et moi nous nous glissâmes en rampant dans notre tente et nous y restâmes à préparer et à développer des plaques. Ainsi n'avons-nous rien vu de l'éclipse totale. Notre travail commença. La première plaque fut exposée pendant 5 à 10 secondes, pour déterminer, par cet essai, quelle était à peu près la durée convenable.

« Mohammed, notre serviteur noir, m'apporta dans la tente le premier châssis à négatif. Je versai le sel de fer sur la plaque, épiant avec une fiévreuse impatience la silhouette qui allait se montrer. Ma lampe s'éteignit. « De la lumière ! De la lumière ! m'écriai-je. De la lumière ! » Mais personne ne m'entendait. Tout le monde avait trop à faire. Je rentrai dans la tente tenant la plaque de la main gauche ; de la droite j'eus le bonheur de saisir une petite lampe à huile que j'avais allumée par précaution et je vis apparaître sur la plaque la petite image du soleil. D'un côté le bord sombre de l'astre était entouré d'une série de petites proéminences particulières et de l'autre il présentait une corne étrange. L'aspect des deux photographies ne présentait aucune différence. Ma joie était grande, mais je n'avais pas le temps de m'y livrer. Bientôt la seconde plaque fut dans ma tente, et une minute plus tard la troisième y fut aussi. « Le soleil arrive, » s'écria Zenker. L'éclipse totale était finie. Tout ce que je viens de raconter nous parut l'affaire d'un instant, car le temps avait passé avec une extrême rapidité.

« La seconde plaque soumise à l'opération du développement, ne présenta qu'une image à peine indiquée par des traces très-faibles. Un voile de nuages passant au moment de l'exposition avait presque complétement arrêté l'action photographique. La troisième plaque montra comme la première deux images bien réunies présentant des protubérances au bord inférieur.

« Nous étions satisfaits de ce résultat. Les plaques furent immédiatement lavées, fixées, vernies et même quelques copies sur verre exécutées dans de mauvaises conditions furent expédiées séparément en Europe pour parer à l'éventualité de la perte de nos épreuves.

« Les observateurs éloignés d'une demi-lieue de notre station furent moins favorisés que nous. Un voile de nuages leur cacha la vue de l'éclipse totale dont ils ne virent absolument rien.

« Notre principale mission terminée, nous ne séjournâmes pas longtemps à Aden. Le bateau à vapeur allait partir, trois jours plus

tard, pour Suez. Le télescope, le mouvement d'horlogerie, tous nos instruments et produits chimiques furent rapidement empaquetés, chargés sur des chameaux et transportés au port. Le 21 août nous disions adieu à l'île rocheuse et sauvage où nous venions de séjourner et nous nous embarquions pour Suez. »

Aden est l'un des premiers points où l'éclipse fut visible. Les Anglais, comme il a déjà été dit, avaient également envoyé une mission photographique qui choisit pour station Guntoor, dans les Indes. L'éclipse y commença une heure plus tard qu'à Aden. Les photographies exécutées dans les Indes accusent des protubérances mais d'une autre forme que celles dont les photographies d'Aden ont révélé l'image. Les observations spectrales faites simultanément par Janssen confirmèrent la conséquence de cette différence d'aspect : à savoir que les protubérances ne sont pas des corps solides, mais qu'elles se déforment sans cesse comme les nuages. Janssen reconnut pendant l'éclipse totale que les protubérances présentent des raies claires au spectroscope ; or cette propriété n'appartient qu'aux gaz. Le problème de la nature des protubérances était donc résolu. En même temps Janssen détermina exactement la position des raies claires du spectre et reconnut ainsi que la substance gazeuse était de l'hydrogène incandescent. Plus tard il découvrit que les éclipses de soleil n'étaient pas nécessaires pour apercevoir ces raies claires des protubérances. On les voit en plein jour en plaçant la fente d'un spectroscope sur le bord du disque solaire. L'apparition et la disparition de ces lignes claires permet d'observer chaque jour la nature variable des protubérances. Zollner de Leipzig vit même, dans l'espace de quelques minutes, ces protubérances s'élever subitement et quelques-uns de ces nuages se détacher de leur base et se briser.

Nous complétons notre texte par trois copies fidèles des photographies d'Aden. Nous empruntons ces gravures à l'excellent ouvrage de M. Schellen sur l'analyse spectrale (Brunswick, chez Westermann). La première d'entre elles représente le bord oriental du soleil (le bord occidental était caché par les nuages). On aperçoit la gigantesque protubérance qui forme une corne dont la longueur est à peu près de 120 000 kilomètres. A cette vue on se fera une idée de la puissance colossale qui projette à la surface du soleil

ces masses gazeuses incandescentes. Sur la gauche enfin brille la lueur d'un incendie dont les flammes semblent chassées sur les bords du disque par un souffle d'ouragan. Une auréole de vapeurs incandescentes entoure constamment le soleil. On a donné à cette auréole le nom de *chromosphère*.

La seconde gravure représente le bord occidental du soleil, qui paraît entouré de points lumineux, mais ces points sont des pro-

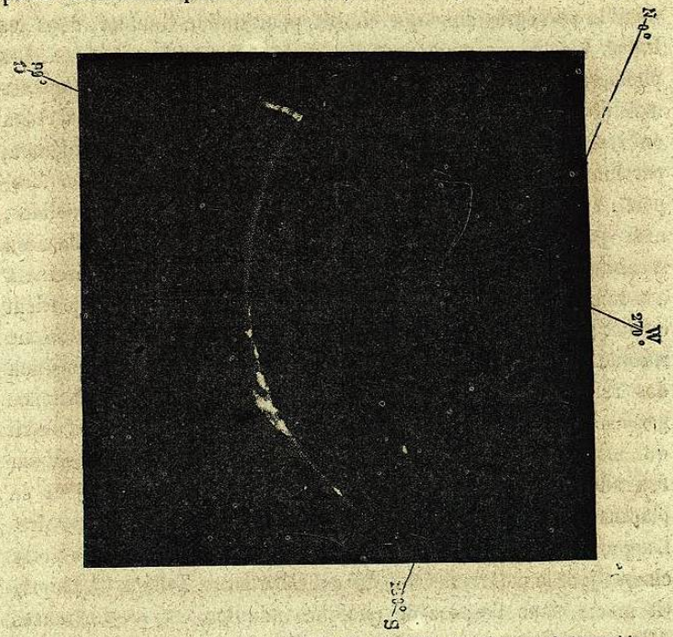

Fig. 74. — Eclipse totale de soleil du 18 août 1868, d'après une photographie du bord oriental prise d'Aden.

tubérances où la terre toute entière s'engloutirait. Le bord oriental du soleil était caché par les nuages au moment où l'on a pris cette épreuve.

La troisième gravure enfin représente l'éclipse totale telle qu'elle a été observée dans l'Inde. On voit sur le bord occidental du disque une protubérance qu'on ne retrouve pas dans les photographies faites à Aden. Cette protubérance était, pour cette station, complétement masquée par les nuages.

La photographie a été appliquée plus tard sur une bien plus grande échelle, à l'observation des éclipses totales de soleil. C'est ainsi que le 7 août 1869 des centaines de photographes étaient occupés à l'observation de l'éclipse totale de soleil de Iowa, dans l'Amérique du Nord, et que plus de 30 télescopes étaient braqués en des points différents pour fixer l'image du phénomène. Ces observations ont mis hors de doute la nature des protubérances. Il ne

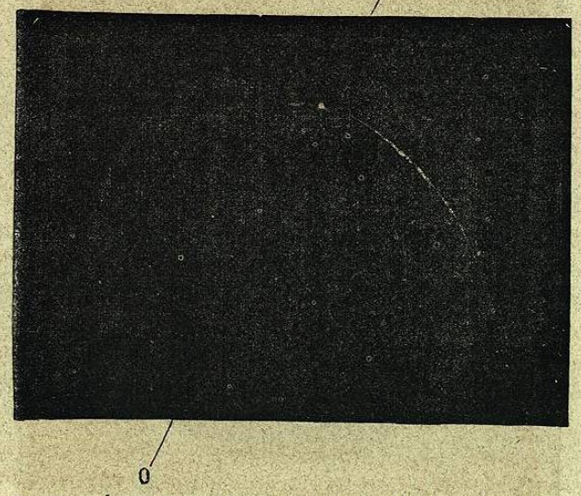

Fig. 75. — Éclipse de 1868, d'après une photographie du bord occidental prise d'Aden.

restait plus à connaître que la nature de la couronne. On a entrepris pour résoudre ce problème un grand nombre d'observations.

Beaucoup moins brillante que les protubérances, la *couronne* entoure l'éclipse totale d'une auréole de lumière blanchâtre.

Whipple de Shelbyville dans le Kentucky a pris, le 7 août 1869, une très-belle photographie de la couronne. La faible quantité de lumière émise pendant l'éclipse exige que la durée de l'exposition dépasse celle suffisante pour la photographie des protubérances. A Shelbyville on exposa 42 secondes pour la photographie de la couronne, tandis que 5 secondes suffisaient pour la photographie

des protubérances. Néanmoins la nature de la couronne est encore peu connue.

En 1870 les Anglais envoyèrent à Catania, sous la direction de Lockyer, une expédition chargée d'observer la couronne. L'auteur de ce livre fit partie de cette expédition. Malheureusement, le mauvais temps empêcha les observations de réussir complétement. Cependant la section établie à Syracuse, sous la conduite de Brother,

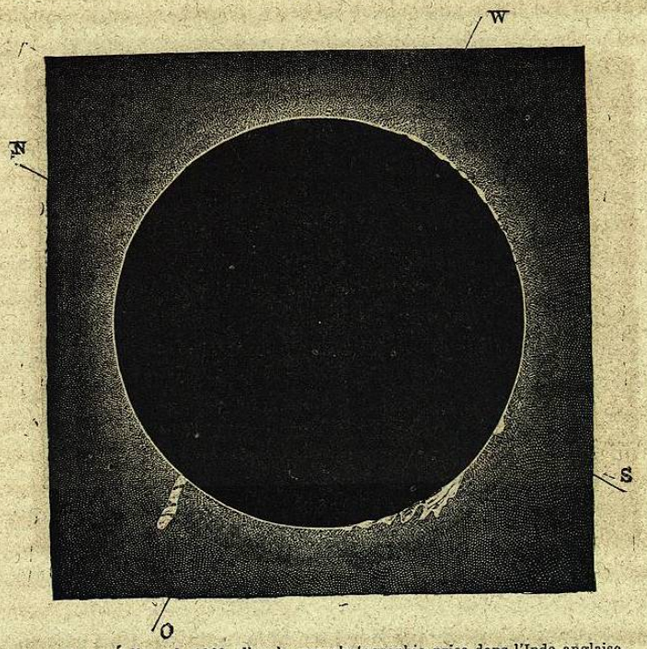

Fig. 76. — Éclipse de 1868, d'après une photographie prise dans l'Inde anglaise.

prit une photographie que représente la gravure sur bois de la figure 77.

Les saillies noires autour du disque solaire indiquent immédiatement la position des protubérances qui étaient visibles le jour de l'éclipse. Cependant, insistons sur ce point : les protubérances n'étaient pas visibles sur la photographie de la couronne. Cette photographie exige une exposition huit fois aussi longue que celle des protubérances.

Le rôle de la photographie, dans l'astronomie, ne se borne pas uniquement à reproduire les éclipses de soleil. La photographie remplit encore d'autres fonctions importantes. Tous les jours en effet on prend des photographies du disque solaire. Des observations poursuivies pendant des siècles ont prouvé que cet astre est le théâtre de changements incessants. Des taches apparaissent, s'agrandissent et disparaissent. On attribuait autrefois ces apparences à des trous profonds se formant, pensait-on, au milieu des

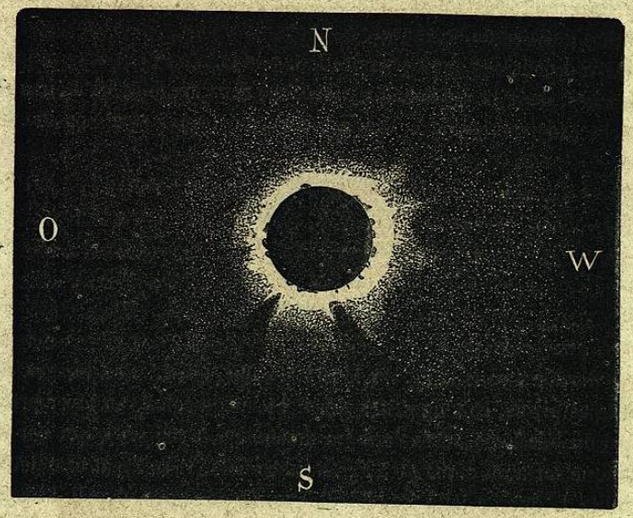

Fig. 77. — Vue de la couronne d'après une photographie prise à Syracuse en 1870.

nuages lumineux qui entouraient un noyau solide. On les regarde maintenant comme des trombes immenses tournoyant dans l'atmosphère du soleil (Voir Schellen, « Spectralanalyse », page 200), ou comme des nuages condensés. La nature de ces taches n'a pas encore été complétement approfondie. Elles suivent la rotation du soleil autour de son axe, en changeant fréquemment d'aspect. C'est l'observation des taches qui a permis de déterminer la durée de cette rotation. Des études plus récentes ont prouvé que les dimensions des taches du soleil, leur fréquence plus ou moins grande varient pendant des périodes déterminées, connexes avec les phé-

nomènes magnétiques du globe. La photographie en est le précieux auxiliaire. Elle donne instantanément l'image de la surface du soleil, de ses taches, de leur grandeur et de leur nombre. Grâce aux vues prises, tous les jours, pendant un mois, on peut embrasser d'un coup d'œil les aspects successifs de la surface et lire dans ce miroir fidèle l'histoire du corps central de notre système planétaire. M. Lewis Rutherford de New-Yorck, riche amateur qui a bien mérité de la photographie astronomique, a fait construire à ses frais un observatoire photographique où il a pris un grand nombre de vues de ce genre.

On voit dans ces photographies faites de jour en jour des groupes de taches, dont la grandeur est souvent considérable, et l'on apprécie exactement leurs changements de formes et de positions.

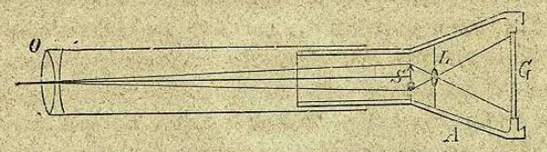

Fig. 78. — Télescope disposé pour la photographie des taches du soleil.

(Ces derniers sont l'effet de la rotation du soleil.) Ces images ne sont pas prises, comme celles des éclipses de soleil, au foyer principal du télescope, mais dans un appendice A (fig. 78), qui est en quelque sorte un appareil à agrandissements. Il contient une petite lentille L qui projette sur la plaque G de verre dépoli l'image agrandie de la première image S du soleil produite par la grande lentille O.

L'image du soleil, obtenue par le procédé de Rutherford, a environ deux pouces de diamètre. Il ne faudrait pas recommander cet appareil à agrandissements pour la photographie des éclipses de soleil. La clarté de l'image optique produite par la grande lentille du télescope est notablement affaiblie par l'agrandissement. Pour une grandeur double ou triple, la clarté est quatre fois ou neuf fois moindre. Ce n'est pas un inconvénient pour la photographie du soleil brillant de tout son éclat, car la lumière est si intense qu'une exposition instantanée suffit, malgré l'agrandissement. Il en est autrement des protubérances. Elles émettent beaucoup moins de

lumière, et l'exposition pendant la durée d'une éclipse serait insuffisante.

L'astronomie s'est adressée à la photographie pour de plus importants services, en l'appelant à tracer l'image du ciel étoilé, à reproduire les constellations, à fixer les positions relatives des étoiles.

Ces déterminations ont été de tout temps un des principaux objets de l'astronomie. On s'imagine peut-être que les catalogues d'étoiles sont complets et que c'est là une question vidée. Il n'en est rien. Les catalogues d'étoiles ou tout au moins de celles qui sont accessibles à la photographie (de la première à la septième grandeur) sont loin d'être complets. Du reste les mesures déjà prises peuvent être corrigées par l'emploi de méthodes perfectionnées. La photographie présente à cet égard une grande importance, à cause de la facilité relative de ses procédés et de l'exactitude de ses résultats. Le lecteur se demandera peut-être quel intérêt nous avons à reproduire avec tant d'exactitude les positions de milliers et de millions d'étoiles fixes. A cela nous répondrons que les étoiles dites fixes ne sont pas fixes. Il n'y a dans la nature ni repos, ni immobilité; c'est pourquoi l'étude de la nature n'est jamais terminée. Cependant la position des étoiles varie avec une extrême lenteur. Les hommes qui ont élevé les pyramides, il y a quatre mille ans, voyaient les constellations sous le même aspect à peu près, auquel nous les reconnaissons aujourd'hui. Les observations astronomiques les plus délicates sont nécessaires pour découvrir ces variations dans l'intervalle d'une courte série d'années. L'étude des *mouvements propres des étoiles fixes* est maintenant commencée. Les mesures qu'elle exige doivent être exécutées avec la plus grande précision et poursuivies par plusieurs générations.

Il convient d'insister sur un point intéressant de ce sujet. D'une part les étoiles fixes ne sont pas immobiles, d'autre part leurs distances à la terre sont très-différentes. L'éloignement des plus rapprochées de nous est encore surprenant. Le photographe qui veut donner le moyen de juger de l'aspect d'un objet cherchera toujours à en prendre plusieurs images, de plusieurs points de vue différents. Deux photographies d'un objet peu éloigné, prises de deux points dont l'écartement est de quelques centimètres, paraissent différentes, et considérées convenablement, elles produisent l'effet sté-

réoscopique. On ne pourrait pas trouver sur la terre d'écartement suffisant pour faire varier l'aspect des constellations fixes. Cependant la terre, dans sa révolution annuelle autour du soleil, passe de six en six mois par des points opposés de son orbite, dont la distance diamétrale est de 30 millions de myriamètres. Cette énorme distance est quelquefois suffisante pour que l'on puisse observer une variation dans la position relative de quelques étoiles, non pas à l'œil nu, ni au moyen d'images stéréoscopiques, mais au moyen des mesures astronomiques les plus délicates. On a déterminé la distance des étoiles fixes les plus rapprochées. On l'évalue en milliards de myriamètres.

Pour remarquer le changement des positions relatives et le mouvement propre des étoiles, il faut poursuivre pendant des années et pendant des siècles l'observation des plus rapprochées ; pour en calculer la distance à la terre il faut contrôler le retour périodique annuel des changements. Il est évident que la détermination photographique de ces positions est de la plus grande importance pour la solution de ces deux problèmes astronomiques.

La photographie des étoiles a été introduite dans la science, il y a quelque vingt ans, par le professeur Bond, de Cambridge (Massachusetts), et perfectionnée par M. Lewis Rutherford, de New-York. Il construisit un objectif photographique de 11 pouces de diamètre et 13 pouces de foyer environ. Cet objectif présente une différence focale assez importante, c'est-à-dire que les rayons violets et les rayons bleus ont un autre foyer que les jaunes et les rouges. Si l'on met au point, en ayant surtout égard à la clarté de l'image, la plaque sensible se trouve au foyer des rayons jaunes ; celui des rayons bleus chimiquement actifs se trouve alors en dehors de la plaque sensible. La photographie manque de netteté. Il faut donc placer la plaque au foyer des rayons jaunes ; mais il n'est pas aisé à trouver. Après l'avoir déterminé approximativement, on le corrige en photographiant une étoile pour diverses positions de la plaque. On détermine le point correspondant à la meilleure épreuve et, en répétant les essais, on arrive à déterminer, à $\frac{1}{150}$ de pouce près, le foyer chimiquement actif de la lentille de 13 pouces. On sait que tous les corps célestes, à cause de leur grand éloignement, viennent former leur image au foyer.

Il n'y a pas d'objectif photographique qui donne une image exacte sur une grande surface. Pour ne pas se départir de l'exactitude qu'exige la photographie astronomique, il faut donc réduire à de très-petites dimensions la surface de l'image (1/2 degré de diamètre environ). On en opère du reste le contrôle et au besoin la correction, en photographiant une échelle très-exacte et en comparant l'image avec l'original. Un champ de vision de 1/2 degré ou trois fois le diamètre de la lune comprend la constellation bien connue des Pléiades.

Le télescope photographique de Rutherford est monté comme l'indique la figure 73, page 129. Commandé par un mouvement d'horlogerie, il se déplace angulairement comme les astres observés.

Lorsqu'on prend avec cet instrument les photographies des grandes étoiles, ces images, si l'exposition a été courte, ont la forme de petits points ronds, visibles seulement à la loupe; si l'exposition a duré plus longtemps leur grandeur dépend en dernier lieu des vibrations plus ou moins fortes de l'atmosphère qui produisent la scintillation des étoiles. Huit minutes d'exposition suffisent pour photographier les étoiles de neuvième grandeur. Elles sont dix fois moins brillantes que les moins brillantes visibles à l'œil nu pendant une nuit claire. Leurs images sont de tout petits points. Il serait très-difficile de distinguer ces petits points des taches qui pourraient se trouver sur la plaque. Rutherford y parvient cependant au moyen d'un ingénieux artifice. Après une première exposition de huit minutes, il amène le télescope dans une direction un peu différente et expose une seconde fois, pendant huit autres minutes, le mouvement d'horlogerie continuant à fonctionner et à mouvoir convenablement le tube. Chaque étoile produit ainsi sur la plaque deux images rapprochées. L'écartement et la position relative ne changent pas. Il est alors facile de retrouver ces images doubles et de les distinguer des taches.

Lorsque le télescope est immobile, les astres continuant à se mouvoir, l'image des étoiles brillantes est une raie. Cette strie est très-importante pour déterminer sur la plaque la direction de l'Est à l'Ouest. Pour les étoiles peu brillantes qui ne laissent pas de stries une troisième exposition est nécessaire à l'effet de déterminer cette direction. On expose donc une troisième fois après avoir arrêté le télescope pendant quelques minutes.