i>id.</i> . . .	22
Petit mât d'hune.	18	<i>id.</i> . . .	20
Élévation de la dunette au-dessus du niveau de la mer.	7	<i>id.</i> . . .	8

(1) Il faudra en outre être muni de la table que j'ai calculée pour l'usage de mon micromètre. Cette table, que de-

Il faut mettre en contact les deux images formées par la double réfraction, au moyen du mouvement en ligne droite du micromètre le long de l'axe de la lunette. On préférera le sens vertical au sens horizontal toutes les fois qu'on n'observera pas des objets célestes ; car sur terre et sur mer, les objets qui se présentent horizontalement, peuvent offrir à l'œil des dimensions qui sont sensiblement altérées si on les regarde d'une manière oblique.

Ici je vais supposer qu'on veut observer un ou plusieurs hommes dans le même alignement.

Je mettrai en contact les pieds de l'image supérieure de l'homme avec la tête de son image inférieure ; alors si l'indicateur donne précisément un angle de dix minutes, je trouverai par la table du micromètre dont je viens de parler, que cet homme, ou cette rangée d'hommes, est à cinq cent quatre-vingt-cinq mètres de distance.

Dès qu'on s'accorde à regarder la hauteur moyenne de l'homme de dix-sept décimètres, la table suivante, pour des angles depuis une minute et au-dessus, indique pour une minute cinq mille sept cent quarante-cinq mètres.

puis long-tems j'ai fait imprimer à part, est le plus ordinairement gravée sur l'instrument même.

Table des distances pour la hauteur moyenne de l'homme.

Min.	Mètres.	Min.	Mètres.	Min.	Mètres.
1'	5745	21'	279	41'	142
2'	2922	22'	266	42'	139
3'	1948	23'	254	43'	135
4'	1462	24'	243	44'	133
5'	1169	25'	233	45'	130
6'	974	26'	224	46'	127
7'	834	27'	216	47'	124
8'	731	28'	209	48'	121
9'	649	29'	202	49'	119
10'	585	30'	194	50'	116
11'	530	31'	189	51'	113
12'	488	32'	183	52'	110
13'	449	33'	177	53'	108
14'	418	34'	172	54'	106
15'	389	35'	167	55'	104
16'	365	36'	162	56'	102
17'	343	37'	158	57'	100
18'	325	38'	154	58'	99
19'	306	39'	150	59'	98
20'	292	40'	146	60'	97

La table que je viens de donner sera utilement placée à côté des divisions tracées sur l'échelle du micromètre. On pourrait en calculer une autre pour les cavaliers dont la hauteur moyenne est d'environ de 2^m,6. Ces tables seraient très-bonnes pour l'évaluation prompte d'une distance qu'il n'importe pas de connaître avec une grande précision.

Ce qui est le plus commode et le plus convenable dans la tactique navale, c'est l'emploi des pavillons d'une hauteur donnée.

Ces pavillons doivent être hissés en tête des mâts : on peut leur donner dix mètres de hauteur, alors l'angle de trente minutes sous lequel on verrait ce signal, vous annoncerait par la table du micromètre, que vous êtes à la distance de onze cent quarante mètres du bâtiment qui le porte.

Cette observation se fait en dirigeant la lunette armée du micromètre sur le pavillon que l'on prend pour point de mire. D'une main on dirige la lunette, et de l'autre on promène l'indicateur, jusqu'à ce que les deux images du pavillon soient en contact dans le sens de la hauteur, car celui de la largeur n'est pas aussi favorable, attendu que dans ce sens ils peuvent être vus obliquement.

Dans cet instrument, on ne voit l'objet simple que lorsque le parallépipède de quartz hyalin, donnant la double réfraction, est au foyer de l'objectif. Alors les prismes qui le composent n'ont point d'action sur la marche des rayons, parce qu'ils sont au sommet de l'angle de séparation des deux images.

La forme circulaire que l'on donne aux deux prismes qui composent le micromètre pourrait le faire nommer *cylindre*; en effet, il est formé par deux prismes égaux et posés en sens opposé lorsque les bords des prismes sont arrondis. Quand ce cylindre est au foyer de l'objectif, on aperçoit la poussière et les légers défauts qui sont sur la surface du quartz hyalin; mais cet effet ne nuit en aucune façon à la vision distincte de la duplication des images, quel que soit leur écartement, car

elle n'est perceptible qu'à la naissance de leur formation.

Un des avantages de ce micromètre consiste particulièrement en ce que sa stabilité n'est pas nécessaire : on le tient à la main, et dès que les images sont en contact, le mouvement n'influe en aucune manière sur leur réunion. Cet avantage est inappréciable lorsqu'on en fait usage à la mer, car en pointant ce micromètre sur un navire, on s'assure en très-peu de tems s'il marche plus vite que celui sur lequel on observe, parce que les deux images des girouettes, des pavillons, ou d'autres objets quelconques, mises en contact, se sépareront ou se croiseront à raison de la marche respective des navires ; ce qui montre que l'on gagne ou que l'on perd sur un vaisseau ennemi : observation d'une grande importance en tems de guerre.

Je dois prévenir ici le lecteur que la première table que j'ai donnée sert avec toutes les parties d'un vaisseau à fixer sa distance dès que l'on a la mesure de l'angle sous lequel on voit l'objet que l'on prend pour base de cette détermination ; car cette base représente l'unité, et la grandeur de l'échelle exprime, à raison du nombre de minutes, le nombre de fois que cette base est comprise dans la longueur depuis zéro, foyer de l'objectif, jusqu'à ce verre qui arrête et fixe la marche de ce micromètre. Ainsi, en observant un vaisseau de 74 pièces de canon, dont le grand mâât d'hune a 20 mètr., si l'indicateur marque 40 minutes, la table désignera pour la distance le nombre 86. Or, 20 mètres par 86, donne 1720 mètres ; par con-

séquent, à la distance de 1720 mètr., le grand mâât d'hune procure deux images qui sont en contact à cet éloignement de l'œil de l'observateur.

Si au lieu du grand mâât d'hune, on avait choisi le grand mâât qui a 35 mètres, et qu'on l'eût vu sous le même angle de 40 minutes, la table aurait donné pour la distance 3010 mètres.

Ici nous avons supposé connu le diamètre de l'objet que l'on observe, et dans ce cas, la table dont j'ai déjà parlé est suffisante pour déterminer la distance. L'inverse de ce problème n'est pas plus difficile à résoudre ; car en supposant la distance connue, il suffira de diviser la distance par le nombre prescrit par la table. Ainsi, dans l'exemple du grand mâât d'hune, en sachant que la distance est de 1720 mètres, cette distance divisée par 86, donne 20 mètres pour le diamètre de l'objet vu sous un angle de 40 minutes.

Ce n'est ordinairement qu'au moyen des cartes géographiques, que l'on connaît ces distances sans qu'on puisse se servir de cette connaissance pour se former une idée des objets qui nous entourent ; mais avec le micromètre, la grandeur de ces objets sera dès-lors connue avec la plus grande exactitude.

Nous n'avons pas besoin de nous arrêter sur la certitude de cette assertion, et en employant de grands instrumens construits sur les principes que nous venons d'indiquer, on parvient à des résultats très-précis, et tels qu'on peut mesurer un angle à moins d'une seconde. En mesurant ainsi l'aplatissement du globe de

Jupiter, notre collègue Arago a obtenu dans cette mesure délicate un degré d'exactitude supérieur à tout ce qui a été fait avant lui sur ce sujet. Au reste, ce problème est absolument l'inverse du précédent dans lequel la grandeur d'un objet étant connue, on détermine promptement sa distance à l'œil; mais lorsque la grandeur de l'objet et sa distance à l'œil sont inconnues, il sera encore facile, à l'aide du micromètre, de fixer avec une précision suffisante pour ce genre d'observation, la grandeur et la distance.

La solution de ce dernier problème exige que l'angle mesuré par le micromètre soit presque égal à un degré, et c'est par ce motif que j'ai attaché beaucoup de prix à donner à mon micromètre de quartz hyalin le *maximum* de la double réfraction; car plus l'angle est grand, moins il est nécessaire que la longueur de la base soit grande.

Nous allons supposer que l'objet dont on veut connaître la grandeur et la distance, fasse avec l'œil un angle d'un degré, il est de toute évidence qu'en approchant ou en éloignant l'œil en ligne droite de l'objet, on en augmente ou on en diminue l'angle par rapport à cet organe.

En admettant qu'on se soit éloigné de 100 mètres de la première station où l'on voyait le vaisseau ennemi sous un angle d'un degré, alors, si le changement de 100 mètres dans la distance a produit dans l'angle un changement de 10 minutes, on trouvera promptement la distance de la première station à l'objet par l'équation

l'équation qui résulte des deux proportions suivantes.

Le rayon des tables est à la tangente de l'angle d'un degré, comme l'intervalle entre les deux stations est à la grandeur de l'objet. Telle est la première proportion. La seconde est celle-ci.

Le rayon des tables est à la distance qui sépare les deux stations, comme la première distance de l'œil à l'objet, diminuée de 100 mètres, est à la grandeur de l'objet; d'où il résulte que la distance est égale à la tangente de l'angle de la seconde station multipliée par l'intervalle qui sépare les deux stations divisées par la différence des tangentes des angles formés aux deux stations.

Ainsi, dans l'exemple que nous citons, nous aurons la distance de l'œil à l'objet en multipliant la tangente de l'angle de 50 minutes par 100 mètres, et en divisant ce produit par la différence des tangentes des angles de cinquante minutes et d'un degré.

On peut se dispenser de faire usage des tangentes dans le calcul de ces opérations, parce que dans les petits angles, les tangentes diffèrent très-peu de leurs arcs. Ainsi dans la formule que nous venons de prescrire, on peut, sans crainte d'erreur sensible, substituer les arcs aux tangentes, et on aura pour la distance de l'œil à l'objet, dans la première station, 50 multipliés par 100 mètres divisés par 10, qui est la différence entre les angles mesurés aux deux stations; cette distance est par conséquent de 500 mètres, et l'objet que l'on a mesuré est, par la table que nous avons donnée, de 508

mètres divisés par 57, ce qui répond à peu près à 87 décimètres.

On peut exprimer d'une manière plus commode la solution de ce problème, en disant qu'une longueur de 100 mètres ajoutée à celle de la première station, occasionne un changement de 10 minutes dans l'angle de 60 minutes ou d'un degré, qui devient par-là un angle de 50 minutes. Il en résulte que la longueur de la première station est cinq fois 100 mètres ou 500 mètres. Le nombre cinq, qui sert ici de multiplicateur, provient du rapport de la longueur de la seconde station à la première.

Lorsqu'un amiral veut donner à l'armée navale qu'il commande un ordre tel que le vaisseau de tête de son avant-garde soit qu'à un nombre fixe d'encablures du dernier vaisseau de son arrière-garde, il en est toujours le maître, au moyen d'un micromètre qui, par des pavillons de dimensions données, peut régler, sur toute une ligne, de quelque étendue qu'elle soit, les distances respectives des vaisseaux avec cette précision que les plus savantes évolutions exigent et commandent.

Je pourrais bien, à ce sujet, entrer dans des détails plus grands; mais il est convenable que je laisse à l'homme de mer à traiter avec toute l'étendue désirable la partie difficile de la tactique navale, d'où dépend le plus souvent le succès des armées de mer.

Dans le rapport qui a été fait par les ordres de son excellence l'amiral Gantheaume, les Commissaires ont cru qu'il était nécessaire, pour connaître la distance, d'avoir une dimension quelconque d'un vaisseau; mais le problème

dont nous venons de donner la solution, prouve qu'il suffit de s'approcher ou de s'éloigner d'une longueur que le lock et la boussole déterminent en décomposant en ligne directe, par le quartier de réduction, la route quelqu'oblique qu'elle puisse être, en ayant égard au ténis.

L'on m'a demandé souvent la raison pour laquelle le micromètre dont nous venons de montrer l'usage n'était pas plus commun; il ne faut en attribuer la cause qu'à la difficulté de sa construction, et cette difficulté vient de disparaître par les soins de M. Malus, qui a indiqué, d'une manière précise, les coupés à donner à un morceau quelconque de quartz hyalin, pour atteindre au *maximum* de la double réfraction; et pour cet effet, il fait distinguer la section principale de toutes les autres; c'est le plan qui passe par les deux rayons réfractés, et qui est perpendiculaire à la face d'incidence, il est parallèle à l'axe du cristal. Cette direction de la section principale, indique celle des pôles du rayon, et la direction des pôles du rayon étant connue, on en déduit réciproquement celle de la section principale.

Pour une face quelconque, naturelle ou artificielle, la section principale étant un plan perpendiculaire à la face réfringente et parallèle à l'axe de réfraction, en déterminant ce plan pour deux faces quelconques, l'intersection de ces deux plans donnera nécessairement la direction de l'axe de la cristallisation et de la réfraction, et nous avons déjà montré comment M. Malus parvient, par des expériences qu'il a su mettre à la portée de tous les artistes, à reconnaître dans tous les cas les sec-

tions principales, en interposant entre deux corps polarisants et fixes, la substance cristallisée qu'il faut éprouver, et en observant qu'on parvient toujours à des résultats analogues, soit qu'on emploie, pour polariser la lumière, les substances qui donnent la double réfraction, soit qu'on emploie seulement des corps qui la réfléchissent. On a soumis à ce genre d'analyse les substances minérales et les divers produits chimiques susceptibles de cristalliser. Notre savant Géomètre est parvenu à ce résultat général, que toutes ces substances sont douées de la double réfraction, hormis celles qui cristallisent en cube ou en octaèdre régulier (1).

(2) Depuis la lecture que j'ai faite de ce Mémoire à l'Institut j'ai imaginé un autre micromètre qui, pour la mesure du diamètre du soleil et de celui de la lune, est susceptible de conduire à des résultats qui surpassent en précision ceux déjà donnés par mon premier micromètre. L'instrument dont il s'agit ici consiste en un objectif achromatique donnant une double réfraction que je suppose de 30', et en un cylindre du cristal de roche qui se meut, comme à l'ordinaire, dans l'intérieur du tuyau de la lunette. Si on suppose que ce cylindre donne aussi une double réfraction de 30', on pourra, à l'aide de ce micromètre, mesurer tous les angles depuis 30' jusqu'à 60'. Dans le cas où le cylindre de cristal de roche ne donnerait qu'une double réfraction de 10', on ne mesurerait que les angles depuis 30' jusqu'à 40', mais on les mesurerait avec une extrême précision, puisque l'échelle qu'on employerait occuperait toute la longueur de l'instrument.

N O T I C E

Sur les Epreuves de la poudre de chasse ;

Par M. HACHETTE (1).

ON sait que M. Regnier a eu l'idée heureuse d'ajouter à la romaine un curseur, qui indique de combien un ressort revenu à son état primitif a été tendu. Ce curseur consiste en une petite rondelle de drap ou de cuir, qui glisse à frottement sur un fil de fer ou de cuivre. Lorsqu'on tend le ressort, la rondelle d'abord en contact avec la branche du ressort, suit cette branche, et lorsque le ressort se détend, la rondelle s'arrête à l'extrémité de la course de la branche du ressort.

La romaine et son curseur forment la partie principale de l'instrument qu'on nomme *épreuve à peson*. Ce que j'ai à dire de cet instrument, n'a pour objet que d'en rendre l'usage plus général, et d'en faire un véritable *dynamomètre* pour la poudre à canon.

En examinant l'épreuve à ressort, il est facile de voir que cet instrument ne donne pas des mesures comparatives ; il indique des tensions de ressort qui correspondent à des poids déterminés ; mais il ne fait pas connaître de quelle hauteur ces poids ont descendu, pour tendre le ressort. Cependant, un effet dynamique se mesure par un poids élevé à une certaine hauteur ; ainsi, pour comparer les observations faites avec l'épreuve à ressort, il faut

(1) Cet article et le suivant sont extraits du *Nouveau Bull. des Sciences*.