

Les lunettes de Galilée et ses accessoires

1 – Le texte de Galilée

MENSIBVS abhinc decē ferē rumor ad aures nostras increpuit, fuisse à quodam Belga Perspicillum elaboratum, cuius beneficio obiecta visibilia, licet ab oculo inspicientis longè dissita, veluti propinqua distinctè cernebantur; ac huius profectò admirabilis effectus nonnullæ experientiæ circumferebantur, quibus fidem alij præbebant, negabant alij. Idem paucos post dies mihi per literas à nobili Gallo Iacobo Badouere ex Lutetia confirmatum est, quod tandem in causa fuit, ut ad rationes inquirendas, necnon media excogitanda, per quæ ad consimilis Organi inuentionem deuenirem, me totum conuerterem; quam paulopost doctrinæ de Refractionibus innixus assequutus sum; ac tubum primò plumbeum mihi parauī, in cuius extremitatibus vitrea duo Perspicilla, ambo ex altera parte plana, ex altera verò vnum sphaericè connexum, alterum verò cauum aptauī; oculum deindè ad cauum admouens obiecta satis magna, & propinqua intuius sum; triplo enim viciniōra, non nuplo verò maiora apparebant, quam dum sola naturali acie spectarentur. Alium postmodum exactiorem mihi elaborauī, qui obiecta plusquam sexageties maiora repræsentabat. Tandem labori nullo, nullisque sumptibus parcens, eò à me deuentum est, ut Organum mihi construxerim adeò excellens, ut res per ipsum visæ millies ferè maiores appareant, ac plusquam in terdecupla ratione viciniōres, quam si naturali tantum facultate spectentur. Huius Instrumenti quot, quantaque sint commoda tam in re terrestri, quam in Marittima omnino superuacaneum foret enumerare. Sed missis terrenis, ad Coelestium speculationes me contuli: ac Lunam prius tam ex propinquo sum intuitus,

B 2

Il y a environ dix mois, le bruit parvint à nos oreilles qu'un certain belge¹ avait fabriqué une lunette grâce à laquelle des objets, même très éloignés de l'observateur, pouvaient être nettement distingués comme s'ils étaient proches. Plusieurs expériences étaient rapportées de cette admirable propriété en laquelle certains croyaient et d'autres pas. Ceci me fût confirmé par un courrier envoyé de Paris par un gentilhomme français, Jacques Badovere. Ceci me poussa finalement à tenter de rechercher une explication de ce phénomène et donc à trouver les moyens de fabriquer une lunette semblable. Je l'ai réalisée peu de temps après en m'appuyant sur la théorie des réfractions. J'utilisais d'abord un tube de plomb auquel je fixais aux deux extrémités deux lentilles de verre. Elles étaient toutes les deux planes d'un côté et convexe pour l'une, concave pour la seconde. En regardant du côté de la lentille concave, je vis les objets assez grands et proches. Ils apparaissaient trois fois plus proches et neuf fois plus grands que lorsqu'ils étaient examinés à l'œil nu. Peu après, j'en construisis une autre, plus précise, qui grossissait les objets de plus de soixante fois. Enfin, n'épargnant nulle peine ni nulle dépense, je parvins à me construire un instrument si excellent que ce qu'on observe apparaît près de mille fois plus grand et plus de trente fois plus voisin que si on l'examine seulement grâce à la vision naturelle.

Exposer en détail le nombre et l'importance des avantages offerts par cet appareil, tant sur terre que sur mer serait ici tout à fait superflu. Délaissant les affaires de la Terre, je me consacrai à l'étude de celles du Ciel. Je vis d'abord la Lune d'aussi près que si elle était à peine éloignée de deux rayons terrestres.

¹ Habitant des provinces des Pays-Bas.

OBSERVAT. SIDEREAE

tuitus, ac si vix per duas Telluris diametros abesset. Post hanc Stellatum fixas, tum vagas incredibili animi iocunditate saepius observaui; cumque harum maximam frequentiam viderem, de ratione qua illarum interstitia dimetiri possem excogitare cepi, ac demum reperi. Qua de re singulos praemonitos esse decet, qui ad huiusmodi observationes accedere volunt. Primo enim necessarium est, ut sibi Perspicillum parent exactissimum, quod obiecta pellucida, distincta, & nulla caligine obducta representet; eademque ad minus secundum quatercentuplam rationem multiplicet; tunc enim illa bisdecuplo viciniora monstrabit; nisi enim tale fuerit Instrumentum, ea omnia, quae a nobis conspecta sunt in caelis, quaeve infra enumerabuntur, intueri tentabitur frustra. Ut autem de multiplicatione instrumenti quilibet paruo negotio certior reddatur, circulos binos, aut quadrata bina cartacea contornabit, quorum alterum quatercenties altero maius existat, id autem erit tunc, cum maioris diameter, ad diametrum alterius longitudine fuerit vigecupla; deinde superficies ambas in eodem pariete infixas simul a longe spectabit, minorem quidem altero oculo ad Perspicillum admoto, maiorem vero altero oculo libero; commodè enim id fieri licet vno eodemque tempore oculis ambobus adaperitis; tunc enim figurae ambae eiusdem apparebunt magnitudinis, si Organum secundum optatam proportionem obiecta multiplicauerit. Confimili parato Instrumento, de ratione distantiarum dimetiendarum inquirendum erit; quod tali artificio assequemur. Sit enim, facillioris intelligentiae gratia, Tubus ABCD. Oculus insipientis esto E. radij, dum nulla in Tubo adessent Perspicilla ad obiectum FG. secundum lineas rectas E. C. F. E D G. ferrentur, sed appositis Perspicillis

Après cela j'observai très souvent les étoiles, tant fixes qu'errantes, avec un incroyable ravissement. Tandis que j'en observais un très grand nombre, je me mis à réfléchir à la façon dont je pourrais mesurer les distances qui les séparaient, et je finis par la trouver.

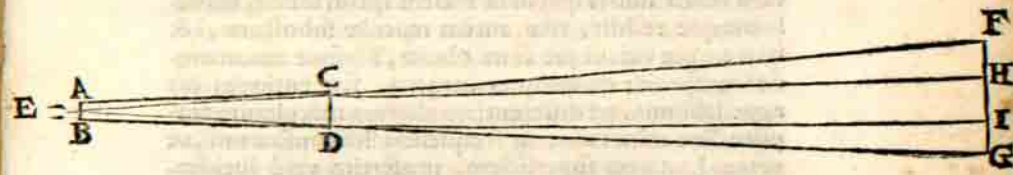
Il est important ici d'avertir ceux qui voudraient faire de telles observations. Il est en premier nécessaire qu'ils se procurent une bonne lunette qui montre les objets avec tout leur éclat, distinctement, sans aucun obscurcissement, et qui les agrandisse au moins quatre cents fois : dans ces conditions la lunette les rapprochera vingt fois. Mais si l'instrument n'a pas ces performances, il sera impossible de voir tout ce que nous avons observé dans le ciel et qui sera décrit plus loin.

Pour déterminer sans grande difficulté le pouvoir grossissant de l'instrument, il faudra fabriquer deux cercles, ou deux carrés, de papier, dont l'un soit quatre cents fois plus grand que l'autre, ce qui sera le cas si le diamètre du plus grand est vingt fois celui de l'autre. Il faudra ensuite observer de loin en même temps les deux surfaces fixées sur un mur, la plus petite à travers la lunette, et la plus grande à l'œil nu : pour cela il faut réaliser l'observation avec les deux yeux ouverts en même temps. Si les deux figures apparaissent de grandeur identique, l'appareil agrandit les objets dans la proportion souhaitée.

Après s'être procuré un instrument de cette qualité, il faudra chercher une méthode pour mesurer les distances, ce qui peut être réalisé avec cette méthode : soit en effet, pour faciliter la compréhension, un tube ABCD.

RECENS HABITAE.

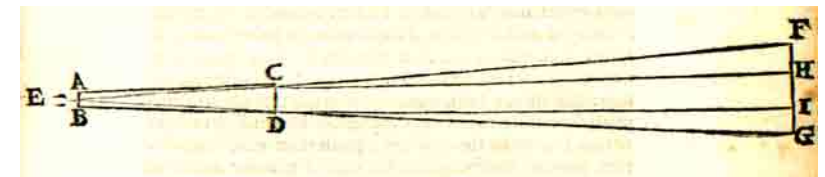
7
 spicillis ferantur secundum lineas refractas ECH.
 EDI. coarctantur enim, & qui prius liberi ad FG.
 Obiectum dirigebantur, partem tantummodo HI. cō-



prehendent: accepta deinde ratione distantiae EH. ad
 lineam HI. per tabulam sinuum reperietur quantitas
 anguli in oculo ex obiecto HI. constituti, quem mi-
 nuta quaedam tantum continere comperiemus. Quod
 si Specillo CD. bracteas, aliàs maioribus, aliàs verò mi-
 noribus perforatas foraminibus aptauerimus, modo
 hanc modo illam prout opus fuerit superimponentes,
 angulos alios, atque alios pluribus, paucioribusquē
 minutis subtendentes pro libito constituemus, quorū
 ope Stellarum intercapedines per aliquot minuta ad-
 inuicem diffitarum, citra vnius, aut alterius minu-
 ti peccatum commodè dimetiri poterimus. Hæc ta-
 men sic leuiter tetigisse, & quasi primoribus libasse
 labijs in præsentiarum sit satis, per aliam enim occasio-
 nem absolutam huius Organi theoriam in medium pro-
 feremus. Nunc obseruationes à nobis duobus proxi-
 mē elapsis mensibus habitas recenseamus, ad magnarū
 profectō contemplationum exordia omnes veræ Philo-
 sophiæ cupidos conuocantes.

De facie autem Lunæ, quæ ad aspectum nostrum
 vergit

L'œil de l'observateur est en E. Les rayons visuels dirigés vers l'objet FG seraient tracés selon les lignes droites ECF et EDG si le tube ne comportait aucune lentille. Avec une lentille, les rayons visuels sont réfractés en ECH et EDI, car ils se resserrent, et alors qu'ils allaient avant vers l'objet FG, ils n'en verront plus que la partie HI :



Connaissant le rapport de la distance EH au segment HI, on trouvera dans la table des sinus la mesure de l'angle formé dans l'œil par l'objet HI, angle qui n'a que quelques minutes.

Si maintenant nous adaptons à la lentille CD des feuilles percées de trous, les uns percés de petits trous et d'autres de plus grands, en posant sur la lentille l'une ou l'autre de ces feuilles, en fonction des besoins, nous formerons à volonté différents angles qui sous-tendront plus ou moins de minutes. Grâce à cela nous pourrions mesurer commodément les intervalles entre des étoiles éloignées de quelques minutes, sans que l'erreur puisse excéder une ou deux minutes. Mais qu'il suffise pour le moment d'avoir exposé sommairement ces questions et, pour ainsi dire, d'y avoir goûté du bout des lèvres, car nous produirons à une autre occasion la théorie complète de cet instrument. Maintenant nous allons exposer les observations que nous avons réalisées ces deux derniers mois, en conviant les amoureux de la vraie philosophie aux débuts de grandes contemplations.

2 – Commentaires

1- Les lunettes

La première lunette : Galilée utilise deux lentilles. L'une plan convexe sert d'objectif, l'autre plan concave d'oculaire. Cette lunette augmente, dit-il, la dimension d'un carré de trois fois et sa surface de neuf fois.

La seconde lunette grandit les objets de plus de soixante fois et la troisième grossit mille fois et rapproche de trente fois.

On peut observer à travers ces commentaires que Galilée n'a aucune notion d'optique. Il s'appuie dit-il sur les lois de la réfraction, ce qui n'est pas approprié ici. Et les connaît-il réellement ? Il faut voir à travers le texte que Galilée imagine les rayons lumineux comme des projections à partir de l'œil et pour lui, l'effet des lentilles est de resserrer les rayons lumineux.

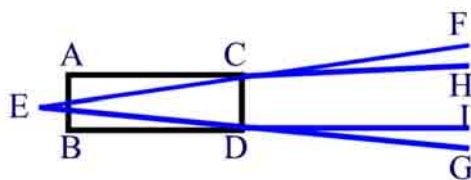
2- La mesure du grossissement

Elle est empirique. Galilée pose qu'il faut une lunette qui agrandisse une surface de 400 fois. Pour cela il utilise deux surfaces (carré ou cercle) dont la surface de l'un est 400 fois celle de l'autre. Il les dispose proches l'une de l'autre sur un mur. Il observe simultanément la petite avec la lunette et la plus grosse à l'œil nu. Si les deux surfaces paraissent égales, Galilée en déduit que sa lunette grossit 400 fois.

On peut évidemment faire la même chose avec des rapports de surface différents pour mesurer des grossissements différents.

3- Les mesures des distances angulaires des objets.

Dans ce document Galilée indique comment estimer le diamètre angulaire des objets observés :

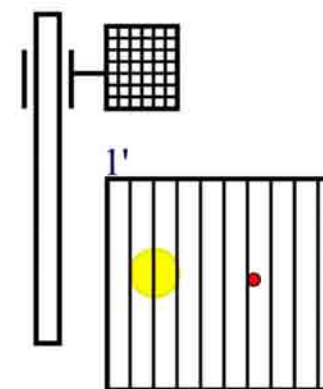


L'objet de diamètre inconnu HI est vu dans la lunette sous FE. Le sinus de l'angle est HI/EI. Une table donne le diamètre angulaire de l'objet vu au télescope. En adaptant sur l'objectif des diaphragmes de papier percés de trous de diamètres différents, Galilée pense mesurer les distances angulaires apparentes relatives des objets, par exemple celles des satellites de Jupiter.

Un dispositif a été proposé par Drake¹, à partir des explications de Galilée:

"Un disque en carton coulisse le long de l'axe du télescope et pivote autour de son centre. Sur le disque, un réticule assez fin ressemble à notre papier millimétré. D'un œil nous observons Jupiter, de l'autre nous regardons le réticule. L'intégration des deux images par le cerveau fait que le disque lumineux de la planète se superpose au réticule. L'observateur déplace alors le réticule jusqu'à ce que la planète se place dans un motif du quadrillage. S'il procède avec soin, l'observateur peut régler les deux images jusqu'à ce que le diamètre de Jupiter occupe deux pas du réticule : il peut alors utiliser un rayon jupitérien comme unité de mesure et estimer, par rapport à l'unité ainsi déterminée, les distances qui l'intéressent."

¹ Reconstitution par Stillman Drake et William Shea. Galilée. *Pour la Science*, Novembre 1999, p 63.



Sur ce schéma on voit qu'il est possible de mesurer la distance angulaire d'un satellite par rapport au bord de Jupiter : dans cet exemple elle serait de 1,5 diamètres de Jupiter.

4- Les lunettes dites de Galilée du Musée de Florence.

Elles ont été étudiées en détail en 1939 par Edison Pettit¹. Une réplique de la plus grande des lunettes a été réalisée par Cipriani en 1923. Les caractéristiques de cette lunette, données par cet auteur qui a eu l'occasion de les démonter, sont les suivantes:

- Objectif : plan convexe de 5,08 cm de diamètre et $f=1,33$ m. L'objectif est diaphragmé à 26 mm.
- Oculaire : plan concave, sphérique, de 2,4 cm de diamètre. La focale n'est pas donnée mais le rayon de courbure est de 5 cm.

L'étude des lunettes du musée de Florence² montre qu'elles sont diaphragmées. Elles sont occultées par des diaphragmes en carton et en papier.

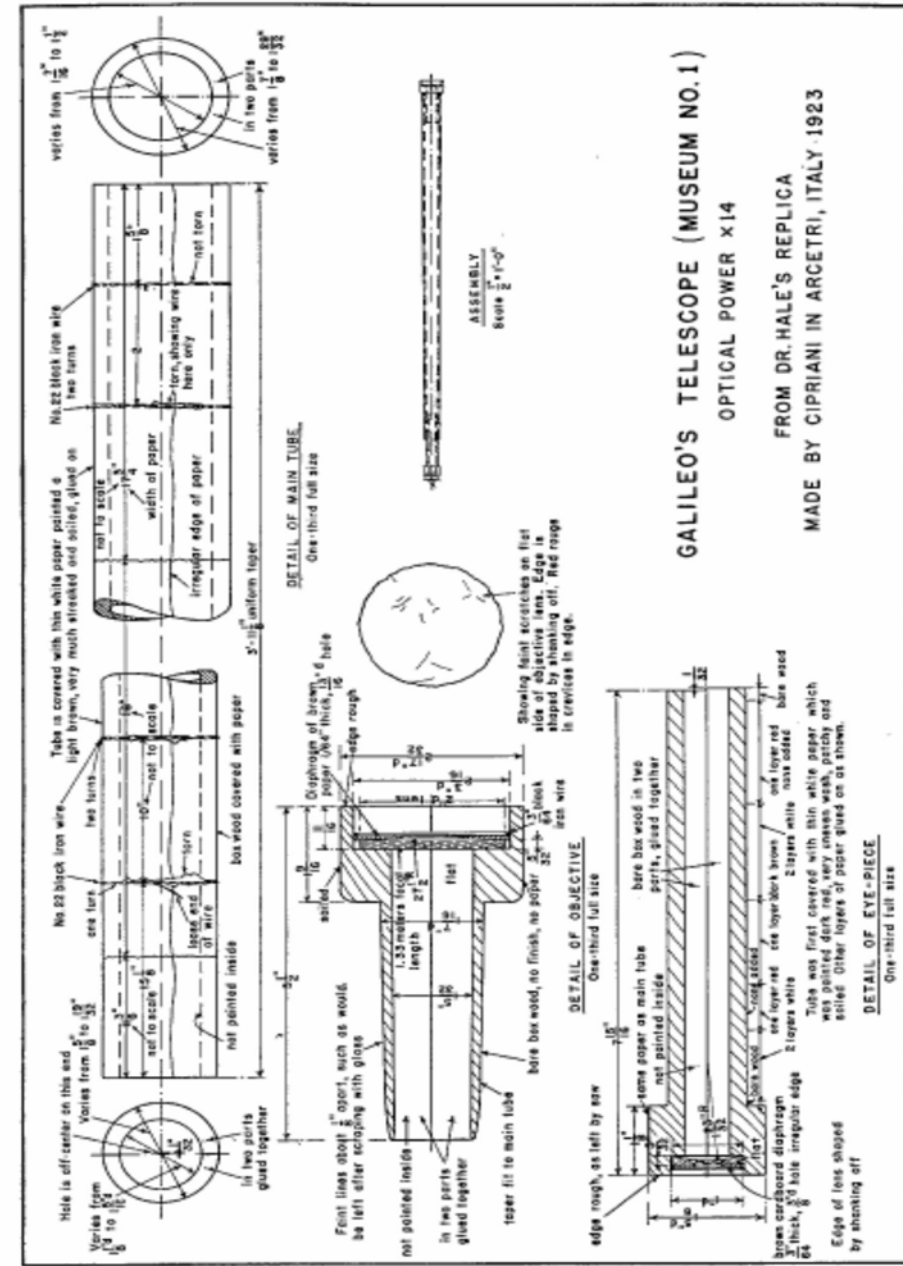
¹ Edison Pettit. *A telescope of Galileo*. Publication of the Astronomical Society of the Pacific. 1939; 51: 147-150.

² S. Dupré, *Galileo's telescope and celestial light*, Journal for the history of Astronomy 2003, 34, pp 369-399.

	Ouverture	Avec diaphragme
Télescope 1	37 mm	15 mm
Télescope 2	51 mm	26 mm

Effet : réduction de 50% du chromatisme central et réduction de l'aberration de sphéricité.

En décembre 1610 l'astronome romain Clavius interroge Galilée sur les raisons de ce dispositif. Celui-ci répond qu'il est plus facile de polir des lentilles plus larges que des petites et que sans diaphragme les images sont plus floues. Ce bénéfice était connu des peintres qui utilisaient la « camera oscura ». Par ailleurs, dans une lettre à Antoine de Médicis du 7 janvier 1610, Galilée écrit : « *le verre convexe situé loin de l'œil doit être recouvert en partie car ainsi les objets sont vus plus distinctement.* »



Observations de la Lune

1 – Le texte de Galilée

OBSERVAT. SIDEREAE

vergit primo loco dicamus, quam facilioris intelligentiae gratia in duas partes distinguo, alteram nempe clariorem, obscuriorem alteram: clarior videtur totum Emisphaerium ambire, atque perfundere; obscurior verò veluti nubes quaedam faciem ipsam inficit, maculosamque reddit; istae autem maculae suboscure, & satis amplae unicuique sunt obviae, illasque ævum omne conspexit; quapropter magnas, seu antiquas eas appellabimus, ad differentiam aliarum macularum amplitudine minorum, at frequentia ita confitarum, ut totam Lunarem superficiem, praesertim verò lucidiorem partem conspergant; hae verò à nemine ante nos observatae fuerunt; ex ipsarum autem saepius iteratis inspectionibus, in eam deducti sumus sententiam, ut certò intelligamus, Lunae superficiem, non perpolitam, æquabilem, exactissimamque sphaericitatis existere, ut magna Philosophorum coors de ipsa, deque reliquis corporibus coelestibus opinata est, sed contra inaequalem, asperam, cavitatibus, tumoribusque confertam, non secus, ac ipsiusmet Telluris facies, quae montium iugis, valliumque profunditatibus hincindè distinguitur. Apparentiae verò ex quibus haec colligere licuit eiusmodi sunt.

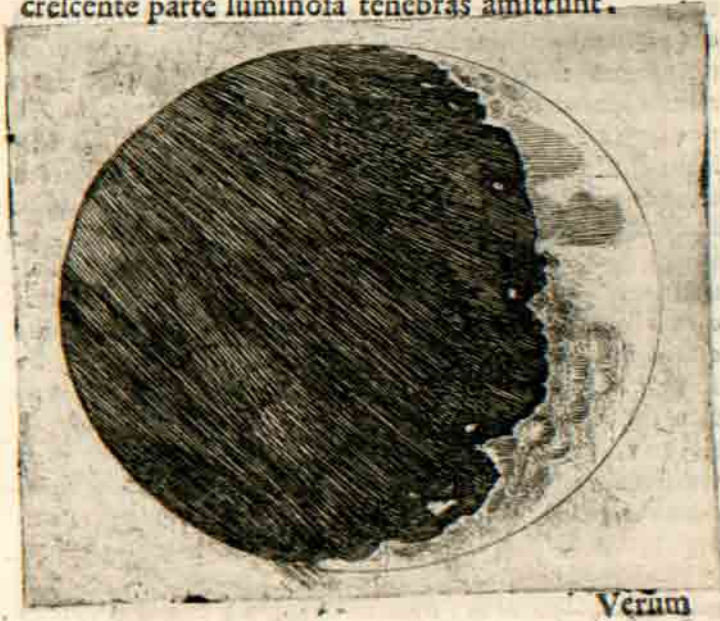
Quarta aut quinta post coniunctionem die, cum splendidis Luna sese nobis cornibus offert, iam terminus, partem obscuram à luminosa diuidens, non æquabiliter secundum ovalem lineam extenditur, veluti in solido perfecte sphaerico accideret; sed inaequabili, aspera, & admodum sinuosa linea designatur, veluti appositae figura representat: complures enim veluti excrecentiae lucidae ultra lucis tenebrarumque confinia in partem obscuram extenduntur, & contra tenebricosae particulae intra lumen ingrediuntur. Quinimo, & magna nigricantium macularum

Nous parlerons d'abord de la face de la Lune tournée vers nous, et pour faciliter la compréhension, je distingue deux parties, l'une plus claire, l'autre plus sombre: la plus claire semble entourer tout l'hémisphère et l'inonder de lumière tandis que la plus obscure s'étend sur cette face comme le feraient des nuages et la rend tachée; or ces taches sombres et assez étendues, tout le monde peut les voir et cela depuis longtemps. Pour cette raison nous les nommerons grandes ou anciennes, pour les différencier d'autres taches moins étendues, mais très abondantes et parsemant toute la surface lunaire, principalement la plus lumineuse. Or ces taches particulières, personne ne les avait observées avant nous. Leur observation répétée nous a amenés à cette proposition: que la surface de la Lune n'est pas parfaitement polie, ni régulière, ni parfaitement sphérique comme le pensait un très grand nombre de philosophes pour la Lune mais aussi pour d'autres objets célestes. Au contraire elle est inégale, rugueuse, formée de cavités et de protubérances comme la Terre elle-même est pourvue de montagnes et de vallées.

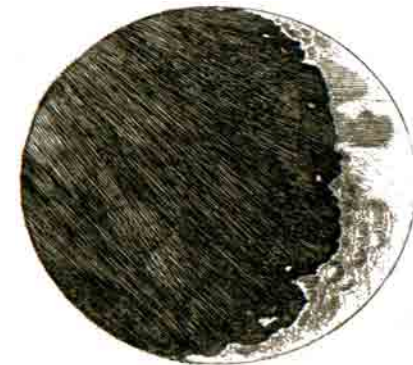
Nos observations nous ont montré que le quatrième ou le cinquième jour après la conjonction, lorsque la Lune s'offre à nous avec ses cornes éclatantes, la limite qui sépare la partie obscure de la lumineuse n'est pas régulièrement tracée, suivant une ligne ovale, comme cela se produirait pour un corps parfaitement sphérique, mais la séparation est marquée par une ligne irrégulière, avec des aspérités et des sinuosités, comme on peut le voir sur la figure ci-dessous.

RECENS HABITAE. 8

cularum exiguarum copia, omnino à tenebrosa parte separatarum, totam ferè plagam iam Solis lumine perfusam vndiquaquè conspergit, illa saltem excepta parte quæ magnis, & antiquis maculis est affecta. Adnotauimus autem, modo dictas exiguas maculas in hoc semper, & omnes conuenire, vt partem habeant nigricantem locum Solis respicientem; ex aduerso autem Solis lucidioribus terminis, quasi candentibus iugis coronentur. At consimilem penitus aspectum habemus in Terra circa Solis exortum, dum valles nondum lumine perfusas, montes verò illas ex aduerso Solis, circumdantes iam iam splendore fulgentes intuemur: ac veluti terrestrium cavitatum vmbrae Sole sublimiora petente imminuuntur, ita & Lunares istæ maculae, crescente parte luminosa tenebras amittunt.



Des sortes d'excroissances lumineuses, assez nombreuses, dépassent en effet cette séparation entre lumière et obscurité vers la partie obscure, et au contraire des parties sombres s'avancent à l'intérieur de la partie lumineuse. Il existe encore une grande quantité de petites taches sombres, totalement séparées de la partie ténébreuse, parsemant presque toute la zone déjà inondée par la lumière du Soleil, sauf dans la partie où se trouvent les grandes et anciennes taches. Nous avons observé que les petites taches ont toutes et toujours ce trait commun que leur partie qui regarde la direction du Soleil est noirâtre, alors que du côté opposé au Soleil elles sont couronnées de bordures plus claires, comme des arêtes éclatantes. Sur Terre au lever du Soleil nous observons le même phénomène avec les vallées pas encore inondées par la lumière alors que les montagnes qui les entourent resplendissent déjà du côté opposé au Soleil ; et de la même façon que les ombres des cavités de la Terre diminuent quand le Soleil s'élève, ces taches lunaires perdent également de leurs ténèbres tandis que s'accroît la partie lumineuse.



OBSERVAT. SIDEREA

Verum non modo tenebrarum & luminis confinia in Luna inæqualia, ac sinuosa cernuntur, sed, quod maiorem infert admirationem, permultæ apparent lucidæ cuspides intra tenebrosam Lunæ partem omnino ab illuminata plaga diuisæ, & auulsæ, ab ea quæ non per exiguam intercapedinem diffitæ, quæ paulatim aliqua interiecta mora magnitudine, & lumine augentur; post verò secundam horam, aut tertiam, reliquæ parti lucidæ, & ampliori iam factæ iunguntur; interim tamen aliæ, atque aliæ hincinde quasi pullulantes intra tenebrosam partem accenduntur, augentur, ac demum eidem luminosæ superficiæ magis adhuc extensæ, copulantur. Huius exemplum eadem figura nobis exhibet. At non ne in terris ante Solis exitum, umbra adhuc planities occupante, altissimorum cacumina montium Solaribus radijs illustrantur? nonne exiguo interiecto tempore ampliatur lumen dum mediæ, & largiores eorundem montium partes illuminantur; ac tandem orto iam Sole planicierum, & collium illuminationes iunguntur? Huiusmodi autem eminentiarum, & cavitatum discrimina in Luna longè latèque terrestrem asperitatem superare videntur, ut infra demonstrabimus. Interim silentio minimè inuoluam quid animaduersione dignum à me observatum dum Luna ad primam quadraturam properaret, cuius etiam imaginem eadem supra posita delineatio præsert; ingens enim sinus tenebrosus in partem luminosam subit, versus inferius cornu locatus; quem quidè sinum cum diutius observassem, totumque obscurum vidissem, tandem post duas ferè horas paulò infra medium cavitatis vertex quidam luminosus exurgere cæpit, hic verò paulatim crescens trigonam figuram præ se ferebat, eratquè omnino adhuc à luminosa facie reuulsus, ac separatus; mox circa illum tres aliæ cuspides
exiguæ

Cependant, non seulement sur la Lune la limite entre ténèbres et lumière est irrégulière et sinueuse mais, ce qui est plus étonnant, c'est que de très nombreuses pointes lumineuses apparaissent à l'intérieur de la partie sombre de la Lune, absolument détachées et séparées de la zone lumineuse et éloignées d'elle par un intervalle qui n'est pas petit, et au bout d'un certain temps, elles augmentent progressivement en taille et en éclat. Après deux ou trois heures elles fusionnent au reste de la zone lumineuse qui s'est aussi agrandie. Pendant ce temps, de nouvelles pointes, puis d'autres, qui pullulent pour ainsi dire de partout, s'éclairent à l'intérieur de la zone ténébreuse, se développent et pour finir s'unissent à la partie lumineuse qui s'est encore agrandie. La figure ci-dessus le montre. Sur Terre également, avant le lever du Soleil, quand l'ombre recouvre encore les plaines, les sommets des plus hautes montagnes ne sont-ils pas illuminés par les rayons du Soleil ? En un temps très court la lumière ne va-t-elle pas illuminer les parties médianes plus larges de ces montagnes, et quand finalement le Soleil s'est levé, l'éclairement des plaines et des collines ne se rejoignent-ils pas ? Sur la Lune, cependant, de tels contrastes entre élévations et dépressions semblent dépasser de très loin l'inégalité que l'on trouve sur Terre, comme nous le montrerons plus loin.

En attendant, je ne passerai pas sous silence ce que j'ai observé de remarquable quand la Lune se dirigeait vers sa première quadrature, et que la même figure ci-dessus illustre encore. En effet, un immense golfe ténébreux, situé vers la corne inférieure, s'insinue dans la zone lumineuse. Je l'avais observé très longtemps et il était resté totalement obscur mais après environ deux heures, un sommet lumineux commençait à s'élever un peu au-dessous du centre de la cavité. Il augmentait progressivement et prenait une forme triangulaire tandis qu'il était jusque là entièrement séparé de la face lumineuse.

RECENS HABITAE.

9

exigua lucere caperunt; donec, Luna iam occafum verius tendente, trigona illa figura extenfa, & amplior iam facta cum reliqua luminofa parte necebat, ac inftar ingentis promontorij, à tribus iam commemoratis lucidis verticibus adhuc obfefa, in tenebrofum finem erumpebat. In extremis quoque cornibus tam fuperiori, quàm inferiori fplendida quædam puncta, & omnino à reliquo lumine difiuncta emergebant; veluti in eadem figura depictum cernitur. Eratque magna obfcurarum macularum vis in utroque cornu, maximè autem in inferiori; quarum maiores, & obfcuriores apparent, quæ termino lucis, & tenebrarum viciniore funt; remotiores verò obfcuræ minus, ac magis dilutæ. Semper tamen, ut fuprà quoque meminimus, nigricans ipfius maculæ pars irradiationis Solaris locum refpicit, fplendidior verò limbus nigricantem maculam in parte Soli averfa, & Lunæ tenebrofam plagam refpiciente, circumdat. Hæc Lunarîs fuperficies, quæ maculis, inftar Pavonis cauda cæruleis oculis, diftinguitur, vitreis illis vafculis redditur confimilis, quæ adhuc calientia in frigidam immiffa perfractam, vndofamque fuperficiem acquirunt, ex quo à vulgo Glaciales Ciati nuncupantur. Verum magnæ eiuſdem Lunæ maculæ confimili modo interruptæ, atque lacunis, & eminentijs confertæ minimè cernuntur; fed magis æquabiles, & uniformes; folummodo enim clarioribus nonnullis areolis hæc illæ ſcatent; adeò ut fi quis veterem Pythagoreorum ſententiam exſciscitare velit, Lunam ſcilicet eſſe quafi Tellurem alteram, eiuf pars lucidior terrenam fuperficiem, obfcurior verò aqueam magis congruè repræſentet: mihi autem dubium fuit nunquam, Terreſtris globi à longè conſpecti, atque à radijs Solaribus perfuli, terream fuperficiem clariorem, obfcuriorem verò aqueam ſe ſe in conſpectum

C

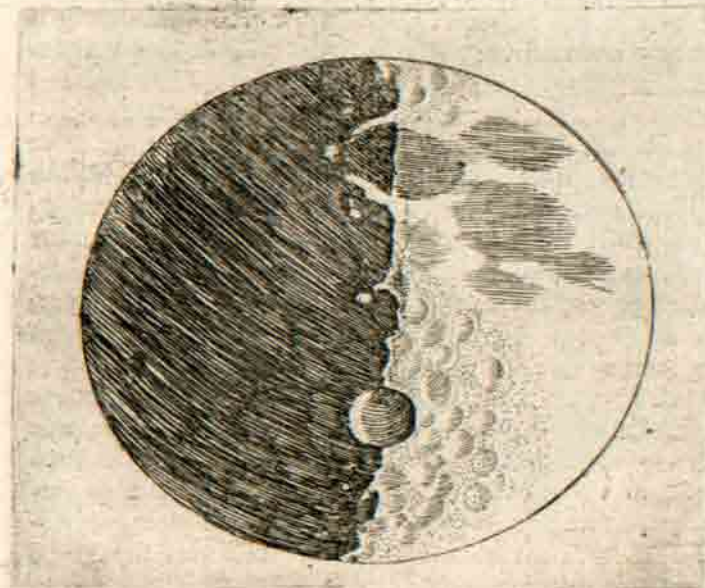
ctum

Un peu plus tard trois autres petites cimes commencèrent à briller autour d'elle et enfin, comme la Lune s'approchait déjà du couchant, cette forme triangulaire, qui s'était élargie et agrandie, se rattachait au reste de la partie lumineuse et, encore entourée des sommets brillants déjà signalés, faisait saillie dans le golfe ténébreux, à la façon d'un énorme promontoire. Aux extrémités des cornes, tant supérieure qu'inférieure, émergeaient aussi quelques points éclatants, tout à fait séparés du reste de la partie lumineuse, comme on le voit sur la figure. De plus il y avait une grande quantité de taches sombres dans chacune des cornes, surtout dans l'inférieure. Les plus proches de la frontière entre lumière et ténèbres apparaissaient les plus grandes et les plus obscures, tandis que les plus éloignées étaient les moins obscures et plus pâles. Mais toujours, comme nous l'avons déjà mentionné, la partie noirâtre de la tache est dirigée du côté de la lumière solaire, tandis qu'une bordure plus brillante entoure cette tache dans la partie opposée au Soleil et du côté de la zone sombre de la Lune. La partie de la surface lunaire qui est marquée de taches comme la queue du paon l'est d'yeux d'azur, ressemble à ces petits vases de verre qui, plongés dans l'eau froide alors qu'ils sont encore brûlants, prennent une surface craquelée et ondulée d'où est venu leur nom vulgaire de « coupes de glace ».

On observe que les grandes taches de la Lune ne sont pas, elles, accidentées et couvertes de dépressions et de protubérances, elles sont plus régulières et uniformes. Elles sont parsemées de taches plus claires et si l'on voulait ressusciter la vieille opinion pythagoricienne, qui suppose que la Lune est comme une autre Terre, sa partie plus brillante représenterait plutôt la surface terrestre, et la plus sombre la surface liquide.

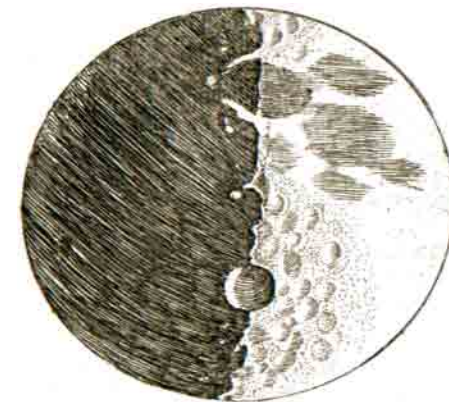
OBSERVAT. SIDEREAE

æm daturam. Depressiores, insuper in Luna cernun-
 tur magnæ maculæ, quàm clariores plagæ; in illa enim
 tam crescente, quam decrescente semper in lucis tene-
 brarumque confinio, prominente hincindè circa ipsas
 magnas maculas contermini partis lucidioris; veluti in
 describendis figuris observauimus; neque depressiores
 tantummodo sunt dictarum macularum termini, sed
 æquabiliores, nec rugis, aut asperitatibus interrupti.
 Lucidior verò pars maximè propè maculas eminet; a-
 deò ut, & ante quadraturam primam, & in ipsa fermè
 secunda circa maculam quandam, superiorem, borea-
 lem nempe Lunæ plagam occupantem valdè attollan-
 tur tam supra illam, quàm infra ingentes quæda emi-
 nentiæ, veluti appositæ præferunt delineationes,

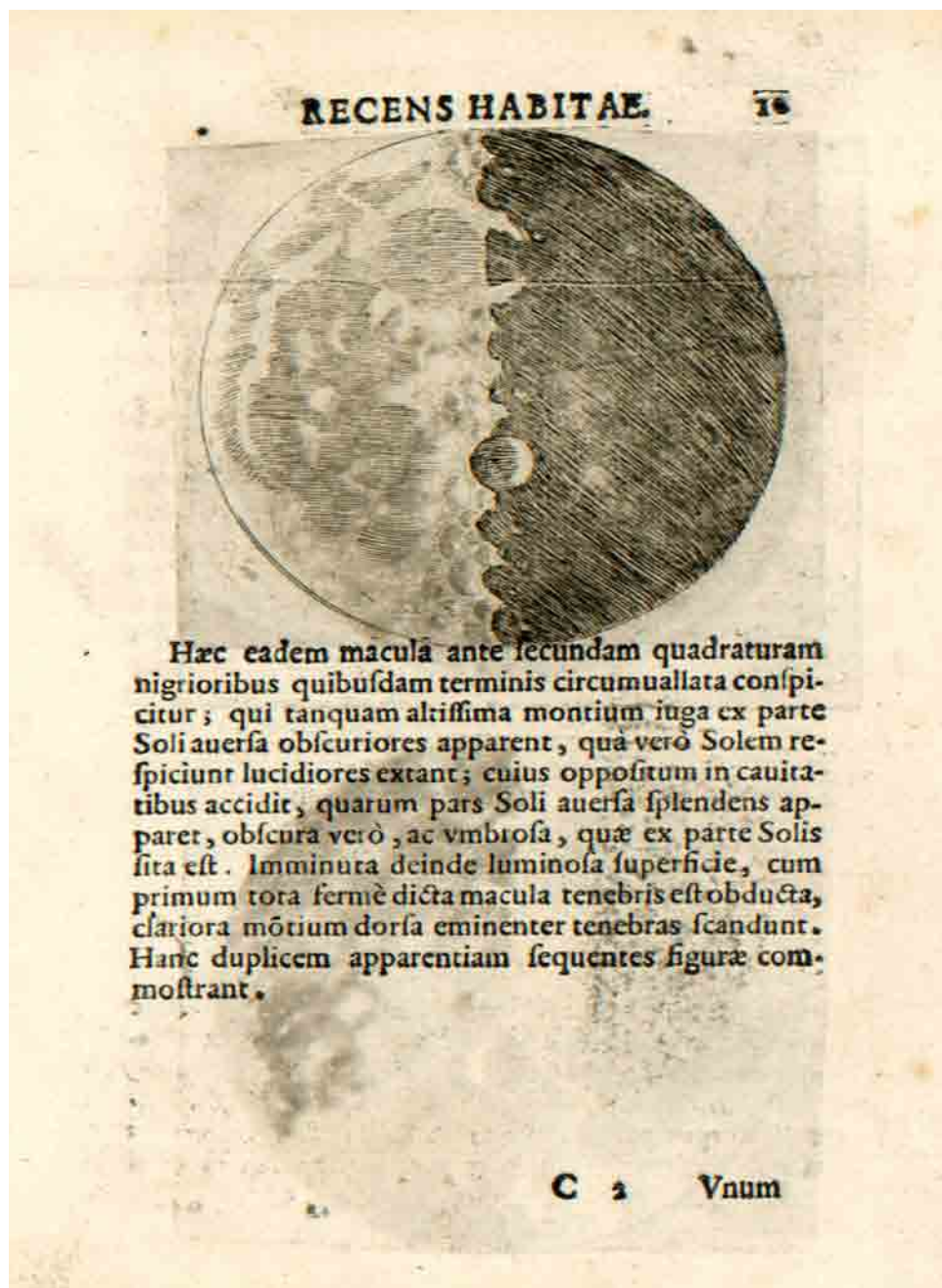


Hæc

Pour moi j'ai toujours pensé que si le globe terrestre était vu
 de loin, inondé par les rayons du Soleil, la Terre ferme apparaî-
 trait plus claire et les mers plus sombres. De plus, on observe que
 les grandes taches de la Lune sont plus basses que les régions
 plus claires. En effet, aussi bien dans sa phase croissante que
 décroissante, les bords de la partie lumineuse sont toujours saillie
 de part et d'autre de ces grandes taches, à la limite entre lumière
 et obscurité, comme nous l'avons noté sur les figures. Les zones
 des taches ne sont pas seulement plus creusées, mais aussi plus
 homogènes et sans plis ou aspérités. Par contre, la partie plus
 lumineuse s'élève près des taches, si bien qu'avant la première
 quadrature et aux environs de la seconde, d'immenses éminences
 s'élèvent fortement près de la tache située dans la région supé-
 rieure, boréale, de la Lune, aussi bien au-dessus qu'au-dessous
 d'elle, comme le représentent les dessins ci-dessous.

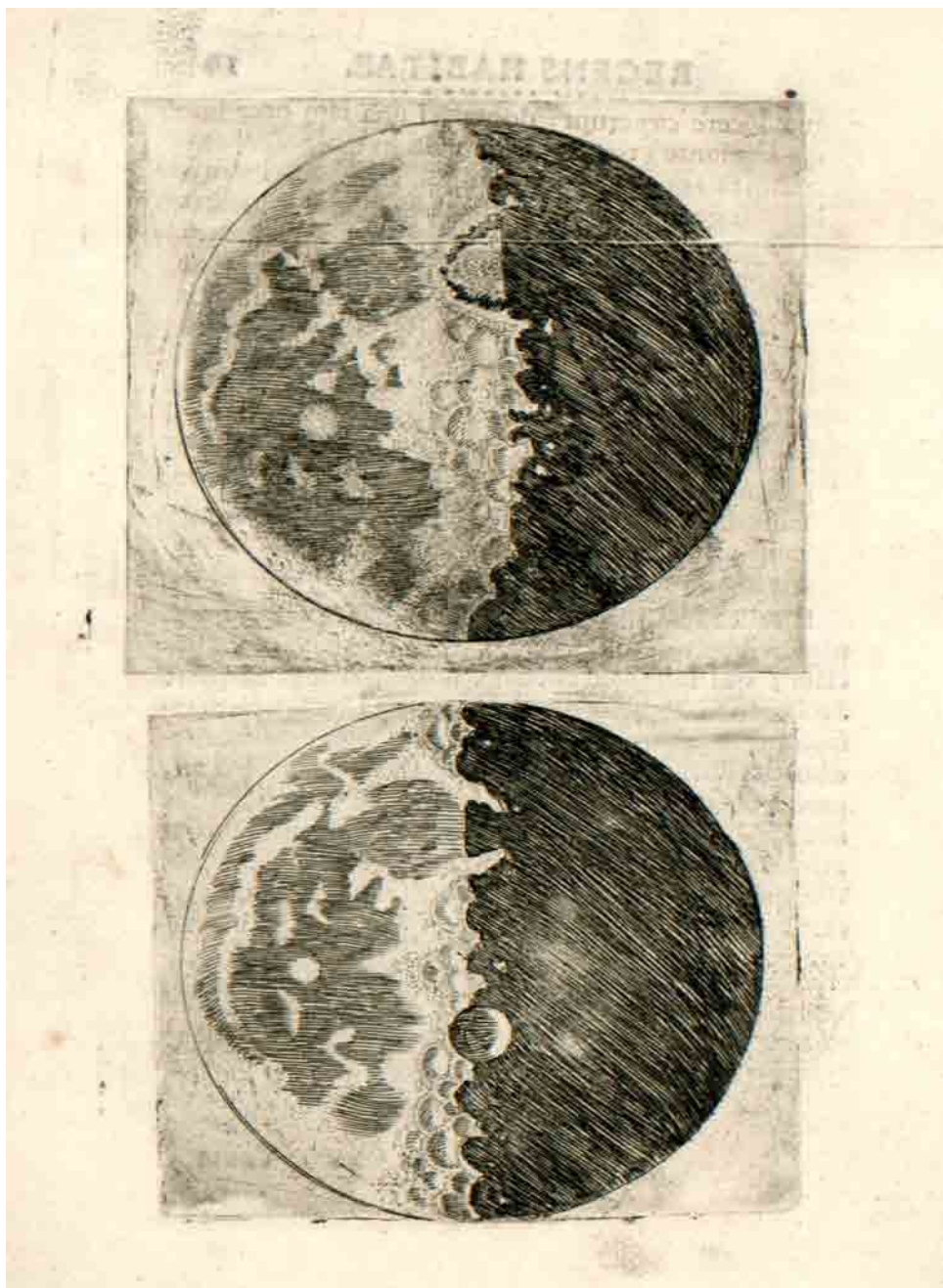


La Lune au premier quartier.



La Lune au dernier quartier.

On peut observer qu'avant la seconde quadrature cette même tache est entourée de bordures plus noires qui, comme les très hauts sommets des montagnes, apparaissent plus sombres du côté qui est opposé au Soleil mais sont plus lumineuses là où elles regardent le Soleil; c'est le contraire que l'on observe pour les cavités dont la partie opposée au Soleil apparaît très lumineuse, alors que celle qui est du côté du Soleil est plus obscure. Ensuite, quand la surface lumineuse a diminué et que presque toute la tache est dans l'obscurité, les crêtes plus éclairées des montagnes surplombent la partie ténébreuse. Les figures suivantes montrent ce double phénomène.



Observations de la Lune.

RECENS HABITAE. II

Vnum quoque obliuioni minimè tradam, quod nō nisi aliqua cum admiratione adnotaui: medium quasi Lunæ locum à cavitare quadam occupatum esse reliquis omnibus maiori, ac figura perfectæ rotunditatis; hanc prope quadraturas ambas conspexi eandemque in secundis ^{supra} figuris quantum licuit imitatus sum. Eundem quo ad ^{umbrationem}, & illuminationem facit aspectum, ac faceret in ^{tertio} regio consimilis Boemiæ, si montibus altissimis, inque peripheriam perfecti circuli dispositis occluderetur undique: in Luna enim adeo elatis iugis vallatur, ut extrema hora tenebræ Lunæ parti contermina Solis lumine perfusa spectetur, priusquam lucis umbræque terminus ad mediam ipsius figuræ diametrum pertingat. De more autem reliquarum macularum, umbræ illius pars Solem respicit, luminosa verò versus tenebras Lunæ constituitur; quod tertio libenter obseruandum admoneo, tanquam firmissimum argumentum, asperitatum, inæqualitatumque per totam Lunæ clariorem plagam dispersarum; quarum quidem macularum semper nigriores sunt illæ, quæ confinio luminis, & tenebrarum conterminæ sunt; remotiores verò tum minores, tum obscuræ minus apparent, ita ut tandem cum Luna in oppositione totum impleuerit orbem, modico, admodumque tenui discrimine, cavitatum opacitas ab eminentiarum candore discrepet.

Hæc quæ recensuimus in clarioribus Lunæ regionibus obseruantur, verum in magnis maculis talis nō conspicitur lacunarum, eminentiarumque differentia, qualem necessariò constituere cogimur in parte lucidiori, ob mutationem figurarum ex alia, atque alia illuminatione radiorum Solis, prout multiplici posita Lunam respicit; at in magnis maculis existunt quidem areolæ

Je ne saurais oublier une observation que j'ai regardée avec admiration : la partie presque centrale de la Lune est occupée par une cavité plus grande que toutes les autres et d'une forme parfaitement ronde. Je l'ai observée aux environs des deux quadratures et je l'ai reproduite du mieux possible dans les figures ci-dessus. Elle présente le même aspect quant au jeu de l'ombre et de la lumière, que sur Terre une région semblable à la Bohème complètement enfermée à l'intérieur d'une chaîne de très hautes montagnes formant un cercle parfait : sur la Lune, cette zone est bordée de crêtes si hautes que l'extrémité de la bordure proche de la zone sombre de la Lune se voit éclairée par la lumière du Soleil avant que la limite entre ombre et lumière atteigne le diamètre qui partage en deux cette même figure. Mais comme pour les autres taches, sa partie sombre regarde le Soleil, tandis que la lumineuse se trouve vers la zone obscure de la Lune. Pour la troisième fois je voudrais apporter une autre preuve très solide de la présence d'aspérités et d'inégalités réparties dans toute la zone lumineuse de la Lune. Parmi ces taches, les plus sombres sont celles qui sont proches de la frontière entre lumière et obscurité, alors que celles qui sont plus éloignées apparaissent soit plus petites, soit moins sombres, si bien qu'à la pleine Lune, l'ombre des cavités n'est que très peu différente de l'éclat des élévations.

OBSERVAT. SIDEREAE

areolæ nonnullæ subobscuriores veluti in figuris adnotauimus, attamen istæ eundem semper faciunt aspectum, neque intenditur earum opacitas, aut remittitur, sed exiguo admodum discrimine paululum obscuriores modò apparent, modò verò clariores, si magis, aut minus obliqui in eas radii solares incident; iunguntur præterea cum proximis macularum partibus non quædam copula, confinia miscentes, ac contundentes; secus verò in maculis accidit splendidioræ Lunæ superficiem occupantibus; quasi enim abruptæ rupes asperis, & angulatis scopulis confitæ, umbrarum, luminumque rudibus discriminibus ad lineam determinantur. Spectantur insuper intra easdem magnas maculas areolæ quædam aliæ clariores, imò nonnullæ lucidissimæ: verum & harum, & obscuriorum idem semper est aspectus, nulla, aut figurarum, aut lucis, aut opacitatis mutatio; adeo ut compertum, indubitatumque sit, apparere illas ob veram partium dissimilitudinem, non autem ob inæqualitates tantum in figuris earundem partium, umbras ex varijs Solis illuminationibus diuersimodè mouentibus; quod bene contingit de maculis alijs minoribus clariorem Lunæ partem occupantibus; indies enim permutantur, augentur, imminuuntur, abolentur; quippe quæ ab umbris tantum eminentiarum ortum ducunt.

Verum magna hic dubitatione complures affici sentio, adeoque graui difficultate occupari, ut iam explicatam, & tot apparentijs confirmatam conclusionem in dubium reuocare cogantur. Si enim pars illa Lunaris superficiæ, quæ splendidius Solares radios retorquet, anfractibus, tumoribus scilicet, & lacunis innumeris est repleta; cur in crescenti Luna extrema circumferentia, quæ occasum versus spectat, in decrescenti verò altera semicircumferentia orientalis, ac in plenilu-

Les observations que nous venons de décrire concernent les zones plus claires de la Lune. Au contraire, dans les grandes taches, le contraste est entraîné par des modifications de formes dues aux variations d'éclairage produites par les rayons du Soleil lorsqu'il éclaire la Lune sous des angles différents. Cependant quelques taches possèdent quelques aréoles un peu plus sombres, comme nous l'avons fait figurer sur les dessins, mais elles gardent le même aspect. Leur partie sombre ni ne s'étend ni ne diminue; elles sont simplement parfoiſ un peu plus sombres, d'autres fois un peu plus claires mais de façon peu contrastée en fonction de l'obliquité des rayons du Soleil. En outre leur raccordement avec les taches est flou, avec des limites imprécises, au contraire des taches qui siègent dans la partie la plus lumineuse de la Lune. Elles se détachent en effet comme des parois abruptes avec des rochers découpés, aux arêtes vives; leur ombre est comme délimitée au cordeau avec un fort contraste d'ombres et de lumière. On observe encore à l'intérieur de ces grandes taches d'autres aréoles plus claires dont certaines sont même très lumineuses. Mais leur aspect reste toujours identique, sans modification de forme ou d'éclairement. Il est donc certain que ce sont des régions très différentes et non des inégalités dues seulement à des éclairages variés du Soleil, des parties élevées qui font se déplacer leurs ombres, ce qui se produit pour les taches plus petites qui siègent dans la partie plus claire de la Lune. Celles-ci, au contraire, se modifient d'un jour à l'autre, augmentant, diminuant puis disparaissant, puisqu'elles tirent leur origine des ombres des montagnes.

RECENS HABITAE.

12

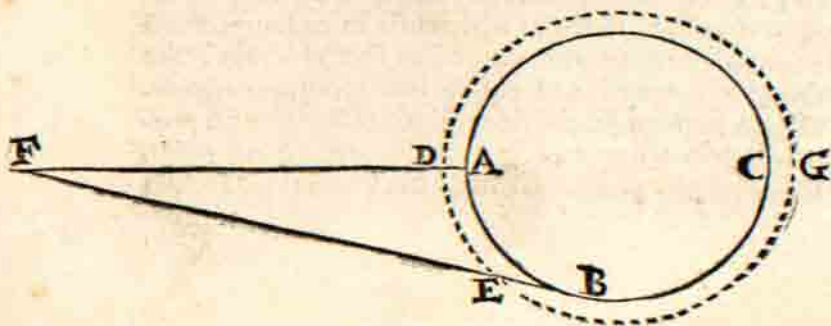
plenilunio tota periphæria non inæquabilis, aspera, & sinuosa, verum exactè rotunda, & circinata, nullisque tumoribus, aut cavitatibus corrosa conspicitur? atque ex eo maximè, quia totus integer limbus ex clariori Lunæ substantia constat, quam tuberosam, lacunofamque totam esse diximus; magnarum enim macularum nulla ad extremum usque perimetrum exporrigitur, sed omnes procul ab orbita aggregatæ cernuntur. Huius apparentiæ ansam tam grauitè dubitandi præbentis, duplicem causam, ac proinde duplicem dubitationis solutionem in medium afferò. Primo enim; si tumores, & cavitates in corpore Lunari secundum vnicam tantum circuli periphæriam, emisphærium nobis conspicuum terminantem, protenderentur; tunc posset quidem, imò deberet Luna sub specie quasi dentatæ rotæ sese nobis ostendere, tuberoso nempe, ac sinuoso ambitu terminata; at si non vna tantum eminentiarum series, iuxta vnicam solummodo circumferentiam dispositarum, sed permulti montium ordines cum suis lacunis, & anfractibus circa extremum Lunæ ambitum coordinati fuerint, ijq; non modo in emisphærio apparente, sed in auerso etiā (propè tamen emisphæriorum finitorem) tunc oculus à longè prospiciens eminentiarum cavitatumque discrimina deprehendere minimè poterit; intercapedines enim montium in eodem circulo, seu in eadem serie dispositorum, obiectu aliarum eminentiarum in alijs, atque alijs ordinibus constitutarum, occultantur; idque maximè, si oculus aspicientis in eadem recta cū dictarum eminentiarum verticibus fuerit locatus. Sic in terra multorum, ac frequentium montium iuga secundum planam superficiem disposita apparent, si prospiciens procul fuerit, & in pari altitudine constitutus. Sic estuosi pelagi sublimes vndarum vertices secundum idem

Mais je comprends que sur ce point beaucoup sont saisis d'un grand doute et se préoccupent d'une difficulté si grave qu'ils sont obligés de remettre en cause une conclusion clairement formulée et confirmée par tant d'observations. Si, en effet la partie de la surface de la Lune qui réfléchit le plus les rayons du Soleil est remplie d'anfractuosités, c'est-à-dire de protubérances et de dépressions sans nombre, pourquoi alors, le bord circulaire qui regarde le couchant quand la Lune croît et l'autre demi-cercle oriental quand elle décroît, ainsi que la totalité de sa circonférence pendant la pleine Lune ne sont-ils pas irréguliers, rugueux et sinueux, mais parfaitement arrondis et comme tracés au compas, sans être altérés par des bosses ou des creux alors que le limbe dans son entier, constitué de la substance lunaire la plus lumineuse est remplie de bosses et de creux. En effet, aucune des grandes taches, n'atteint l'extrémité du bord de la Lune. Au contraire elles sont groupées loin de son pourtour. De ce phénomène qui peut induire un sérieux doute, je propose une double explication et, par conséquent, une double résolution du problème.

D'abord, si les protubérances et les cavités étaient uniquement placées sur le corps lunaire suivant la seule circonférence qui délimite l'hémisphère visible de celui qui nous reste caché, alors la Lune pourrait, et même devrait prendre l'aspect d'une roue dentée, avec une bordure faite de bosses et de creux. Au contraire si les bosses et les creux ne sont pas uniquement disposés sur la circonférence mais répartis aussi bien du côté visible que de l'autre côté, à proximité de la limite entre les deux hémisphères, alors notre œil sera incapable de séparer de loin les protubérances des creux. En effet, les intervalles entre les montagnes disposées sur le même cercle, ou dans une même chaîne, seront masqués par la présence d'autres sommets situés en avant ou en arrière, surtout si l'œil de l'observateur est situé sur la même direction que les sommets de ces éminences. Pareillement sur la Terre les sommets de montagnes nombreuses et rapprochées paraissent ne former qu'une surface plane si l'observateur est éloigné et situé à la même altitude.

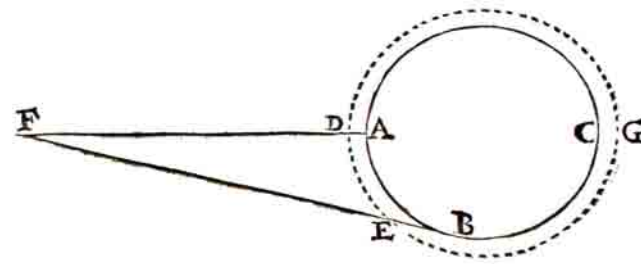
OBSERVATIONES SIDEREAE

idem planum videntur extenſi, quamvis inter fluctus maxima voraginum, & lacunarum ſit frequentia, adeoque profundarum, ut ſublimium nauigiorum non modo carinæ, verum etiam puppes, mali, ac vela inter illas abſcondantur. Quia igitur in ipſa Luna, & circa eius perimetrum multiplex eſt eminentiarum, & cauitatum coordinatio, & oculus è longinquo ſpectans in eodem ferè plano cum verticibus illarum locatur; nemini mirum eſſe debet quod radio viſorio illos abraſcendi, ſecundum æquabilem lineam, minimeque anfractuofam ſe ſe offerant. Huic rationi altera ſubneſſi poteſt, quod nempe circa Lunare corpus eſt, veluti circa Terram, orbis quidam denſioris ſubſtantię reliquo ætere, qui Solis irradiationem concipere, atque refleſcere valet, quamvis tanta non ſit opacitate præditus, ut viſui (præſertim dum illuminatus non fuerit) tranſitum inibere valeat. Orbis iſtæ à radijs Solaribus illuminatus, Lunare corpus ſub maioris ſphære ſpeciem reddit, repræſentatque: eſſetque potius aciem noſtram terminare quominus ad Lunæ ſoliditatem pertingeret, ſi craſſities eius foret profundior; atque profundior quidem eſt circa Lunæ periphæriam, profundior inquam non abſolutè, ſed ad radios noſtros, obliquè illum ſecantes, relatus; ac proinde viſum noſtrum inibere poteſt, ac præſertim luminofus exiſtens, Lunęque periphæriam Soli expoſitam obregere. Quod clariùs in appoſita figura intelligitur, in qua Lunare corpus ABC.



De la même façon, les crêtes élevées des vagues d'une mer agitée semblent s'étendre sur un même plan, bien qu'il y ait entre les vagues une très grande quantité de creux dont certains si profonds que non seulement les coques des hauts navires, mais encore leurs poupes, leurs mâts et leurs voiles, peuvent y disparaître. Ainsi, parce que sur la surface de la Lune aussi bien que près de sa circonférence il y a une association complexe de protubérances et de dépressions, et parce que l'œil de l'observateur très éloigné se trouve à peu près sur le même plan que leurs sommets, et puisque les rayons visuels les rasent, on ne doit pas s'étonner de ce qu'elles se présentent suivant une ligne continue, sans anfractuosités.

La seconde explication est la suivante : il y a probablement autour de la Lune, comme autour de la Terre, un orbe d'une substance plus dense que le reste de l'éther, susceptible de recevoir et de réfléchir les rayons du Soleil bien que cette substance ne soit pas pourvue d'une opacité suffisante pour faire obstacle à la vue (surtout quand elle n'est pas illuminée). Éclairée par les rayons solaires cette substance donne au corps lunaire l'aspect d'une sphère plus grande. Elle pourrait empêcher notre regard d'atteindre le corps de la Lune si elle était plus épaisse. Or elle est en réalité plus épaisse en périphérie de la Lune, non pas dans l'absolu mais dans l'axe de nos rayons visuels qui la coupent obliquement. Ainsi, elle peut limiter notre vision de la surface et quand elle est illuminée par les rayons du Soleil, recouvrir le bord de la Lune. L'explication est plus claire sur la figure suivante, dans laquelle le corps lunaire ABC est entouré par l'orbe de la



RECENS HABITAE.

13

ab orbe vaporoso circumdatur DEG. Oculis vero ex F. ad partes intermedias Lunæ, ut ad A. pertingit per vapores DA. minus profundos; at versus extremam horam, profundiorum copia vaporum E B. aspectum nostrum suo termino præcludit. Signum huius est, quod pars Lunæ lumine perfusa amplioris circumferentiæ apparet, quam reliquum orbis tenebrosi: atque hanc eandem causam quispiam forte rationabilem existimabit, cur maiores Lunæ macule nulla ex parte ad extremum usque ambitum protendi conspiciantur, cum tamen opinabile sit nonnullas etiam circa illum reperiri; inconspicuas tamen esse credibile videtur ex eo, quod sub profundiori, ac lucidiori vaporum copia abscondantur.

Essè igitur clariorem Lunæ superficiem tumoribus, atque lacunis undique conspersam, ex iam explicatis apparitionibus satis apertum esse reor; superest ut de illorum magnitudinibus dicamus, demonstrantes Terrestres asperitates lunaribus esse longè minores: minores inquam etiam absolute loquendo, non autem in ratione tantum ad suorum globorum magnitudines; idque sic manifestè declaratur.

Cum sæpius à me observatum sit in alijs atque alijs Lunæ ad Solem constitutionibus vertices nonnullos intra tenebrosam Lunæ partem, licet à termino lucis satis remotos, lumine perfusos apparere; conficiens eorum distantiam ad integram Lunæ diametrum, cognoui interstitium hoc vigesimam interdum diametri partem superare. Quo sumpto; intelligatur Lunaris globus, cuius maximus circulus CAF. centrum verò E. Dimetiens. CF. qui ad terræ diametrum est ut duo, ad septem; cumque terrestris diameter, secundum exactiores observationes miliaria Italica 7000. contineat, erit CF. 2000. CE.

D. verò

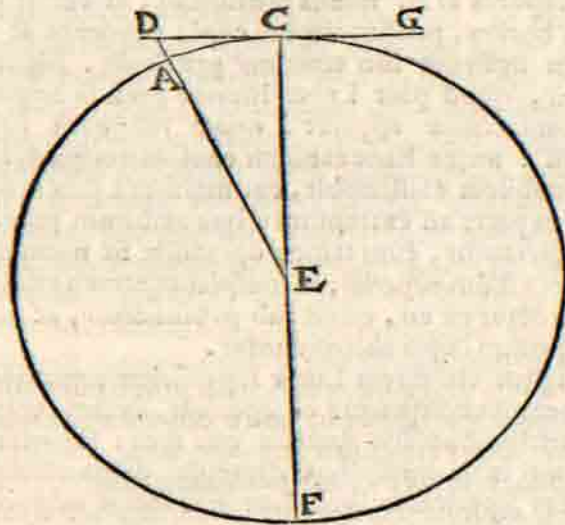
substance DEG. L'œil regardant depuis F arrive sur le corps lunaire en A en ayant traversé l'épaisseur DA des vapeurs. Le même rayon visuel atteint B après avoir traversé une épaisseur EB plus grande que DA. On peut en voir une preuve dans le fait que la partie éclairée de la Lune paraît avoir une circonférence plus grande que la partie non éclairée.

C'est probablement ce qui explique aussi pourquoi l'on ne voit jamais les grandes taches de la Lune s'étendre jusqu'à sa bordure, alors que certaines devraient être observées dans cette partie. Il semble vraisemblable qu'elles restent invisibles car elles sont cachées sous une couche de ces vapeurs plus épaisse et plus lumineuse.

Je considère que les observations exposées jusqu'ici, montrent de façon assez évidente que la surface la plus claire de la Lune est partout couverte de protubérances et de dépressions. Il nous reste à parler de leurs dimensions, en montrant que les inégalités sont sur Terre beaucoup plus faibles que sur la Lune, ceci de façon absolue et non relative aux dimensions de leurs corps respectifs. Voici comment cela se démontre clairement :

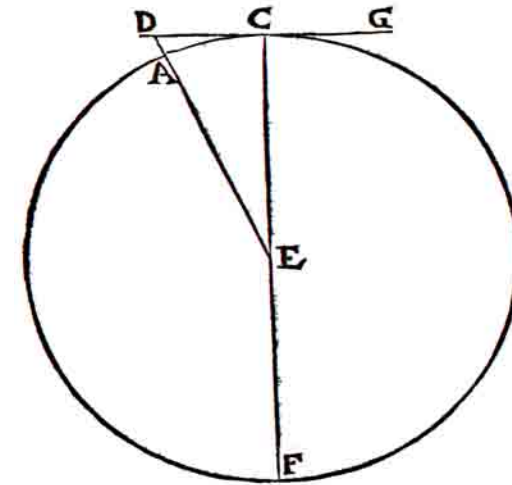
J'avais très souvent observé, dans les différentes positions de la Lune par rapport au Soleil, que quelques sommets situés dans la partie non éclairée de la Lune, même assez éloignés de la limite ombre-lumière, semblaient illuminés par la lumière solaire. En comparant leur distance par rapport à cette limite au diamètre de la Lune, j'observai que cet intervalle dépassait parfois un vingtième du diamètre. Ceci étant admis, supposons que le corps lunaire soit un grand cercle CAF, de centre E. Le diamètre CF est par rapport à celui de la Terre comme deux à sept. Or le diamètre de la Terre est selon les plus exactes observations de 7000 milles italiens. Donc CF mesurera 2000, CE 1000, et le vingtième

OBSERVAT. SIDEREAE
 verò 1000. pars autem vigesima totius. C F. milia-
 ria 100. Sit modo CF. Dimetiens circuli maximi.



luminosam Lunæ partem ab obscura diuidentis (ob
 maximam enim elongationem Solis à Luna hic circu-
 lus à maximo sensibilibiter non differt) ac secundum vi-
 gesimam illius partem distet A. à puncto . C. & pro-
 trahatur semidiameter EA. qui extensus occurrat cum
 contingente G. C. D. (quæ radium illuminantem re-
 præsentat) in puncto D. erit igitur arcus CA. seu re-
 cta CD. 100. qualium CE. est 1000. & aggregatum
 quadratorum D C. C E. 1010000. cui quadratum
 DE. æquale est : tota igitur ED. erit plusquàm 1004.
 & AD. plusquàm 4. qualium C E. fuit 1000. Sub-
 limitas igitur AD. in Luna, quæ verticē quempiam
 ad vsque Solis radium GCD. elatū, & à termino C.
 per distantiam C D. remotū, designat, eminentior est
 milia-

de CF sera 100. Soit CF le diamètre du grand cercle qui sépare la
 partie lumineuse de la Lune de la partie.



En raison du très grand éloignement du Soleil par rapport à
 la Lune, ce cercle ne diffère pas sensiblement d'un grand cercle¹.
 Soit un point A distant du point C du vingtième de ce diamètre,
 prolongeons le rayon EA qui rencontre la tangente GCD au point
 D (cette tangente représente le rayon illuminant). L'arc CA, ou
 le segment CD, vaudra donc 100 des unités dont CE vaut 1000,
 et la somme des carrés de DC et CE vaudra 1 010 000, quantité
 égale au carré de DE ; DE vaudra donc plus de 1004, et AD plus
 de 4 des unités dont CE contenait 1000.

Donc le segment AD, qui correspond sur la Lune à un
 sommet qui monte jusqu'au rayon solaire GCD et qui est séparé
 de la limite C par la distance CD, a plus de 4 milles italiques de

¹ Les rayons solaires apparaissent comme parallèles du fait de la grande
 distance du Soleil.

RECENS HABITAE. 14

miliaribus Italicis 4. verum in Tellure nulli extant montes, qui vix ad vnius miliarij altitudinem perpendiculararem accedant; manifestum igitur relinquitur, Lunares eminentias terrestribus esse sublimiores.

Lubet hoc loco alterius cuiusdam Lunaris apparitionis admiratione dignae causam assignare, quae licet à nobis non recens, sed multis abhinc annis observata sit, nonnullisque familiaribus amicis, & discipulis ostensa, explicata, atque per causam declarata; quia tamen eius observatio Perspicilli ope facilius redditur, atque euidenter, non incongruè hoc in loco reponendam esse duxi; idque etiam tum maximè, ut cognatio, atque similitudo inter Lunam, atque Tellurem clarius appareat.

Dum Luna tum ante, tum etiam post conjunctionem non procul à Sole reperitur, non modo ipsius globus ex parte qua lucentibus cornibus exornatur visui nostro spectandum se se offert, verum etiam tenuis quaedam subluces periphæria, tenebrae partis, Soli nempe æversae orbitam delineare, atque ab ipsius ætheris obscuriori campo sciungere videtur. Verum si exactiori inspectione rem consideremus, videbimus non tantum extremum tenebrae partis limbum incerta quadam claritate lucentem; sed integram Lunae faciem, illam nempe, quae Solis fulgorem nondum sentit, lumine quodam, nec exiguo, albicare; apparet tamen primo intuitu subtilis tantummodo circumferentia lucens, propter obscuriores coeli partes sibi conterminas; reliqua vero superficies obscurior è contra videtur, ob fulgentium cornuum aciem nostram ob tenebrantium contactum. Verum, si quis talem sibi eligat situm, ut à recto, vel camino, aut aliquo alio obice inter visum, & Lunam (sed procul ab oculo posito) cornua ipsa lucentia occultentur, pars vero

D 2 reliqua

hauteur, alors que sur Terre il n'existe pas de montagnes qui atteignent une hauteur d'un seul mille à la verticale; il est donc clair que les sommets sont plus élevés sur la Lune que sur la Terre.

Je vais ici donner l'explication d'un autre phénomène lunaire admirable. Bien que ne l'ayant pas observé récemment mais il y a de nombreuses années, et que je l'ai montré et expliqué à quelques amis et disciples, j'ai pensé qu'il était intéressant d'en parler dans cette partie. En effet son observation est plus facile et plus évidente grâce à la lunette et cela montrera encore la ressemblance qui existe entre la Lune et la Terre.

Lorsque la Lune, avant ou après la conjonction, se trouve proche du Soleil, son globe se présente non seulement sous la forme d'un fin croissant très brillant mais aussi on observe un cercle très fin, peu lumineux qui semble délimiter le contour de la partie sombre, celle qui est cachée des rayons du Soleil, et la séparer du fond plus obscur de l'éther lui-même. Si maintenant nous observons ce phénomène de façon plus précise, nous observerons que le bord externe de la partie sombre et cette partie non éclairée elle-même luit d'une clarté qui n'est pas faible. Mais cette partie n'apparaît brillante qu'à cause de la proximité de l'obscurité plus grande du ciel; le reste de la surface apparaît au contraire plus obscur parce qu'elle est en contact avec les cornes illuminées qui éblouissent notre vue. Pourtant si l'on choisit un endroit pour observer tel que ces cornes brillantes soient cachées par un toit, une cheminée, ou quelque autre obstacle qui s'interpose entre notre regard et la Lune et qui soit éloigné de notre œil, alors que le reste du globe lunaire demeure exposé à notre vue, on s'aperçoit que cette région de la Lune, elle aussi, brille d'une lumière qui n'est pas trop faible, bien qu'elle soit privée de la lumière solaire. Ce phénomène est plus visible dans le ciel nocturne, après le coucher du Soleil, car sur un fond plus sombre une même zone peu lumineuse apparaît plus brillante. J'ai découvert aussi que cette lumière secondaire (si je puis dire) de la Lune est d'autant plus forte que celle-ci est moins distante du Soleil.

OBSERVAT. SIDEREAE

reliqua Lunarisi globi aspectui nostro exposita relinquatur, tunc luce non exigua hanc quoque Lunæ plagam, licet Solari lumine destitutam splendere deprehendet, idque potissimum, si iam nocturnus orror ob solis absentiam increuerit; in campo enim obscuriori eadem lux clarior apparet. Compertum insuper est, hanc secundam (ut ita dicam) Lunæ claritatem maiorem esse quod ipsa minus à Sole distiterit; per elongationem enim ab eo remittitur magis, magisque, adeo ut post primam quadraturam, & ante secundam, debilis, & admodum incerta comperiatur, licet in obscuriori coelo spectetur; cum tamen in sextili, & minori elongatione, quamvis inter crepuscula mirum immodum fulgeat: fulgeat inquam adeo, ut ope exacti Perispicilli magnæ maculæ in ipsa distinguantur. Hic mirabilis fulgor non modicam philosophantibus intulit admirationem; pro cuius causa afferenda alij alia in medium protulerunt. Quidam enim proprium esse, ac naturalem ipsiusmet Lunæ splendorem dixerunt; alij à Venere illi esse impertitum, alij à Stellis omnibus, alij à Sole, qui radijs suis profundam Lunæ soliditatem permeet. Verum huiusmodi prolata exiguo labore coarguuntur, ac falsitatis euincuntur. Si enim aut proprium esset, aut à Stellis collatum eiusmodi lumen, illud maximè in Eclipsibus retineret, ostenderetque, cum in obscurissimo coelo destituatur; quod tamen aduersatur experientiæ: fulgor enim qui in deliquijs apparet in Luna longè minor est, subrufus, ac quasi aeneus; hic verò clarior, & candidior; est insuper ille mutabilis, ac loco mobilis; vagatur enim per Lunæ faciem, adeo ut pars illa, quæ peripheriæ circuli umbræ terrestri propinquior est, clarior, reliqua verò obscurior semper spectetur; ex quo omni proculdubio id accidere intelligimus, ex radiorum Solarium

Quand la Lune s'éloigne du Soleil, la lumière diminue progressivement jusqu'à être très faible et incertaine, même si on l'observe dans un ciel plus sombre, après la première quadrature et avant la seconde. Au contraire lorsqu'elle est en sextil¹, d'une elongation moindre, elle brille de façon étonnante même au crépuscule, au point qu'on y distingue les grandes taches avec une bonne lunette.

Cet admirable éclat a causé un grand étonnement chez les philosophes qui ont avancé, les uns et les autres, des explications différentes. Certains ont dit que c'était une clarté propre et naturelle à la Lune elle-même, d'autres qu'elle lui venait de Vénus, d'autres de toutes les étoiles, d'autres enfin du Soleil qui traverserait de ses rayons l'épaisseur du corps de la Lune. Mais ces explications doivent être rejetées et il est facile de démontrer leurs erreurs. En effet si une telle lumière était propre à la Lune ou empruntée aux étoiles, elle persisterait pendant les éclipses, alors que le ciel est des plus obscur; or ceci est contraire à l'observation, car la Lune apparaît durant les éclipses beaucoup plus faiblement lumineuse, rougeâtre et comme cuivrée, alors que la lumière secondaire est plus brillante et plus blanche. En outre cette clarté qui est visible lors des éclipses est variable et mouvante. Elle se promène sur la surface de la Lune, de façon que la zone qui est plus proche du cercle de l'ombre terrestre apparaisse toujours plus claire et le reste plus obscur. Ainsi nous comprenons sans le moindre doute que ce phénomène provient de la proximité des rayons solaires qui illuminent une zone plus dense qui entoure la Lune. Du fait de ce contact une sorte d'aurore se répand sur la Lune, dans les régions voisines de son pourtour, comme la lumière crépusculaire qui s'étend sur la Terre, le matin et le soir. Nous décrirons plus en détail ce phénomène dans notre livre sur le Système du monde.

Affirmer qu'une telle lumière provienne de Vénus, est si puéril que cela ne mérite pas de réponse: qui peut être assez

¹ Aspect sextil: aspect de deux planètes qui sont éloignées de 60°. NdT.

larium vicinitate tangentium crassiorē quandam regionem, quæ Lunam orbiculariter ambit, ex quo cōtactu Aurora quædam in uicinas Lunæ plagas effunditur, nō secus ac in terris tum mane, tum vesperi crepusculinum spargitur lumen; qua de re fufius in libro de Sistēmate mundi pertractabimus. Asserere autem à Venere impertitam eiufmodi lucem puerile adeo est, vt responsione sit indignum; quis enim adeo inscius erit, vt non intelligat, circa coniunctionem, & intra sextilem aspectū, partem Lunæ, Soli auersam vt à Venere spectetur omnino esse impossibile? Esse autem ex Sole, qui suo lumine profundam Lunę soliditatem penetret, atque perfundat, pariter est inopinabile; nunquā enim imminueretur, cum semper emisphærium Lunæ à Sole sit illustratum, tempore Lunarium Eclipsium excepto: diminiuitur tamen dum Luna ad quadraturam properat, & omnino ēt hebetatur, dum quadratum superauerit. Cum itaque eiusmodi secundarius fulgor, nec Lunæ sit congenitus, atque proprius, nec à Stellis vllis, nec à Sole mutuatus, cumq; iam in Mundi vastitate corpus aliud superfit nullū, nisi sola Tellus; quid quæso opinandum? quid proferendum? nunquid à Terra ipsum Lunare corpus, aut quidpiā aliud opacum, atque tenebrosū lumine perfundi? quid mirum? maximè: æqua grataque permutatione rependit Tellus parem illuminationem ipsi Lunæ, qualem & ipsa à Luna in profundioribus noctis tenebris toto ferè tempore recipit. Rem clarius aperiāmus. Luna in coniunctionibus, cum medium inter Solem & Terram obtinet locū, Solaribus radijs in superiori suo emisphærio Terrę auerso perfunditur; emisphærium verò inferius, quo Terram aspicit tenebris est obductum; nullatenus igitur terrestri superficiem illustrat. Luna paulatim à Sole digressa iam iam aliqua ex parte in emisphærio inferiori ad nos vergente illuminatur, albicantia cornua, subtilia tamen ad nos conuertit; & leuiter Terram illustrat: crescit in Luna

ignorant pour ne pas comprendre qu'il est tout à fait impossible qu'aux alentours de la conjonction et en deçà de l'aspect, la partie de la Lune qui est opposée au Soleil soit vue depuis Vénus ?

Il est également impossible qu'elle vienne du Soleil qui traverserait le corps de la Lune car dans ce cas elle ne diminuerait jamais puisqu'il y a toujours un hémisphère de la Lune éclairé par le Soleil, sauf au moment des éclipses lunaires. Or cette lumière diminue quand la Lune va vers la quadrature et elle disparaît même complètement quand la quadrature est passée.

C'est pourquoi, puisqu'une telle clarté secondaire ne provient pas de la Lune elle-même, qu'elle ne vient ni des étoiles ni du Soleil, et puisqu'il ne reste désormais aucun autre corps dans l'univers que la Terre, que faut-il penser, que faut-il penser, je me le demande ? Ne serait-ce pas que la Lune elle-même, comme n'importe quel autre corps opaque et sombre, est inondée de lumière par la Terre ? Quoi d'étonnant ? Dans un échange équitable et reconnaissant, la Terre renvoie à la Lune elle-même un éclaircissement égal à celui qu'elle reçoit de la Lune presque tout le temps et qui rend lumineuses les plus profondes ténèbres de la nuit.

Expliquons ce phénomène plus clairement. Lors des conjonctions, la Lune se trouve entre le Soleil et la Terre, éclairée par les rayons du Soleil à son hémisphère supérieur, opposé à la Terre, tandis que son hémisphère inférieur qui regarde la Terre, est couvert de ténèbres, elle n'éclaire donc pas la surface terrestre. Plus tard, lorsque la Lune s'est éloignée progressivement du Soleil, qu'elle est illuminée sur une certaine partie de l'hémisphère inférieur orienté vers nous, elle tourne vers nous des cornes blanchissantes, quoique petites, et elle éclaire légèrement la Terre. Ensuite l'éclaircissement solaire croît sur la Lune qui atteint la quadrature, et la réflexion de cette lumière augmente sur la Terre. Puis la clarté s'étend encore sur la Lune au-delà de son demi-cercle, et nos nuits deviennent plus éclairées. Enfin à l'opposition, la face entière de la Lune située du côté de la Terre est brillamment éclairée par le Soleil, et la surface de la Terre est

OBSERVAT. SIDEREAE

iam ad quadraturam accedente Solaris illuminatio; augetur in terris eius luminis reflexio; extenditur adhuc supra semicirculum splendor in Luna; & nostræ clariores effulgent noctes; tandem integer Lunæ vultus, quo terram aspicit, ab opposito Sole clarissimis fulgoribus irradiatur; enitet longè lateque terrestres superficies Lunari splendore perfusa; postmodum decrescens Luna debiliores ad nos radios emittit, debilius illuminatur terra; Luna ad coniunctionem properat, atra nox Terram occupat. Tali itaque periodo alternis vicibus Lunaris fulgor menstruas illuminationes clariores modo, debiliores alias nobis largitur: verum æqua lance beneficium à Tellure compensatur. Dum enim Luna sub Sole circa coniunctiones reperitur, superficiem terrestres emisphærij Soli expositi, viuidisque radijs illustrati integram respicit, reflexumque ab ipsa lumen concipit: ac proinde ex tali reflexione inferius emisphærium Lunæ, licet Solari lumine destitutum, non modicè lucens appareret. Eadem Luna per quadrantem à Sole remota, dimidium tantum terrestres emisphærij illuminatum conspicit, scilicet occidentale, altera enim medietas orientalis nocte obtenebratur: ergo & ipsa Luna splendide minus à Terra illustratur, eiusvè proinde lux illa secundaria exilior nobis apparet. Quòd si Lunam in oppositione ad Solem constituas: spectabit ipsa emisphærium intermedia Telluris omnino tenebrosum, obscuraque nocte perfusum; si igitur ecliptica fuerit talis oppositio, nullam prorsus illuminationem recipiet Luna, Solari simul, ac terrestri irradiatione destituta. In alijs, atque alijs ad Terram, & ad Solem habitudinibus maius, minusvè à terrestri reflexione recipit lumen, prout maiorem, aut minorem terrestres emisphærij illuminati partem spectauerit; is enim inter duos hosce Globos servatur tenor, ut quibus temporibus maximè à Luna illustratur Tellus, ipsæ minus

totalement inondée par la clarté de la Lune. Puis la Lune décroissante ne nous envoie que de plus faibles rayons, et la Terre est ainsi plus faiblement illuminée.

La Lune poursuit son évolution vers la conjonction et la nuit noire envahit la Terre.

C'est donc selon un tel cycle mensuel que la clarté lunaire nous dispense tour à tour son éclaircissement, tantôt plus brillant, tantôt plus faible et la Terre rend à la Lune le même éclaircissement. En effet quand la Lune se trouve sous le Soleil aux alentours des conjonctions, elle est exposée à la surface totale de l'hémisphère terrestre illuminée par le Soleil et reçoit ainsi sa lumière réfléchie. De ce fait, grâce à cette réflexion, on voit briller assez fort l'hémisphère inférieur de la Lune alors qu'il est privé de la lumière solaire. La même Lune, quand elle s'est éloignée du Soleil d'un quart de cercle, regarde seulement une moitié éclairée de l'hémisphère terrestre, à savoir l'occidentale, car l'autre moitié orientale est obscurcie par la nuit et la Lune elle aussi est moins brillamment éclairée par la Terre, par conséquent cette lumière secondaire qui est la sienne nous apparaît plus faible. Lorsque la Lune est en opposition avec le Soleil, elle regardera l'hémisphère complètement sombre de la Terre située entre elle et le Soleil. Si une telle opposition se produit sur l'écliptique, la Lune ne recevra absolument aucune lumière, ni solaire ni terrestre. Dans ses différentes positions par rapport à la Terre et au Soleil, la Lune reçoit plus ou moins de lumière de la Terre, suivant qu'une partie plus ou moins grande de l'hémisphère terrestre est illuminée. Ce phénomène ne s'observe qu'aux moments où la Terre est la plus éclairée par la Lune, à ce moment, la Lune est elle-même la moins éclairée par la Terre, et vice versa.

RECENS HABITAE. 16

nus vice versa à Terra illuminetur Luna, & è contra. Atque hæc pauca de hac re in præsentiloco dicta sufficiant, fusius enim in nostro Syllemate Mundi; ubi complurimis & rationibus, & experimentis validissima Solaris luminis è Terra reflexio ostenditur illis, qui eam à Stellarum corea arcendam esse iactitant, ex eo potissimum, quòd à motu, & à lumine fit vacua: vagam enim illam, ac Lunam splendore superantem, non autem sordium, mundanarumque fecum sentinam, esse demonstrabimus, & naturalibus quoque rationibus sexcentis confirmabimus.

Ces courtes explications devraient suffire pour l'instant, nous les développerons plus dans notre *Système du monde* où nous montrerons à l'aide d'observations et d'explications plus nombreuses la très forte réflexion de la lumière solaire par la Terre pour ceux qui prétendent que la Terre doit être exclue du chœur des étoiles, en se fondant principalement sur l'argument qu'elle serait dépourvue de mouvement et de lumière. Nous montrerons que c'est un astre errant, qu'elle surpasse la Lune en clarté et qu'elle n'est pas la sentine des ordures et des déchets du monde, et ceci nous le confirmerons aussi par de nombreuses raisons naturelles.

2 – Commentaires

1 – Contexte

La Lune a de tout temps fasciné les hommes. Elle est avec le Soleil (et la Terre), le seul objet céleste dont la surface est visible à l'œil nu. Lorsque Galilée rédige le « Sidereus nuncius », la vision du monde céleste qui prévaut est celle d'Aristote. Elle considère la Lune comme un astre idéal, parfaitement sphérique et lisse.

Effectivement à l'œil nu, la surface de la Lune semble parfaitement ronde (sphérique), lisse et seulement recouverte par quelques grandes zones sombres (les mers) que Galilée appelle « les taches grandes ou anciennes » car observées de tout temps.

En utilisant pour la première fois une lunette pour observer la Lune, Galilée a découvert, décrit et expliqué sa vraie nature. On ne peut qu'être totalement admiratif devant une telle capacité d'analyse et d'interprétation de ce qu'il observe. En l'espace de seulement de quelques mois, Galilée a démontré que la Lune n'est pas la sphère parfaite que l'on pensait et décrit en détail toutes ses différentes formations : montagnes, cratères et mers, ainsi que la nature exacte de la lumière cendrée.

Nous allons maintenant détailler quelles sont les observations et les raisonnements qui l'ont conduit à ce résultat.

2 – Observation de la limite entre la partie lumineuse et la partie obscure

Galilée observe une Lune âgée de 4 ou 5 jours (c'est-à-dire 4 ou 5 jours après la nouvelle lune) qui se présente alors sous la forme d'un croissant (cf. photo).

Il constate que le terminateur ; zone frontière entre la partie éclairée par le Soleil et la partie dans l'ombre, n'est pas une ligne régulière mais est au contraire, sinueuse et pleine d'aspérités.

Des excroissances lumineuses dépassent vers la partie obscure et inversement, des parties sombres s'avancent dans la partie lumineuse.

Ceci contredit la vision d'Aristote : la Lune n'est donc pas un astre parfaitement sphérique et lisse. Car si tel était le cas, le terminateur serait une ligne elliptique.

Le terminateur est la zone la plus intéressante à observer avec un instrument astronomique, car la lumière rasante du Soleil fait apparaître le relief lunaire.

3 – Observation des taches noirâtres dans la partie éclairée

De plus, Galilée découvre que la partie éclairée qui longe le terminateur, est parsemée de nombreuses petites taches sombres, à l'exception toutefois des mers. Ces taches sont entièrement séparées de la zone sombre et présentent toutes une partie noirâtre tournée vers le Soleil tandis que la partie opposée est couronnée de bordures lumineuses.

Sur Terre le même phénomène se produit lors du lever du Soleil, lorsque le fond de la vallée est encore dans l'obscurité alors que le sommet des montagnes opposées au Soleil est déjà éclairé. Au fur et à mesure que le jour se lève, la partie à l'ombre de la vallée diminue alors que les montagnes sont de plus en plus éclairées.



*Lune de 4 ½ jours prise le 11 février 2008
à 21h00 par un amateur.*

De même, Galilée constate que, sur la Lune ces taches évoluent ; la partie sombre diminue tandis que s'accroît la partie lumineuse.

En observant la position et l'évolution des ombres sur la Lune, Galilée comprend qu'elle est parsemée de cavités (les cratères). La photo suivante montre la forme de la tache noire (ombre) en fonction de la hauteur du Soleil.



Cratères vus de profil. Clichés personnels 2007.

4 - Remarque sur les cratères lunaires

Les cratères de la Lune témoignent de l'intense bombardement météoritique survenu alors que le système solaire avait environ 700 millions d'années (c'est-à-dire il y a 3,8 milliards d'années). Nous pensons aujourd'hui que ce phénomène provient d'une instabilité des orbites des planètes du jeune système solaire qui a éloigné les planètes géantes et éjecté une multitude de petits planétésimaux vers les planètes intérieures.

La Terre a donc naturellement elle aussi subi ce bombardement. Mais à la différence de la Lune, l'atmosphère, la végétation, le volcanisme et la tectonique des plaques ont effacé les traces de ces événements violents, à l'exception toutefois des impacts les plus récents tel que le "Meteor Crater" dans l'état de l'Arizona dans l'ouest des États-Unis d'Amérique (cf. photo).



*Cratère Copernic vu de profil lors de la mission Apollo
17 février. Crédit NASA/JPL*

5 – Observation de pointes lumineuses à l'intérieur de la partie obscure

Galilée constate également, à son grand étonnement, que des pointes lumineuses apparaissent dans la partie obscure. Ces pointes sont parfaitement séparées de la partie lumineuse et peuvent même être relativement éloignées d'elle.

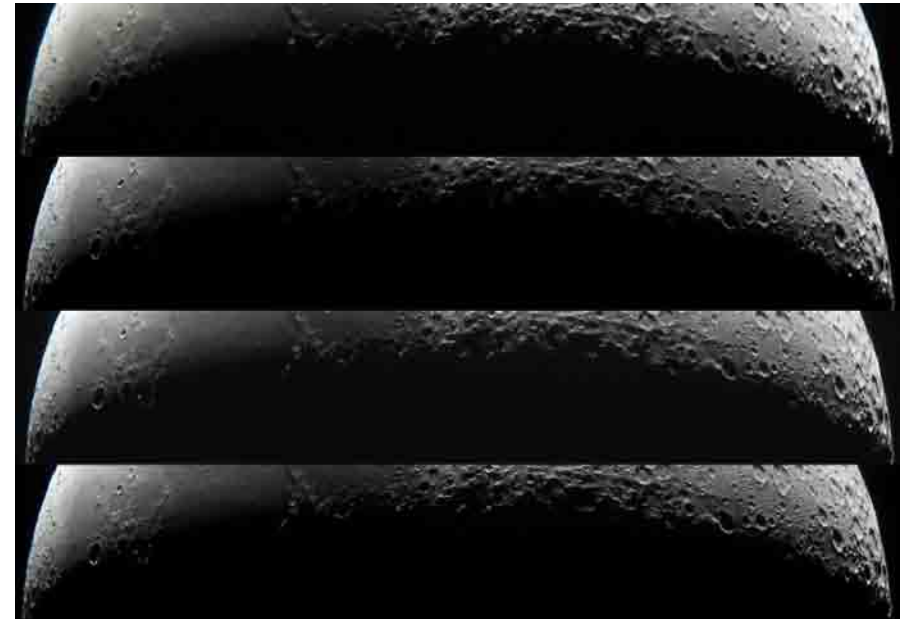
De la même manière que les taches noirâtres évoluent, il remarque que progressivement, après un certain temps, elles ont augmenté en taille et en éclat.

Et qu'après deux ou trois heures, elles ont rejoint la partie éclairée de la Lune qui s'est agrandie, tandis que d'autres pointes, qui n'apparaissaient pas avant, sont maintenant visibles.

Galilée compare une fois encore ses observations de la Lune à ce que l'on peut voir sur Terre.

En effet, avant le lever du Soleil, quand les plaines sont encore dans l'obscurité, on constate que les cimes des plus hautes montagnes sont éclairées par les rayons du Soleil. Puis, au fur et à mesure, une partie de plus en plus importante de la montagne est éclairée, jusqu'à ce que finalement le Soleil éclaire toute la plaine lorsque le jour est levé.

En observant la position et l'évolution des taches lumineuses, Galilée démontre que, tout comme la Terre, la Lune possède des montagnes.



*Photographies prises 12 février 2008 entre 20h00 et 22h15
montrant l'apparition des pointes lumineuses*

Remarque sur les montagnes lunaires

Les montagnes, bien plus rares que les cratères, s'étendent généralement le long des mers sous forme de chaînes (à qui l'on a donné des noms de montagnes terrestres). Elles peuvent être considérées comme des vestiges des remparts de très anciens gigantesques cratères.

6 – Observation des grandes taches (mers)

Galilée observe attentivement ce qu'il appelle les « grandes taches sombres » (les mers), et il constate qu'elles ne sont pas couvertes d'élévations et de dépressions, mais sont au contraire beaucoup plus régulières que les autres surfaces de la Lune.

Au niveau du terminateur, des bordures lumineuses pénètrent dans la partie obscure de la Lune de chaque côté des mers, ce qui prouve qu'elles sont plus « en creux » que les parties claires.

À l'intérieur des mers, il observe des zones, certaines plus sombres, d'autres plus claires et mêmes quelques-unes très lumineuses qui, contrairement aux taches présentes dans les parties claires de la Lune, ont toujours à peu près la même forme et le même aspect, seule leur teinte évolue selon l'angle avec lequel elles sont éclairées.

De plus, les frontières avec les régions avoisinantes sont toujours assez floues et confuses.

Galilée en déduit qu'elles apparaissent du fait d'une dissimilitude des zones considérées et non pas à cause d'inégalité de relief comme c'est le cas des autres formations.

On sait aujourd'hui que les mers lunaires sont de vastes étendues sombres et faiblement accidentées composées de lave refroidie et durcie.

Sur leur surface, à l'aide d'une petite lunette ou d'un télescope d'amateur, nous pouvons apercevoir de petits cratères et de faibles collines, que Galilée n'a pas pu observer compte tenu de la précision de sa lunette. Par contre, il a parfaitement compris et expliqué que les zones plus vastes, tant sombres que claires, proviennent d'une différence de nature des roches ; telles que par exemple les grandes traînées d'éjectas des impacts récents.

Remarque sur les mers lunaires

Il y a environ 4 milliards d'années la chute d'énormes bolides creusa de vastes bassins d'impact. À peu près à la même époque, la forte radioactivité naturelle provoqua un réchauffement interne du globe lunaire. Le manteau se mit à fondre et des remontées magmatiques se produisirent au fond des bassins d'impacts (là où la croûte était la plus mince), provoquant le remplissage de vastes dépressions par d'énormes flots successifs de lave basaltique. D'autres traces sur la surface lunaire témoignent de cette activité

volcanique et tectonique telles que les fissures, failles, rides, dômes et chaînes de cratères. Depuis 3 milliards d'années, la Lune ne possède plus aucune activité volcanique.

7 – Remarque sur les taches moins contrastées loin du terminateur

Galilée constate que dans la partie la plus éclairée de la Lune les reliefs lunaires (cratères ou montagnes) apparaissent très peu contrastés.

Ce phénomène est flagrant lors de la pleine lune ; alors les cratères ne se distinguent des élévations que par une faible différence d'éclat. Comme l'a affirmé Galilée cela vient du fait que plus la lumière du Soleil forme un angle élevé par rapport au sol (plus le Soleil est haut) moins il y a d'ombre, et donc plus le relief semble être comme écrasé. C'est donc quand la lumière du Soleil est la plus rasante (au niveau du terminateur) que le relief lunaire est le plus évident.

8 – Circonférence de la Lune

Après avoir démontré clairement et sans le moindre doute que la Lune est couverte de reliefs, Galilée tente d'expliquer pourquoi sa circonférence n'apparaît pas également sinueuse, irrégulière et rugueuse, mais bien parfaitement circulaire.

D'autant plus qu'il constate que les régions périphériques sont des zones lumineuses dans lesquelles partout ailleurs il observe des cavités et qu'aucune grande tache (région plus plane) ne s'étend jusqu'à la circonférence.

Il propose une double explication de ce phénomène.

La première, particulièrement intéressante, est qu'il n'y a aucune raison pour que les cavités se limitent à l'hémisphère visible de la Lune et que par conséquent vu de la Terre, on observe en périphérie une succession de reliefs ; les dépressions en premier plan étant masquées par des montagnes situées en arrière plan. Une fois encore, il compare cette vision à ce que l'on peut

constater sur Terre. On remarque par exemple en observant d'assez loin une mer déchaînée, que toutes les crêtes des vagues semblent sur le même plan et qu'il devient impossible de détecter la présence de creux entre les vagues.

La seconde explication qu'il propose est quant à elle nettement moins satisfaisante. En effet, il suggère que, tout comme la Terre, la Lune soit recouverte par une atmosphère apte à réfléchir et à absorber la lumière du Soleil. Si bien que c'est la couche d'atmosphère que l'on observe lorsque l'on regarde le bord externe de la Lune.

Il convient de nuancer notre point de vue, et d'expliquer pourquoi Galilée a proposé cette explication. Ceci montre bien à quel point sa lunette était loin d'être parfaite. Elle présentait un fort chromatisme qui se traduisait par une dégradation et une irisation de l'image particulièrement gênantes sur les bords la Lune.

9 – Lumière cendrée

Galilée note l'explication d'un autre phénomène lunaire digne d'admiration.

Lorsque la Lune se trouve non loin du Soleil, soit avant, soit après la conjonction, son globe n'offre pas seulement au regard de Galilée un croissant lumineux orné de cornes resplendissantes, mais il observe un cercle ténu, vaguement luisant qui semble délimiter le contour de la partie ténébreuse et la sépare du fond obscur du ciel.

Il constate également que la partie de la Lune qui ne reçoit pas encore les rayons du Soleil, blanchit sous l'effet d'une certaine lumière, faible, mais qui la rend cependant suffisamment visible pour qu'on y distingue les grandes taches, à l'aide de sa lunette. Cette lumière « secondaire » comme il l'appelle, diminue lorsqu'on s'approche de la première quadrature, devient tout à fait incertaine entre les deux quadratures, et augmente de nouveau après la deuxième quadrature. Durant ces périodes, elle brille de façon admirable, même au crépuscule.

Cet éclat déjà vu à l'œil nu par les philosophes, leur avait causé un grand étonnement et les avait amenés à en proposer diverses explications :

- clarté naturelle et propre à la Lune elle-même
- lumière venant de Vénus ou de toutes autres étoiles
- les rayons du Soleil qui pénétreraient l'épaisseur du corps de la Lune

Aucune de ces explications n'apparut valable à Galilée. Si l'une de ces explications était juste, la Lune conserverait cette lueur qui serait visible même pendant les éclipses. Or, ce n'est pas le cas. Ce phénomène ne peut donc provenir que du voisinage des rayons solaires qui touchent une zone plus dense, proche de la Lune. C'est donc de la Terre, l'astre le plus proche d'elle, que lui vient cette faible lumière ; la Terre qui réfléchit vers la Lune, les rayons qu'elle reçoit du Soleil (cf. photographie).



La lumière cendrée est en fait la lumière du Soleil qui est reflétée par la Terre.

10 – Calcul de la hauteur des montagnes

Galilée ne se contente pas uniquement de décrire et d'expliquer ce qu'il observe, mais il va même jusqu'à calculer la hauteur des plus hautes montagnes lunaires.

Pour cela, il observe un point lumineux totalement isolé dans la partie obscure de la Lune. Il calcule la distance entre ce point et le terminateur (il note par exemple que cette distance dépasse quelquefois $1/20^e$ du diamètre de la Lune). À partir de cette observation, il est assez aisé de calculer (en appliquant le théorème de Pythagore) la hauteur de cette montagne en connaissant le rayon de la Lune (cf. ci-dessous).

Galilée en déduit que les hauteurs lunaires des montagnes sont plus élevées sur la Lune que sur la Terre.

Démonstration de Galilée :

À son époque le diamètre lunaire est estimé à $2/7^e$ du diamètre terrestre, et le diamètre de la Terre est estimé à 7000 milles italiques.

On en déduit donc que le diamètre lunaire est de 2000 milles italiques.

La distance AB mesurée étant égale à $1/20^e$ du diamètre lunaire on en déduit que AB vaut 100 milles italiques.

En appliquant le théorème de Pythagore on en déduit que

$$BO^2 = \left(\frac{2000}{2}\right)^2 + 100^2 = 1000^2 + 100^2 = 1010000$$

Donc

$$BO = \sqrt{1010000} = 1004,98$$

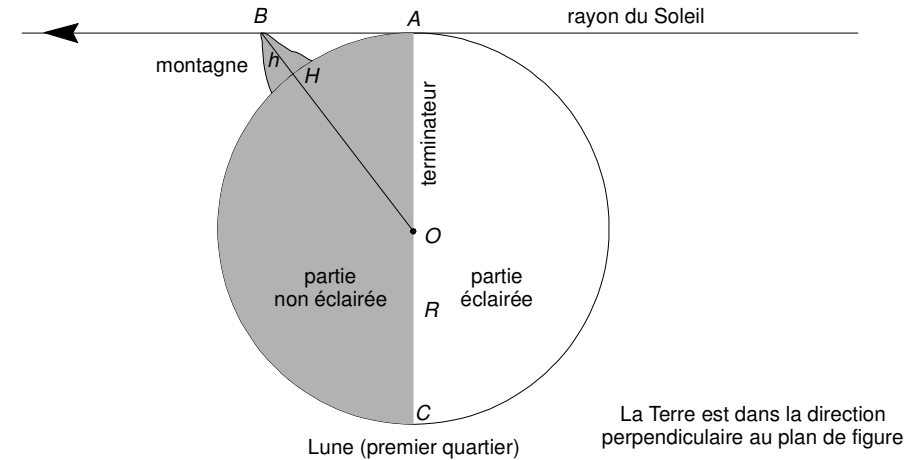
Or

$$BO = HO + BH,$$

d'où

$$BH = BO - HO = 1004,98 - 1000 = 4,98 \text{ milles italiques.}$$

Un mille italique aurait cinq mille sept cent douze pieds, soit 1685 mètres.



Autre démonstration

$$AB = \frac{2R}{20} = \frac{R}{10}$$

Le triangle OAB est rectangle

$$\overline{OB}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{AB}^2$$

$$OB = R + h \quad OA = R$$

$$(R + h)^2 = R^2 + \left(\frac{R}{10}\right)^2$$

$$R^2 + 2Rh + h^2 = R^2 + \frac{R^2}{100}$$

en négligeant h^2 on a :

$$2h = \frac{R}{100} \quad h = \frac{R}{200}$$

On sait que $R = 1737 \text{ km}$, d'où : $h = \frac{1737}{200}$

$$h = 8,7 \text{ km}$$

Certaines montagnes dépassent 8 km d'altitude.