

XI. *Observations on the total (with Duration) and annular Eclipse of the Sun, taken on the 24th of June, 1778, on Board the Espagne, being the Admiral's Ship of the Fleet of New Spain, in the Passage from the Azores towards Cape St. Vincent's. By Don Antonio Ulloa, F. R. S. Commander of the said Squadron; communicated by Samuel Horsley, LL.D. F. R. S.*

Read December 24, 1778.

THE public prints will have given notice of my arrival at this port, with the fleet under my command, on the 29th of June last. A very favourable, though

Observations de l'Eclipse du Soleil totale avec Retenſion et Annulaire faites le 24^e Juin 1778; ſur le Vaiſſeau l'Eſpagne Commandant l'Eſcadre de la Flotte de la Nouvelle Eſpagne, en faiſant le trajet des Iles Terceſes vers le Cap St. Vincent. Par Don Antonio de Ulloa chef d'Eſcadre et Commandant General de la ditte Flotte, Membre de la Societé Royale de Londres.

ON aura appris par les nouvelles publiques, que je ſuis rentré dans ce port le 29^e du mois paſſé avec la flotte de la Nouvelle Eſpagne ſous mon commandement. Le trajet dans mon retour, qui a été long mais très heureux, m'a été favorable

VOL. LXIX.

P

rable

though long, passage gave me the opportunity of observing at sea the eclipse of the Sun, which was accompanied by a phenomenon observed by few astronomers, and which I myself saw for the first time; to wit, the luminous Annulus which surrounds the disk of the Moon: the following is a description of this appearance, one of the most beautiful that can be conceived.

The motion of the ship prevented our observing the beginning of the eclipse, by reason of the difficulty there was in keeping the Solar image and a part of that of the Moon within the field of the telescope; the object vanished every instant, and it was not till after several fruitless trials that I could get it again. Besides this, the arms grew tired of holding up the telescope and smoked glass, which could not be rested upon any thing from the necessity there was of moving the telescope in a contrary

table pour observer en mer l'Eclipse du soleil accompagnée d'un phenomene très particulier que j'ai vu, pour la première fois et que peu d'astronomes, ont observé, jusqu' à présent: c'est l'anneau lumineux autour du disque de la lune, phenomène des plus frapans et des plus beau à la vue; en voici la description:

Le mouvement du vaisseau ne permit pas d'observer le commencement de l'eclipse, par la difficulté de conserver le corps solaire et une partie de celui de la Lune dans le champ de la Lunette; l'objet m'échappoit à tout moment, et je ne le rattrapois qu'après bien des recherches. Outre cela, les bras se fatiguoient à soutenir en l'air la lunette et le verre obscur, qu'on ne pouvoit appuyer, parce qu'il falloit

trary direction to that of the ship. I had no other calculations but those to be met with in the *Connoissance des Temps*, which I did not find very exact, owing either to some error in the calculations themselves, or to the longitude of the ship's place not having been accurately determined in that book: I found a pretty sensible difference in the hour set down for the beginning of the eclipse. I observed the total obscurity of the Sun's disk at 44 minutes past three, the beginning of the emerfion at 48 minutes after three, the end of the eclipse at 48 minutes after four; consequently, the middle of it must have been at 46 minutes after three, or thereabouts: the total obscurity lasted four minutes, a sufficient time for observing the ring which was formed round the Moon.

Five

falloit faire avec la Lunette un mouvement contraire à celui du vaisseau. Je n'avois d'autres calculs que celui de la *Connoissance des Temps* que je ne trouvois pas de la dernière précision, soit qu'il se trouve quelque erreur dans le calcul, soit que la longitude estimée du lieu ou le vaisseau se trouvoit ne fût pas la véritable. Je trouvois une différence assez sensible sur l'heure indiquée pour son commencement; J'observai la totale obscurité du disque du Soleil à 3 heures 44 min., le commencement de l'emerfion à 3 h. 48 m. la fin de l'eclipse à 4 h. 48 m. par conséquent le milieu devoit être à 3 h. 46 m. ou environ. La durée de l'eclipse totale du Soleil fut de 4 minutes, intervalle suffisant pour observer l'anneau qui se forma autour de la Lune.

Five or six seconds after the immersion we began to observe round the Moon a very brilliant circle of light, which seemed to have a rapid circular motion something similar to that of a rocket turning about its center. This light became livelier and more dazzling in proportion as the center of the Moon approached to that of the Sun, and about the middle of the eclipse it was of the breadth of about a sixth of the Moon's diameter. Out of this luminous circle there issued forth rays of light, which reached to the distance of a diameter of the Moon, sometimes more, sometimes less, which made me think that they were parts of a weaker light which were reflected in an atmosphere more subtle than that in which the ring was formed. When the centers of the two planets began to separate, the diminution began, and
took

5 ou 6 secondes après que l'immersion eut été faite on commença à decouvrir autour de la Lune un cercle de lumière très brillant qui sembloit avoir un mouvement rapide circulaire, semblable a celui d'un artifice embrasé mis en jeu sur son centre. Cette lumière devint plus vive et plus éblouissante à mesure que le centre de la Lune aprochoit de celui du Soleil ; et dans le temps que l'eclipse fut à son milieu elle étoit large de deux doigts du diametre de la Lune, ou comme la sixième partie du dit diamètre. De ce cercle lumineux partoient des rayons de lumière de toute sa circonférence, perceptibles jusqu' à la distance d'un diamètre de la Lune ; tantôt plus, tantôt moins, ce qui me fit penser que c'étoit des parties de lumière plus foibles qui s'imprimoient dans un atmosphere plus subtil que celui ou étoit formé l'anneau. Lorsque les centres des deux planètes commencèrent à s'écarter, la diminution commença et se fit graduellement dans le
même

took place gradually in the same order which had been observed at its beginning and during the progress of it. It disappeared entirely four or five seconds before the emersion. The colour of the light was not the same every where; the part immediately joining the disk of the Moon was of a reddish cast, from thence it changed towards a pale yellow, which about the middle began to clear till, at the external extremity, it ended in an almost entire white. It was equally brilliant throughout, and the whirling motion, common to all the parts of it, seemed to change the form and position of the rays which appeared to the eye sometimes larger, sometimes shorter, at the same time that there was no change either in the colours of the ring themselves, or in the arrangement of them, both which continued as I have described them.

For

même ordre qui s'étoit observé dans son commencement et ses progrès : il disparut entièrement 4, ou 5 secondes avant l'emersion. La couleur de la lumière n'étoit pas la même partout : la partie immédiate au disque de la Lune étoit couleur rougeâtre, ensuite elle tiroit sur le jaune pâle ; et depuis le milieu jusqu'à l'extrémité extérieure cette couleur jaune s'éclaircissoit insensiblement jusqu'à tirer en fin tout à fait sur le blanc. Elle étoit également brillante partout ; et son mouvement de tourbillon, commun à toutes ses parties paroissoit changer la forme et la position des rayons en les présentant à la vue, tantôt plus courts, tantôt plus longs, sans cependant occasionner de changement dans les couleurs de l'anneau et leur arrangement qui restoit le même que je viens de détailler.

Quatre

For four or five seconds before the appearance of the shining ring, and during as many after it had disappeared, one could see the stars of the first and second magnitude as at the entrance of the night; but when it was in its greatest degree of brilliancy, only those of the first magnitude could be discovered. The darkness was such, that persons who were asleep, and happened to wake, thought that they had slept the whole evening, and only waked when the night was pretty far advanced. The fowls, birds, and other animals on board took their usual position for sleeping as if it had been night.

Before the edge of the Sun's disk emerged from that of the Moon, there was discovered near that of the latter a very small point of that of the Sun; it was imperceptible to the naked eye, but having looked at it
with

Quatre ou cinq secondes avant de voir paroître l'anneau brillant, et autant après sa suppression l'on vit, comme à l'entrée de la nuit, les étoiles de la 1^{re} et de la 2^{de} grandeur; mais lors qu'il étoit dans son brillant on ne voyoit que celles de la 1^{re}. L'obscurité fut au point que des personnes qui dormoient et qui s'éveillèrent crurent à leur grand étonnement d'avoir dormi toute la soirée et de ne s'être éveillées qu'assez avant dans la nuit. Les poules, les oiseaux et les autres animaux prirent leur position ordinaire pour dormir comme si c'eût été la nuit.

Avant que le bord du disque du Soleil parut par celui de la Lune, on découvrit près de celleci un très petit point de celui du Soleil imperceptible à la vue; mais l'ayant distingué par le secours de la lunette, je l'estimai d'abord de la
grandeur

with the glafs I eftimated it at firft to be about the magnitude of a ftar of the fourth order; after which it feemed to increafe to that of one of the third. Its firft appearance, to wit, that before the edge of the Sun emerged from that of the Moon, lafted about a minute and a quarter, the luminous circle was ftill vifible though already much weaker than it had been.

The reddifh colour of the ring towards the Lunar difk, its deep yellow towards the middle, its clear and very pale yellow at the external extremity, its uniform circumference, and the rays iffuing from it to the diftance taken notice of above, convince me that the whole is the effect of the Lunar atmofphere, which is of a fubftance different from that of the earth, that is, more tranfparent, more homogeneous, more uniform, and fitter

grandeur d'une étoile de la 4^e claffe; et enfuite il me parut augmenter jufqu'à la grandeur de celles de la 3^e. Sa première apparition, c'eft à dire avant que le bord du Soleil parut par celui de la Lune, fut de la durée d'environ une minute et un quart: le cercle lumineux fubfiftoit encore quoique déjà affoibli.

La couleur rougeatre de l'anneau proche du difque de la Lune, jaunatre comme couleur d'or vers le milieu, jaune clair et tres affoibli vers fa partie extérieure; fa circonférence egale, et les rayons qui partent de cet anneau à la diftance ditte ci deffus perfuadent que le tout eft l'effet de l'atmosphère de la Lune, laquelle eft de matière différente de celle de la terre; plus transparente, plus nette, plus egale et plus propre à réfléchir les rayons de lumière que celle ci; autrement, l'anneau n'auroit pas été également clair, brillant et coloré dans la circonférence entière du difque de la lune. On ne peut pas dire que cet anneau lumineux foit

ter for reflecting the rays of light, since otherwise the ring would not have been equally clear, shining, and coloured throughout the whole circumference of the Lunar disk. It cannot be said, that this luminous ring is the effect of the rays of the Sun reflected by the atmosphere of the earth, because the apparent diameter of the Sun is smaller than that of the Moon, whose disk entirely hid that of the Sun. Besides, if the luminous circle had been made by the atmosphere of the earth, its colours would have been like those of the rainbow, and it would have appeared fixed without motion, instead of which, that which was seen is the same as that which is seen by the naked eye upon the Sun when it is just above the horizon a little after Sun-rise or before Sun-set, so that one may conclude, that this luminous circle is a part of the disk of the Sun seen after refraction through the atmosphere of the Moon.

The

l'effet des rayons du Soleil réfléchis sur l'atmosphère de la Terre, puisque le diamètre apparent du Soleil est plus petit que celui de la Lune, dont le disque cachoit entièrement à nos regards ou à ceux du globe terrestre celui du Soleil. D'ailleurs, si c'étoit sur l'atmosphère de la Terre que le cercle lumineux fut formé, ce cercle auroit été semblable dans ses couleurs à l'arc-en-ciel, et il auroit paru fixe sans mouvement ; au lieu que celui qui a été aperçu est le même qu'on distingue dans le Soleil en le regardant directement avec la simple vue sur l'horizon peu après son lever ou un peu avant son coucher : en sorte qu'on peut conclure que ce cercle lumineux est une partie du disque du Soleil vu par refraction sur l'atmosphère de la Lune.

The point of the Sun's disk, which was seen before its limb began to emerge from that of the Moon, is a very extraordinary phenomenon which I was not acquainted with before. In order to obviate all doubts which might arise about it, I must mention that we were three observers, Don JOACHIN D'ARANDA, Lieutenant WINTUYSEN, and I. Mr. D'ARANDA, who was looking at the eclipse through a two-foot telescope about the end of the total obscurity, was the first who perceived it. He, not knowing what it was, told me, that the total obscurity drew near an end, because he discovered a small point of the Sun, like a star, on the edge of the Moon. I looked immediately with the naked eye, and saw nothing. I then took out a spy glass, with which I saw as much. At length I took out my telescope of two feet and a half, and did discover with that a red luminous point so near
the

Le point du disque du Soleil, vu avant que son limbe eusse commencé à paraître par celui de la Lune, est un phénomène très particulier et dont je n'avois pas connoissance. Pour prévenir les doutes qui peuvent se lever je dois dire que nous étions trois personnes à observer l'éclipse : M. M. Don JOACHIN DE ARANDA Cap. de frégate de l'armée, et pilote major de la flotte ; Don P. WINTUISEN lieutenant de vaisseau et major de la dite flotte, et moi. Mr. D'ARANDA, en regardant l'éclipse vers la fin de la totale obscurité avec sa lunette de deux pieds, fut celui qui l'aperçut le premier : Il me dit, ne sachant ce que c'étoit, que la totale obscurité étoit près de finir, parce qu'il voyoit un petit point du Soleil sur le bord de la Lune semblable à une étoile. Je regardai d'abord avec la vue,

the edge of the Moon, that it left me no doubts of its belonging to the body of the Sun. I, at that time, estimated it to be about the size of a star of the third magnitude; and imagine, that when Mr. D'ARANDA discovered it, it must have been like one of the fourth. This point gradually increased, and when it became of the bigness of a star of the second magnitude, the edge of the Sun emerged from that of the Moon. The interval between the first discovery of this point and the beginning of the emergence was about a minute and a quarter. This apparition of the Sun, before the beginning of the emergence, can only have taken place through some crevice or inequality on the limb of the Moon, not perceivable at the full Moon, by reason of the reflected rays which cross each other, and confuse it; whereas at the time of the eclipse,

et je n'aperçu rien : Je tirai une lorgnette de la poche et je n'en vis pas d'avantage ; enfin je pris ma Lunette de $2\frac{1}{2}$ pieds avec laquelle je découvris effectivement un point rouge et lumineux très proche du bord de la Lune qui ne me laissa aucun doute que ce ne fut le corps du Soleil. Je l'estimai pour lors comme une étoile de la 3^e grandeur, et je présume que lors que M. D'ARANDA la découvrit, elle pouvoit paroître comme une étoile de la 4^e grandeur. Ce point grandit successivement ; et lorsqu'il pouvoit être jugé comme une étoile de la 2^e grandeur le bord du Soleil parût par celui de la Lune. L'intervalle qu'il y eut entre la 1^{re} vision de ce point et le commencement de l'émergence fut d'une minute et un quart. Cette apparition du Soleil avant le commencement de l'émergence ne peut avoir eu lieu qu'à travers de quelque fente ou inégalité qui se trouve sur le limbe de la Lune, et qui est imperceptible lors du plenilune à cause des rayons réfléchis qui se croisent et confondent la dite ouverture ; au lieu que dans le

tems

eclipse, the Moon's body being entirely obscured, the light of the Sun is behind, and comes through the smallest openings in the disk without any confusion.

The time elapsed between the first appearance of the Sun's body through the aperture of the limb of the Moon and the appearance of the limb of the Sun out of that of the Moon will serve to determine the depth of the said chink, aperture, or inequality, which is equal to the height of the eminencies which form it.

The luminous point was towards the North-west part of the Moon's disk, a little more to the North than the part of its limb through which that of the Sun appeared at the beginning of the emerfion; and it is remarkable, that no other luminous speck was perceived in the disk besides this. This aperture is therefore the only one in that part of the disk through which the emerfion was

to

tems de l'eclipse le corps de la Lune se trouvant entièrement obscurci, la lumière du Soleil se trouve par derrière et perce sans confusion par les plus petites ouvertures du disque de cet astre.

Le tems qui s'est écoulé depuis la première apparition du corps du Soleil par l'ouverture du limbe de la Lune jusqu'à l'apparition du limbe du Soleil par celui de la Lune servira à déterminer la profondeur de la ditte fente, ouverture, ou inégalité qui est égale à la hauteur des éminences qui la forment.

Le dit point lumineux étoit à la partie du Nord-Ouest du disque de la Lune, un peu plus au nord de l'endroit de son limbe par où se fit voir celui du Soleil au commencement de l'emerfion; et il est à remarquer qu'on n'aperçut pas d'autre, point lumineux dans le disque de la Lune que celui là: ainsi cette ouverture est

to begin; from whence one may be certain, that throughout the fourth part of the Moon's circumference, reaching from North to West, there is not any perceptible breaks in its limb besides that which was then observed. There can be no doubt but that the luminous speck which appeared through the aperture was part of the Sun's body; this is demonstrated, by the red fiery colour (the same as that which is seen when this luminary is looked at through a smoked glass) by its gradual increase, in proportion as the limb of the Sun came near that of the Moon, and in short by the colour, which at its emerging was just the same as that which had been seen through the opening.

It remains to be mentioned, that on the 24th day of July, the day on which I made the above observation

unique dans la partie du disque par où devoit commencer l'émerfion, et on peut affurer que dans la quatrième partie de la circonférence de la Lune, il n'y a pas dans son Limbe, depuis le Nord jufqu'à l'oueft d'autres fentes perceptibles que celle qui fut obfervée. Il n'y a point de doute que le point lumineux qui parut à travers l'ouverture ne fut le corps du Soleil; Cela eft démontré par la couleur de feu très rouge, la même qui fe voit quand on regarde cet Afre à travers d'un verre obfcurci, par la gradation qui eut lieu dans fon accroiffement à mefure que le Limbe du Soleil aprochoit de celui de la Lune, et enfin, par la couleur du Soleil, qui lors qu'il deborda fut la même que celle qui l'étoit vue à travers de l'ouverture.

Il me refte à dire que le 24^e Juin, jour que je fis cette obfervation à bord du Vaiffeau

vation on board the *Espagne*, the aforefaid ſhip's latitude was $37^{\circ} 14''$ North, measured the ſame day; that ſince noon it had failed direct Eaſt; that from the end of the eclipse to its being in the meridian of Cape St. Vincent it had failed 301 ſea miles Eaſt, making 100 ſea leagues, reckoning 20 leagues to a degree, remains to be known the difference of meridians of the ſaid Cape and the meridian of the different obſervatories of the capital cities of Europe, in order to determine the part of the ſea in which the obſervation was made relatively to the obſervatories.

The ſolar ſpots were ſeen very diſtinctly both before and after the eclipse; there were fix of them in all: two very near each other on the Eaſtern part of the diſk; two towards the middle of the diſk, likewise very near one another;

Vaiſſeau l'*Eſpagne* commandant l'eſcadre de la flotte de Vera Cruz, ce V^{ais} étoit par 37 degrés 14 minutes de Latitude Septentrionale, obſervée le même jour; que depuis le Midy il avoit fait route à l'eſt directement; que depuis la fin de l'Eclipse juſqu'à être nord ſud avec le Cap St. Vincent il a navigué à l'eſt 301 milles maritimes qui font $100 \frac{1}{2}$ lieues maritimes de 20 au degré; reſte à ſavoir la différence de Méridien entre le dit Cap. et les different Obſervatoires des villes capitales de l'Europe, pour déterminer l'endroit à la mer où l'obſervation fut faite relativement aux dits Obſervatoires.

Les taches du Soleil furent vues tres diſtinctement avant et après l'Eclipse; elles étoient au nombre de fix: deux à la partie de l'eſt du diſque peu diſtantes l'une de l'autre: deux vers le milieu du diſque auſſi aſſez près l'une de l'autre:

et

another; and two towards the North, verging towards the North-west.

The corrected altitude of the center of the Sun above the horizon, taken at the moment the eclipse ended, was $36^{\circ} 31''$. The atmosphere was very clear; the wind WNW, and not very strong. No clouds were visible, as is often the case at the sea; nor were there any till near six, when there arose some just above the horizon.

The luminous ring made so strong an impression on me, as well from the beauty and brightness of its colour as from its rapid and uniform circular motion that I could neither reckon the stars visible in each interval from the total obscurity to the end of the eclipse, nor make several other observations on the colour and vivacity of their
light.

et deux enfin vers la partie du Nord un peu vers Nordouest.

La hauteur corrigée du centre du Soleil sur l'horizon, prise au moment que l'Eclipse finit étoit 36 degres 31 m. L'atmosphère étoit très net et l'air de l'Ouest Nord-Ouest de moyenne force; on ne voyoit aucun nuage comme cela arrive souvent en mer; ce ne fut que vers les six heures qu'il s'en forma quelques uns sur l'horizon.

L'anneau lumineux me fit une impression si agreable tant par la beauté et l'eclat de sa couleur que par son mouvement circulaire uniforme et rapide que je ne pus ni compter les étoiles visibles dans chaque intervalle depuis la totale obscurité jusqu'à la fin, ni faire d'autres observations sur la couleur et la vivacité de leur lumière: Je m'attachai uniquement à l'anneau et ensuite au point lumi-

neux

light. All I attended to was, first, the ring, and then the luminous speck which appeared through the disk of the Sun. These made the same impression on all who observed with me.

It is not easy to make celestial observations at sea with the same precision and delicacy as they are made at land, on account of the motion of the ship, and want of convenience to use the instruments. It would have been difficult (even if we had had a Micrometer) to have measured either the breadth of the ring, in order to see if it was equal every where, or the distance between the luminous speck seen on the disk of the Moon and its limb. I regret, however, exceedingly not having been able to make observations which would have been of such use in astronomy.

neux du Soleil au travers du disque de la Lune. Ce ravissement produisit le même effet sur ceux qui observoient avec moi.

Il n'est pas facile de faire en mer des Observations Celestes avec autant de précision et de délicatesse qu'on les fait à terre, à cause du mouvement du vaisseau et de la gêne à se servir des instrumens. Il auroit été difficile, quand meme on auroit été pourvu d'un Micromètre, de mesurer la largeur de l'anneau pour examiner s'il étoit égal partout, comme aussi la distance du point lumineux vu sur le disque de la Lune jusqu'à son limbe. J'ai bien du regret de n'avoir pu faire ces observations qui auroient été d'un grand avantage pour la Physique des astres.

