

LES
HYPOTHESES
ET LES TABLES
DES SATELLITES DE JUPITER,
REFORMÉS
SUR DE NOUVELLES OBSERVATIONS.

Par Monsieur CASSINI.

1873

TYPE OF THE PRESS

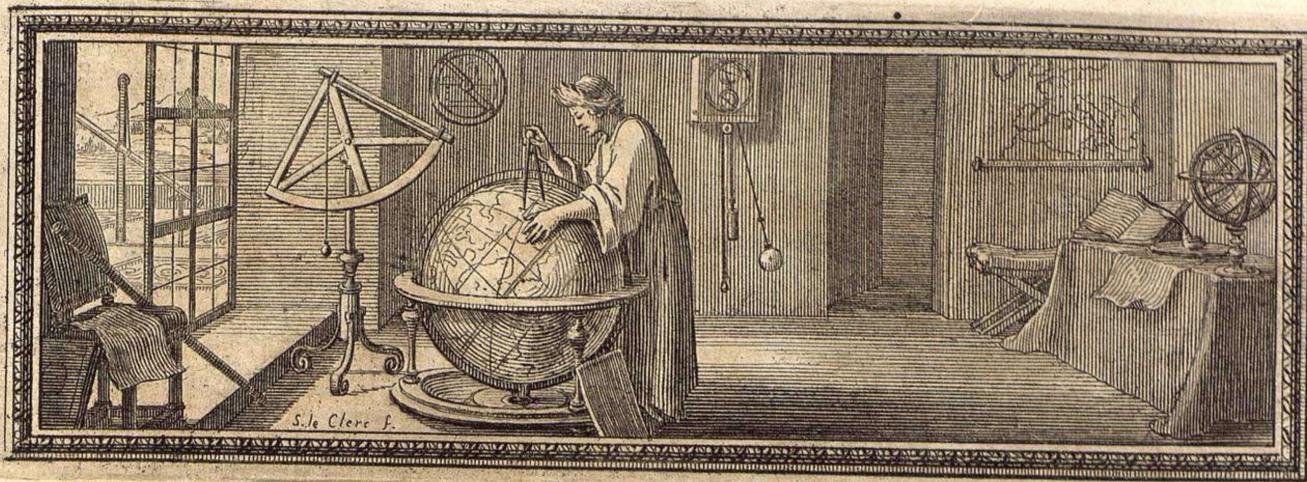
ESTABLISHED IN 1817

DEPARTMENT OF THE INTERIOR

WASHINGTON

FOR DEPARTMENT OF THE INTERIOR

THE GEOLOGICAL SURVEY



LES
HYPOTHESES
 ET LES TABLES
 DES SATELLITES DE JUPITER,
 réformées sur de nouvelles Observations.

I.

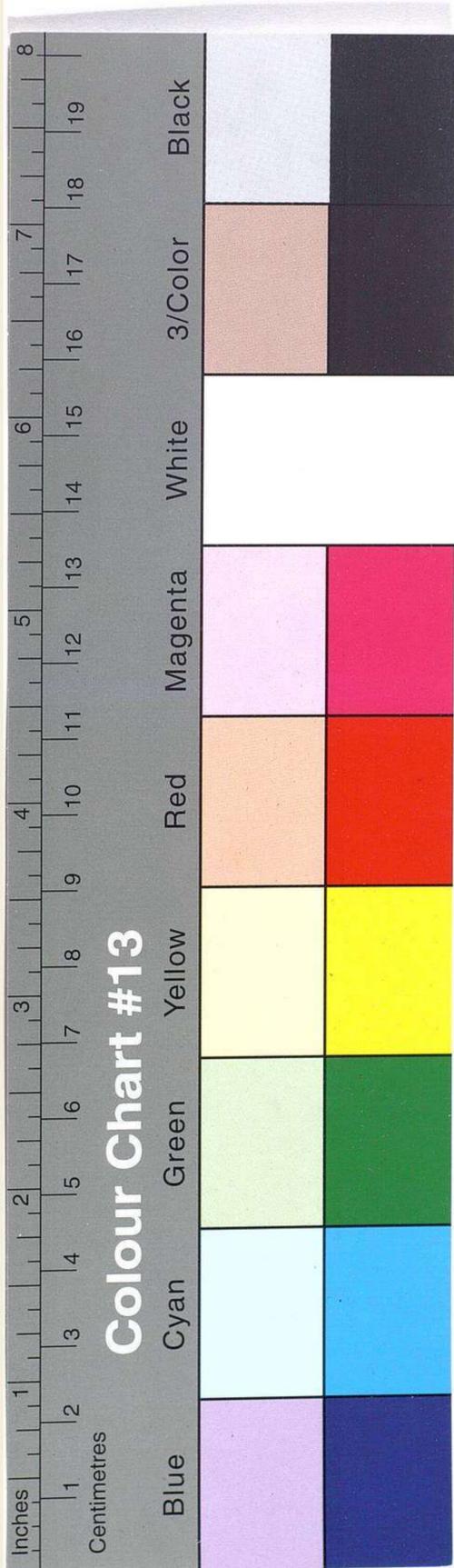
*Usage des Observations des Satellites de Jupiter
 dans la Géographie.*



N n'a jamais mieux connu l'utilité que l'on peut tirer de l'Astronomie, que depuis que LOUIS LE GRAND a envoyé des Astronomes dans toutes les parties du monde pour faire des observations correspondantes à celles qui se font en mesme temps à l'Observatoire que Sa Majesté a fait bastir avec une magnificence Royale. Par le moyen de ces observations on a trouvé les différences des

longitudes des lieux de la terre les plus éloignez, que l'on n'avoit auparavant marqué dans les cartes que par l'estime douteuse de la longueur des voyages, & l'on a découvert de grandes & dangereuses fautes dans toutes les cartes de Géographie & d'Hydrographie, qui ont jusqu'à présent servi de guide aux Pilotes dans les navigations de long cours : d'où l'on a connu la nécessité de continuer ces observations pour la correction des cartes géographiques, & pour rendre ces navigations plus seûres qu'elles n'ont esté jusqu'à présent. Les observations principales qui nous ont donné ces lumières ont esté celles que

A



nous avons faites tres-soigneusement de plusieurs éclipses de lune & de soleil, & celles d'un tres-grand nombre d'éclipses des satellites de Jupiter, qui n'avoient jamais esté auparavant employées à cet usage, quoy-qu'on les eust supposées depuis long-temps tres-propres pour servir à perfectionner la géographie & la navigation.

On a premièrement fait en Europe l'essay du succès de ces méthodes ; & lorsque l'on en a esté satisfait, on les a pratiquées dans les autres parties de la terre.

Ces observations faites par divers observateurs l'espace de plusieurs années avec toutes les précautions que le long usage a montré devoir estre prises, ont aussi servi à perfectionner les hypotheses de ces satellites, qui n'avoient esté qu'ébauchées sur des observations moins exactes dont le nombre n'estoit pas encore suffisant pour en découvrir les propriétés qui ne se manifestent qu'à la longueur du temps.

Avant mon départ de Bologne au mois de Mars 1668. je m'estois pressé de publier mes premières tables du mouvement des satellites de Jupiter de la manière que je les avois faites sur les observations précédentes. Elles n'estoient pas si exactes que celles que je continuay de faire après avoir dressé les éphémérides, qui servent pour prévoir le temps propre à faire les observations, & pour s'y préparer : mais je jugeay qu'il ne falloit pas différer de les donner au public tout imparfaites qu'elles estoient, pendant que je m'apprestois à les réformer ; afin que les Astronomes qui n'en avoient pas d'autres qui pussent servir à cet usage, ni mesme qui fussent propres pour faire distinguer un satellite de l'autre, eussent la commodité d'observer de concert les configurations & les éclipses de ces satellites, pour les faire servir à l'invention des longitudes : ce qui a eû l'effet que j'en avois espéré, ces tables & ces éphémérides n'ayant pas plûtoist paru que les Astronomes de diverses nations s'en servirent pour observer de concert ces satellites, & pour tirer du rapport de ces observations la différence des longitudes des lieux éloignez où elles ont esté faites.

C'estoit un projet que Galilée long-temps après la découverte de ces satellites, & d'autres Astronomes après luy, avoient formé, se fondant sur la vitesse du mouvement de ces petites planettes, qui est sensible en peu de temps par les lunètes. Mais personne n'avoit encore esté en état de l'exécuter.

M. de Peiresc, au rapport de M. Gassendi au 2. liv. de sa vie, après avoir appris la découverte des satellites de Jupiter faite par Galilée, avoit entrepris de travailler aux hypotheses & aux tables de ces satellites, & employa à ce dessein plusieurs personnes sçavantes, & entr'autres M. Morin qui depuis fit divers Traitez pour trouver les longitudes par d'autres méthodes. Après avoir trouvé les temps pendant lesquels

ces satellites font à peu près leurs révolutions, & avoir veû les observations de Galilée & de Kepler, il inventa une théorie mécanique pour trouver en tout temps les lieux de ces satellites, qu'il ne trouva pas à propos de donner au public, s'estant contenté de faire quelque essay de son usage. Il croyoit que si l'on observoit en divers lieux les configurations de ces satellites, on pourroit déterminer exactement les distances, & par ce moyen corriger les tables & les cartes géographiques, & perfectionner la navigation : mais après plusieurs observations faites en divers lieux par plusieurs observateurs, l'un desquels alla pour cet effet vers l'Orient jusqu'à Alep, il ne jugea pas que ces observations fussent suffisantes, & cette invention ne luy parut pas si générale qu'il s'estoit d'abord figuré : c'est pourquoy il abandonna entièrement cette entreprise, espérant que Galilée & Kepler y pourroient mieux réussir, & particulièrement lorsqu'il apprit que Galilée avoit formé le dessein de s'y appliquer, & qu'il estoit en traitté avec les Hollandois qui cherchoient depuis long-temps le secret des longitudes. Mais après que Galilée eût travaillé 27. ans à observer ces satellites, la perte qu'il fit de la veüe l'empescha de continuer ses observations, & rendit inutile le secours de diverses Puissances de l'Europe, & particulièrement des Hollandois qui avoient mesme député Hortensius, & Blaew, & d'autres Mathématiciens pour luy aider à observer, & à faire le calcul nécessaire pour la construction des tables.

Reineri auteur des Tables Médicées, qui comprennent les Tables les plus célèbres faites depuis 400. ans, réduites à une mesme forme, ayant succédé au travail de Galilée sous la protection du Grand Duc de Toscane, continua pendant plusieurs années les observations des satellites de Jupiter que Galilée avoit appelé *Astres Médicées*. Il s'estoit déssors proposé de faire des tables propres pour servir à trouver les longitudes, & il les promit au public l'an 1639. dans la première édition de ces tables : mais dans la seconde édition des mesmes tables augmentées & réformées qu'il fit neuf ans après, il ne dit pas un seul mot des tables des satellites qu'il avoit fait espérer dans la première; ce qui donne lieu de juger qu'il y avoit trouvé plus de difficulté qu'il n'avoit supposé d'abord : & on ne sçait pas quelle issuë avoit eû le long travail qu'il avoit fait sur ces satellites à Florence, tout ce qu'il en avoit écrit ayant esté perdu à sa mort nonobstant les soins que le Grand Duc prit de les faire chercher.

Les tables qu'Hodierna fit quelque temps après estant fondées sur les observations de peu d'années, s'estoient en peu de temps si écartées du ciel qu'elles n'estoient pas mesme capables de représenter à peu près les configurations des satellites; & Marius s'estant trop pressé de publier ces tables, pour prévenir Galilée, avoit encore plus mal réussi.

On ne voit pas que d'autres qui avoient proposé de trouver les longitudes par le moyen des satellites de Jupiter, sceussent de quelle manière il falloit s'y prendre, ni quelles phases des satellites il falloit choisir pour réussir. Hérigone l'an 1644. en avoit proposé une manière en ces termes : *Observetur ope optimi telescopii quotâ horâ observationis aliquod Jovialium siderum appellat ad lineam ab oculo intuentis per centrum Jovis transeuntem* : mais cette manière n'est nullement praticable, parce que les satellites ne sont point visibles lorsqu'ils sont dans cette ligne visuelle qui va au centre de Jupiter, & il n'y en a aucun qui se rencontre dans cette ligne plus de deux, quatre, ou six fois durant une révolution de Jupiter de 12. années, à cause de leur latitude apparente dont les règles n'estoient pas connues avant la publication de mes tables.

Ce n'a esté qu'après un grand nombre d'expériences faites en observant ces satellites de concert avec d'autres observateurs, premièrement dans un mesme lieu, ensuite en des lieux éloignez l'un de l'autre, que nous avons trouvé quelles sont les phases les plus propres pour déterminer les longitudes. Ces expériences nous ont fait connoître qu'il faut préférer à toutes les autres phases les éclipses que ces satellites souffrent en passant par l'ombre de Jupiter, dont on peut observer l'entrée & la sortie, & quelquefois l'une & l'autre, sans que deux observateurs soient en différend entr'eux d'un quart d'une minute d'heure (qui est une exactitude beaucoup plus grande que toute celle que l'on pouvoit avoir auparavant par les éclipses de lune) & que les éclipses du premier satellite, qui est plus viste que les autres & qui entre plus directement dans l'ombre, se peuvent déterminer encore avec une plus grande précision; qu'après ces éclipses des satellites on peut se servir de leurs conjonctions apparentes avec Jupiter & entr'eux-mesmes, & particulièrement quand ils se rencontrent en venant des parties opposées; & que les observations des ombres qu'ils jettent sur le disque de Jupiter, quand ils passent entre cette planete & le soleil que nous avons découvert estre souvent tres-sensibles, sont utiles à ce dessein, comme le sont aussi les taches permanentes qui paroissent souvent sur la surface de Jupiter, & qui font autour de luy la révolution la plus prompte de toutes celles que nous avons jusqu'icy découvertes dans le ciel, quoy-que l'instant du passage de ces taches par le milieu de Jupiter ne se puisse pas déterminer avec la mesme subtilité que l'instant des éclipses de ses satellites.

II.

De la situation des cercles des Satellites de Jupiter.

Mais pour déterminer les éclipses des satellites de Jupiter il n'estoit pas

pas

5

pas moins important de trouver la situation de leurs cercles à l'égard de l'écliptique & de l'orbite de Jupiter, qu'il a esté nécessaire pour prévoir les éclipses de lune de déterminer la situation de son orbite à l'égard de l'écliptique : car l'orbite de Jupiter, par laquelle cette planète fait sa révolution périodique de 12. années autour du soleil, est à l'égard des cercles sur lesquels les satellites font leurs révolutions particulières, ce que l'écliptique est à l'égard de l'orbite de la lune ; & le globe de Jupiter qui est supposé estre au centre du systême de ces satellites, est à leur égard ce que la terre, qui est au centre du systême de la lune, est à l'égard de la lune mesme.

Le soleil selon les hypotheses modernes est toujours dans le plan de l'orbite de Jupiter, comme il est toujours dans le plan de l'écliptique ; & le rayon qui va du centre du soleil au centre de Jupiter, s'étend sur le plan de son orbite, comme le rayon qui va du centre du soleil au centre de la terre, s'étend sur le plan de l'écliptique. Le globe de Jupiter qui est opaque comme le globe de la terre, termine les rayons du soleil, & fait à l'opposite une ombre dont l'axe est couché sur le plan de son orbite ; comme la terre termine les rayons du soleil, & fait une ombre dont l'axe est couché sur le plan de l'écliptique : & quand les satellites de Jupiter, qui sont aussi opaques que la lune, rencontrent dans leurs révolutions l'ombre de Jupiter ; ils s'éclipsent par la perte de la lumière qu'ils reçoivent du soleil, comme la lune s'éclipse quand elle rencontre l'ombre de la terre. De mesme, quand les satellites passent devant Jupiter si près de son orbite qu'ils rencontrent les rayons du soleil qui vont à Jupiter ; ils y font une espèce d'éclipse de soleil, faisant une ombre sur le globe de Jupiter, de la mesme manière que la lune passant devant le soleil si près de l'écliptique qu'elle rencontre les rayons qui vont à la terre, fait l'éclipse ordinaire du soleil. C'est par ces raisons que l'orbite de Jupiter peut estre appelée l'écliptique de Jupiter & de ses satellites, comme la ligne du mouvement annuel, soit du soleil, soit de la terre, est l'écliptique du soleil & de la lune, quoy - qu'elle soit appelée écliptique simplement à cause que les éclipses de soleil & de lune qui se font sur cette ligne, sont les premières qui ayent esté observées.

Or dans le systême de la lune la variété des éclipses dépend principalement de la situation de l'orbite de la lune à l'égard de l'écliptique. Si cette orbite estoit couchée sur le plan de l'écliptique, sur laquelle le rayon qui va du centre du soleil au centre de la terre, & l'axe de l'ombre de la terre mesme est couché ; dans toutes les conjonctions de la lune avec le soleil il arriveroit une éclipse centrale de soleil à l'endroit de la terre qui auroit le soleil au zénith, & dans toutes les oppositions de la lune au soleil il arriveroit une éclipse centrale de lune. De mesme, si les cercles du mouvement propre des satellites de Ju-

B

piter estoient couchez sur l'orbite de Jupiter, tous les satellites dans leurs conjonctions avec le soleil veûs de Jupiter luy causeroient des éclipses centrales, & dans toutes les oppositions tous les satellites souffriroient aussi une éclipse centrale.

Mais parce que l'orbite de la lune décline de l'écliptique & la coupe en deux points opposez, qui sont les nœuds de la lune; les éclipses centrales n'arrivent que quand le soleil veû de la terre, & la terre veüe du soleil, se rencontrent dans les nœuds de la lune: ce que l'on peut appliquer aux satellites de Jupiter, en cas que leurs cercles déclinent de l'orbite de Jupiter. Les éclipses des satellites ne seront donc centrales en ce cas, que lorsque le soleil veû de Jupiter, ou Jupiter veû du soleil, se rencontrera dans les nœuds de ces satellites: Et comme dans les conjonctions de la lune avec le soleil, qui arrivent à quelque distance des nœuds de la lune, on est obligé de considérer cette distance, qui jointe à la déclinaison de l'orbite de la lune, détermine sa latitude, qu'il faut comparer à l'espace que la lune, la terre, & son ombre occupent dans l'orbe de la lune, pour déterminer s'il y aura éclipse, ou non; & s'il y en a, quelle en sera la grandeur & la durée: on sera obligé de faire la mesme recherche dans les conjonctions des satellites de Jupiter veûs du Soleil, pour déterminer leurs éclipses, si leurs cercles déclinent de l'orbite de Jupiter: c'est pourquoy il est nécessaire de trouver les nœuds où ils la coupent.

On ne peut pas voir de la terre les éclipses des satellites de Jupiter ni près des conjonctions de Jupiter avec le soleil quand il est caché dans ses rayons, ni dans le temps des oppositions quand l'ombre de Jupiter terminée dans les orbes des Satellites n'est pas exposée à la terre, mais cachée par le globe de Jupiter qui est entre la terre & l'ombre. Nous pouvons observer ces éclipses quand Jupiter est éloigné des oppositions & des conjonctions avec le soleil, lorsque la terre est à costé de la ligne qui va du soleil à Jupiter & à son ombre: car alors cette ombre paroist au moins en partie à costé de Jupiter, & on perd de veüe les satellites lorsqu'ils la rencontrent. La distance du centre de l'ombre de Jupiter aux nœuds de ses satellites estant comparée à leur déclinaison & au diametre de l'ombre détermine leurs éclipses; ce qui nous oblige à déterminer leurs nœuds avec toute la justesse possible. Il est toujours difficile de déterminer avec justesse les nœuds des planettes. Si les planettes laissoient après elles des traces visibles, les nœuds aussi où elles s'entrecoupent seroient visibles, & on les pourroit déterminer de la mesme manière que l'on fait les lieux des planettes: mais parce qu'elles n'en laissent point de traces visibles, il faut chercher ces nœuds par des méthodes plus difficiles. On trouve ceux de la lune, ou par les observations des éclipses centrales qui sont tres-rares, ou en comparant ensemble un grand nombre d'éclipses par-

tiales ; & ceux des autres planettes, en observant en divers temps la mesme planette en divers lieux éloignez les uns des autres, les déterminant à l'égard des étoiles fixes qui se rencontrent dans leur route de costé & d'autre à certaines distances qu'il faut mesurer pour pouvoir reconnoître précisément ces mesmes lieux & les comparer ensemble, afin de tirer par tous ces lieux la trace du mouvement apparent de la planette : & parce que le mouvement apparent est souvent composé de plusieurs mouvemens simples, de sorte que la trace visible qui en résulte n'est pas le plus souvent circulaire, mais qu'elle serpente ; il faut distinguer les mouvemens qui les composent, pour trouver les traces simples. Les nœuds de la lune sont plus connus universellement que ceux des autres planettes, parce que nous avons des observations réglées des éclipses de lune de plus de 24. siècles, qui ont esté continuées jusqu'à présent : & on ne laisse pas d'observer les configurations de la lune avec les étoiles fixes, qui servent à déterminer hors des éclipses la position de son orbite qui est une ligne circulaire dont le plan passe par le centre de la terre, & l'on n'a pas besoin de la réduire, si ce n'est quand il y a de la parallaxe qui y peut apporter un peu de diversité ; c'est pourquoy les Astronomes modernes ne sont pas en différend entr'eux d'un degré entier dans la détermination des nœuds de la lune.

Ils ne s'accordent pas si bien dans les nœuds des autres planettes, comme l'on peut voir par les nœuds de Jupiter dont la détermination est nécessaire à la théorie de ses satellites, Kepler & Lansberge estant en différend avec M. Bouillau & avec le Pere Riccioli dans le lieu de ces nœuds de plus de 3. degrez, & estant éloignez de Copernic de plus de 22. degrez. On ne peut déterminer ces nœuds que par les observations des latitudes apparentes jointes aux longitudes ; & il ne faut pas employer ces latitudes ni ces longitudes comme elles sont veûës de la terre, mais il faut par le moyen des hypotheses les réduire aux apparences veûës du soleil qui est dans le plan de l'orbite de Jupiter, pour déterminer où cette orbite coupe l'écliptique, & combien elle en décline.

Les nœuds des satellites de Jupiter avec son orbite sont encore beaucoup plus difficiles à déterminer que ceux de la lune & de Jupiter. Leurs éclipses centrales, qui ne retournent par nos observations que de six ans en six ans, & que l'état de l'air ne permet pas toujours d'observer quand elles arrivent, ne se distinguent pas aisément d'avec les autres, comme on peut distinguer celles de lune, qui peuvent servir à cet usage. Quoy-que l'on ne puisse pas voir immédiatement si au milieu de l'éclipse le centre de la lune concourt avec le centre de l'ombre qui n'est pas visible ; néanmoins si quand elle est immergée environ de sa moitié, l'on observe attentivement la partie de la circonférence de l'ombre qui tombe dans le disque de la lune, cette partie

qui est souvent plus de la neuvième de toute la circonférence de l'ombre, peut servir à trouver la ligne qui passe par les centres de la lune & de l'ombre, & à la tracer dans le disque de la lune, observant par quelques taches éloignées les unes des autres elle passe: & si on trouve que tant à l'entrée qu'à la sortie cette ligne passe par toutes les mêmes taches, on peut conclure que l'éclipse a été centrale; mais si à la sortie cette ligne tirée par les centres de la lune & de l'ombre passe par des taches différentes de celles par lesquelles elle avoit passé à l'entrée, on en peut conclure que l'éclipse n'a pas été centrale, & on peut tâcher de trouver le centre de l'ombre par la partie de la circonférence qui tombe sur le disque de la lune à l'entrée & à la sortie, & mesurer de combien le centre de la lune en a été éloigné.

Mais dans les éclipses des satellites de Jupiter on ne distingue point même par les lunètes les plus excellentes qu'on y ait employées jusqu'à présent, le terme circulaire de l'ombre dans leur disque: il paroît seulement que le satellite diminué peu à peu sans changer de figure, les pointes du croissant qui se forme n'estant pas assez sensibles d'une si grande distance; & à mesure que le satellite diminué, sa lumière semble aussi s'affoiblir peu à peu jusqu'à ce qu'il disparoisse entièrement; ce qui arrive sans doute un peu avant l'immersion totale dans l'ombre, quand la partie qui reste éclairée n'est plus sensible par nos lunètes: de là vient que par les lunètes plus petites & moins excellentes on perd plutôt de vue les satellites, quoy-que nous ayons expérimenté qu'un peu de différence dans la longueur des lunètes ne fait pas une différence considérable dans le temps de l'immersion.

De même dans la sortie de l'ombre, le satellite commence à paroître comme un point qui augmente peu à peu en grandeur & en clarté sans aucun changement de figure. On appercevra peut-être la différence des phases dans les éclipses des satellites quand on aura porté les lunètes à une plus grande perfection; mais la partie de la circonférence de l'ombre qui tombe sur le disque d'un satellite est si petite, qu'elle ne pourra pas servir à trouver assez exactement le centre de l'ombre de Jupiter dont le diamètre est 20. fois plus grand que celui d'un satellite, au lieu que le diamètre de l'ombre de la terre n'est que trois fois plus grand que le diamètre de la lune.

Il ne reste donc qu'à comparer ensemble un grand nombre d'éclipses d'un même satellite de Jupiter, & particulièrement de celles dont on aura observé le commencement & la fin, pour choisir celles qui auront été de plus longue durée, que l'on pourra supposer être les plus centrales, à moins que l'on ne trouve dans le mouvement des satellites des inégalitez considérables, qui puissent empêcher que les éclipses centrales ne soient toujours celles qui sont de plus longue durée.

Mais

Mais nous ne pouvons pas voir le commencement & la fin de toutes les éclipses des satellites de Jupiter. Nous pouvons observer quelquefois ces deux phases dans les éclipses du troisième, & dans celles du quatrième, & particulièrement proche des quadratures de Jupiter avec le soleil, lors que la terre est assez éloignée de la ligne droite qui va du soleil à Jupiter, pour découvrir dans les orbes de ces deux satellites, qui sont les plus éloignés de Jupiter, l'endroit opposé au soleil où se termine l'ombre de Jupiter, & d'où elle nous paroît d'autant plus éloignée que Jupiter est plus proche de ses quadratures.

Il n'en est pas de même du premier & du second satellite, parce qu'ils sont si proches de Jupiter, que même dans ses quadratures avec le soleil, Jupiter nous cache une partie de son ombre terminée aux orbes de ces deux satellites. C'est pourquoy dans leurs éclipses centrales nous ne pouvons voir que leur entrée dans l'ombre avant l'opposition de Jupiter avec le soleil, ou leur sortie de l'ombre après l'opposition de Jupiter, & non pas l'une & l'autre phase de la même éclipse. Dans les éclipses qui ne sont point centrales, le second satellite passe quelquefois si loin du centre de l'ombre par la partie qui n'est pas cachée de Jupiter, que nous le pouvons voir, quoy-que rarement, non seulement quand il y entre, mais encore quand il en sort; ce qui n'arrive jamais au premier satellite, parce que la plus grande partie de la ligne de son incidence dans l'ombre nous est toujours cachée par le disque de Jupiter: c'est pourquoy nous ne saurions jamais observer dans une même éclipse que son entrée dans l'ombre ou sa sortie; & par conséquent nous ne saurions observer immédiatement la durée de ses éclipses dans l'ombre.

Nous sommes obligés d'avoir recours à l'observation des conjonctions apparentes de ce satellite dans la partie inférieure de son cercle, dont nous pouvons observer toute la durée, qui n'est que peu différente de la durée de son passage par l'ombre: car nous ne saurions observer le commencement & la fin d'une même conjonction apparente de ce satellite dans la partie supérieure de son cercle, si ce n'est dans les oppositions de Jupiter avec le soleil, lors que la partie occidentale de l'ombre où le satellite entre, ou l'orientale d'où il sort, nous est entièrement cachée par le globe de Jupiter. Aux autres temps que Jupiter ne nous cache qu'une de ces deux parties de l'ombre, le satellite est caché dans l'autre partie, quand sa conjonction dans la partie supérieure de son cercle devoit commencer, si l'ombre est à l'occident de Jupiter, comme il arrive avant son opposition avec le soleil; ou quand la conjonction devoit finir, si l'ombre est à l'orient, comme il arrive après l'opposition.

Pour ce qui est des autres satellites, parce que l'endroit de leurs or-

bes où se termine l'ombre de Jupiter proche de ses quadratures avec le soleil se voit de la terre entièrement détaché de Jupiter, on peut voir le commencement & la fin, tant de leurs conjonctions apparentes dans la partie supérieure de leurs cercles, que de leurs éclipses dans l'ombre; mais proche des oppositions du soleil avec Jupiter on ne voit que l'une ou l'autre phase. La mesme chose arriveroit près des conjonctions de Jupiter avec le soleil, si ses rayons n'empeschoient pas de voir Jupiter & ses satellites.

Mais pour ce qui est des conjonctions des satellites avec Jupiter dans la partie inférieure de leurs cercles, soit qu'elles soient centrales ou non, on en peut observer indifferemment le commencement & la fin, & par conséquent la durée: & si l'on pouvoit voir les satellites quand ils passent par le milieu de Jupiter, comme nous les voyons souvent près du bord oriental, un peu après qu'ils y sont entrez, & proche du bord occidental un peu avant qu'ils en sortent; nous pourrions distinguer immédiatement leurs éclipses centrales des autres, & mesurer leur distance du centre de Jupiter dans les conjonctions qui ne sont point centrales. Mais parce que nous ne voyons pas ordinairement les satellites de Jupiter vers le milieu de son disque, nous ne pouvons juger à quelle distance du centre ils passent, que par la direction de leur mouvement observée avant & après la conjonction. Comme il n'y a point autour de Jupiter de points fixes à son égard, auxquels nous puissions comparer en divers temps les lieux des satellites pour juger par ce moyen de la ligne de leur direction, nous sommes obligez d'avoir recours aux marques qui paroissent dans Jupiter mesme.

Les bandes obscures & claires du disque de Jupiter que nous avons trouvé estre à peu près paralleles à la ligne du mouvement des satellites, nous aident à juger de la direction de leur mouvement dans leurs conjonctions, lors qu'ils touchent ce disque à l'extrémité d'une de ces bandes: & c'est par ce moyen que nous pouvons distinguer les conjonctions centrales des autres.

Mais parce que les conjonctions centrales des satellites de Jupiter sont très-rares, & qu'on ne peut pas toujours les observer quand elles arrivent; on trouvera à peu près le temps auquel les conjonctions centrales sont arrivées, si l'on compare ensemble les conjonctions qui ont précédé les centrales avec celles qui les ont suivies, & particulièrement celles dans lesquelles les latitudes meridionales des unes ont esté égales aux latitudes septentrionales des autres; car le temps entre les deux sera à peu près celuy auquel les conjonctions centrales ont dû arriver. Je dis à peu près: car il peut y avoir quelque différence considerable, d'autant que les mesmes latitudes apparentes des satellites résultent du concours de diverses causes qui ne se rencontrent

les mesmes que rarement : & à moins qu'on ne distingue ce qui est fait par une cause de ce qui est fait par une autre ; on s'y peut tromper de beaucoup.

Le temps des conjonctions centrales des satellites sert à trouver le temps de leurs éclipses centrales dans l'ombre qui n'arrivent pas ordinairement dans la mesme révolution que leurs conjonctions centrales vûës de la terre. Car à moins que Jupiter ne soit dans l'opposition du soleil sans latitude, ce qui n'arrive qu'à peine une fois en un siècle ; nostre rayon visuel qui va au centre de Jupiter décline de l'axe de son ombre tant en longitude qu'en latitude. Nous avons donc besoin de la methode de trouver l'intervalle entre les conjonctions centrales des satellites & leurs éclipses centrales dans l'ombre ; & cette methode ne se peut trouver qu'après avoir ébauché la théorie des satellites. Nous nous sommes servis de cette methode pour trouver l'intervalle qu'il y a entre le temps des éclipses centrales, qui arrivent dans la ligne des nœuds des satellites, & celui des conjonctions centrales, qui arrivent vers le temps que les satellites paroissent tous dans la mesme ligne droite en toutes leurs configurations avec Jupiter, ayant supposé que les cercles du mouvement des satellites soient tous à peu près dans le mesme plan.

Enfin nous avons trouvé une autre manière de déterminer le temps des éclipses centrales de ces satellites par les observations de leurs ombres que nous avons découvertes dans le disque de Jupiter : car il n'y a point de doute que les éclipses ne soient centrales quand ces ombres passent si près du centre apparent de Jupiter, qu'il n'y a autre difference que celle qui vient de ce que la terre d'où nous voyons ces ombres, n'est pas dans la ligne droite qui va du soleil à Jupiter ; & comme nous pouvons sçavoir assez précisément par les hypotheses astronomiques de combien est cette différence, nous ne pouvons pas nous tromper de beaucoup y ayant égard.

Par ces différentes manières nous avons toujours trouvé les nœuds des cercles des satellites avec l'orbite de Jupiter à deux ou trois degrez du milieu d'Aquarius & du Lion. Les autres observateurs dont les uns ont observé en un temps & les autres en un autre, ont trouvé ces nœuds en différens lieux.

Il parut à Galilée l'an 1611. que ces cercles estoient dans le plan de l'écliptique : d'où il résulte que les nœuds de ces satellites avec l'orbite de Jupiter concoururent avec les nœuds mesmes de Jupiter, qui sont dans les Signes du Cancer & du Capricorne.

Nous trouvâmes l'an 1653. que leur nœud ascendant estoit au 15. degré d'Aquarius, & leur nœud descendant au 15. du Lion.

M. Borelli infere des observations d'Hodierna de l'an 1655. que leurs nœuds estoient alors dans les Signes du Cancer & du Capricor-

ne : & M. Borelli luy-mesme en 1664. & 1665. les trouva entre les Signes du Capricorne & d'Aquarius.

Nous les trouvâmes l'an 1665. vers le 14. degré du Lion & d'Aquarius à peu près comme en l'année 1653. & depuis ce temps-là en tous les retours de Jupiter aux mesmes Signes nous avons trouvé ces nœuds au mesme endroit à un ou deux degrez près.

Il y en a enfin qui ont cru que les cercles des satellites ne coupent en nulle part l'orbite de Jupiter, mais qu'ils sont sur le mesme plan : ce que nous examinerons dans la suite.

III.

Diverses manières de considerer les latitudes des Satellites de Jupiter.

IL reste à chercher si les différentes situations des cercles des satellites observées en divers temps par divers Astronomes, sont arrivées par quelque mouvement réel, comme nous avons supposé du commencement, ou par la faute des Observateurs, comme il nous a paru plus vray-semblable après que nous avons conféré ensemble nos observations de plusieurs révolutions de Jupiter qui montrent les nœuds des satellites toujours au mesme lieu ou à peu près. Car puis que dans les nœuds de Jupiter déterminez par divers Astronomes, il y a une différence considérable que l'on ne sçauroit attribuer qu'aux observations dont on s'est servi pour les chercher, ou à la méthode qu'on y a employée ; il n'y a plus lieu de s'étonner si dans les nœuds des satellites, qui sont beaucoup plus difficiles à déterminer que ceux de Jupiter, on peut s'estre mépris de presque toute la difference qui se trouve entre divers Observateurs. Pour résoudre un doute d'une si grande conséquence, il est nécessaire d'examiner les manières dont divers Observateurs s'y sont pris pour trouver les latitudes des satellites qui ont servi à chercher leurs nœuds.

Nous avons remarqué que tous les Observateurs n'ont pas toujours fait la distinction qu'il faut entre les latitudes veûës de la terre qui régulent les conjonctions apparentes des satellites, & les latitudes veûës du soleil qui régulent leurs éclipses dans l'ombre ; & qu'ils n'ont pas bien connu la dépendance que ces deux espèces de latitudes ont d'une troisième, qui est celle des latitudes des satellites veûës de Jupiter.

Les latitudes veûës de la terre sont les premières connuës par les observations : on vient à la connoissance des latitudes veûës du soleil par le moyen des observations des latitudes veûës de la terre, jointes à la théorie du soleil & de Jupiter : & pour connoistre les latitudes des satellites veûës de Jupiter, il faut supposer la connoissance des latitudes veûës de la terre, la théorie du soleil & de Jupiter,

ter,

ter, & en partie celle de ses satellites. Il faut suivre cet ordre pour parvenir à la connoissance de la véritable situation des cercles des satellites à l'égard de l'orbite de Jupiter & de l'écliptique, laquelle situation se détermine par les nœuds des orbites des satellites avec les plans de ces cercles, & par leur déclinaison, qui sont les deux élémens de la théorie de leurs latitudes.

La théorie des latitudes étant établie, il faut suivre un ordre contraire pour déterminer les éclipses des satellites de Jupiter & leurs conjonctions apparentes. La distance des satellites à leurs nœuds vus de Jupiter, & la déclinaison de leurs cercles, servent à trouver leurs latitudes vues de Jupiter : Ces latitudes & la théorie de Jupiter & du soleil servent à trouver les latitudes des satellites vues du soleil : Et enfin les latitudes vues du soleil jointes à ces théories servent à trouver les latitudes vues de la terre.

Nous avons aussi remarqué que dans l'observation des satellites les latitudes de la même espèce n'ont pas été toujours prises du même terme. Personne n'a pris pour terme des latitudes des satellites l'écliptique commune, qui est le terme commun des latitudes des autres Planètes & des étoiles fixes; ce qui n'est pas sans raison: car les latitudes des satellites prises de l'écliptique ne régulent pas immédiatement leurs conjonctions ni leurs éclipses, & ne s'observent pas immédiatement par la lunette. Il est plus à propos de prendre pour terme des latitudes de ces satellites une ligne qui passe par le centre de Jupiter suivant la direction de leurs mouvemens propres, afin que dans leurs conjonctions ces latitudes servent immédiatement à trouver si les éclipses ou les conjonctions sont centrales, & quelle est leur distance du centre, si elles ne sont pas centrales: ce qui sert aussi à déterminer leur durée, & le temps de leur commencement & de leur fin.

Comme l'orbite de Jupiter est décrite par le mouvement périodique de son centre, il y en a qui ont pris cette orbite pour terme des latitudes des satellites: ce qui seroit commode si les cercles du mouvement des satellites estoient sur l'orbite de Jupiter; auquel cas ils ne laisseroient pas d'avoir une latitude apparente à l'égard de la terre, à cause de l'élevation de notre œil sur le plan de cette orbite: Mais il y en a d'autres qui ont pris pour terme des latitudes des satellites la ligne qui passe par les points de leurs plus grandes digressions.

I V.

Des latitudes des satellites de Jupiter vues de la terre.

DANS les conjonctions centrales des satellites de Jupiter vues de la terre, notre rayon visuel qui va au centre de Jupiter rase le plan de leurs cercles que l'on suppose passer par le centre même

D

de Jupiter, comme le plan de l'orbite de la lune passe par le centre de la terre; & alors ces cercles sont representez comme une ligne droite qui passe par le centre de Jupiter, sur laquelle les satellites n'ont point de latitude propre en route leur révolution. Car il ne s'agit pas icy de la latitude commune qui est la distance des Planettes à l'écliptique; mais il s'agit de la latitude propre des satellites de Jupiter, qui se prend de la ligne qui passe par le centre mesme de Jupiter étendue selon la longitude du mouvement apparent que les satellites font de costé & d'autre de Jupiter, soit que cette ligne soit parallele à l'écliptique, comme Galilée supposa d'abord; ou qu'elle soit étendue selon l'orbite de Jupiter, comme d'autres l'ont supposé; ou qu'elle decline de l'écliptique & de l'orbite de Jupiter en quelque manière que ce soit. Mais dans les conjonctions apparentes des satellites de Jupiter qui ne sont point centrales, nostre rayon visuel qui va au centre de Jupiter est un peu élevé sur le plan des cercles des satellites: c'est pourquoy ces cercles sont representez à nostre œil comme des ellipses, dont le plus petit diamètre est la ligne qui represente le diamètre du cercle le plus oblique qui soit à nostre rayon visuel dans le système du satellite, ces cercles estant supposez concentriques à Jupiter, jusqu'à ce qu'on y trouve quelque excentricité évidente. Ayant pris dans ce mesme cercle le diamètre perpendiculaire à nostre rayon visuel, ce diamètre dont les extrémitez sont également éloignées de la terre, fait la distinction de la partie supérieure la plus éloignée de la terre, d'avec l'inférieure la plus proche de la terre: il ne divise pourtant pas exactement en deux parties égales l'ellipse apparente qui represente le mesme cercle; parce que la partie supérieure estant plus éloignée de la terre que l'inférieure, paroist un peu plus petite; ainsi le centre de Jupiter est un peu éloigné du centre de cette ellipse vers la partie supérieure, & le plus grand diamètre de l'ellipse tombe dans la partie inférieure du cercle; & les points des plus grandes digressions du satellite sont aux extrémitez du plus grand diamètre de l'ellipse.

Ces deux points opposez des digressions, qui divisent l'ellipse apparente en deux parties égales, ne divisent donc pas exactement le cercle du satellite en deux parties égales: il y a un peu de différence; mais cette différence dans le quatrième satellite, où elle est plus grande, ne monte qu'à 25. ou 26. minutes de la circonférence d'un grand cercle décrit dans l'orbe de ce satellite; c'est pourquoy on la néglige communément, & l'on prend ordinairement pour ligne de la longitude des satellites le plus grand diamètre de l'ellipse, au lieu du diamètre perpendiculaire à nostre rayon visuel dans le cercle representé par cette ellipse.

Les latitudes synodiques des satellites se prennent sur le plus petit

diamètre de l'ellipse de costé & d'autre du centre de Jupiter, & elles sont les plus grandes latitudes qui arrivent dans une mesme révolution du satelite: les autres latitudes se prennent de costé & d'autre de la ligne de longitude sur des lignes perpendiculaires. Ces latitudes diminuent continuellement selon la distance du satelite à Jupiter; & celles qui sont dans la partie inférieure plus proche de la terre, sont un peu plus grandes que celles qui sont à pareille distance de Jupiter dans la partie supérieure plus éloignée de la terre: mais la différence en est si petite, qu'on la néglige communément & sans erreur sensible.

Galilée & les autres qui l'ont suivi, ne donnent pas d'autre idée des latitudes que celle que nous venons d'expliquer: car ils n'ont pas reconnu d'autre terme des latitudes des satellites que les diamètres de leurs cercles qui distinguent les demicercles supérieurs plus éloignés de la terre, des demicercles inférieurs plus proches de la terre: ils ont supposé que les latitudes dans les demicercles supérieurs sont toujours contraires à celles qui sont dans les demicercles inférieurs; de sorte que si les unes sont septentrionales, les autres sont méridionales: & enfin ils ont supposé que dans les plus grandes digressions qui sont près des extrémités de ce diamètre, il n'y a point de latitude. Mais M. Borelli a une idée différente des latitudes des satellites. Il suppose qu'il faut toujours les prendre de l'orbite ou écliptique de Jupiter, soit que les points des plus grandes digressions se trouvent dans cette orbite, ou qu'ils ne s'y trouvent pas: en ce cas il attribue de la latitude aux satellites dans leurs plus grandes digressions, & il enseigne à les trouver par une methode qui suppose que cette orbite ou écliptique de Jupiter soit un grand cercle à l'égard de la terre; ce qui n'est pas conforme aux hypotheses astronomiques qu'il reçoit luy-mesme, selon lesquelles le plan de l'orbite de Jupiter passe toujours par le centre du soleil avec une déclinaison de l'écliptique qui empêche que la terre qui est toujours dans le plan de l'écliptique, ne soit ordinairement dans le plan de l'orbite de Jupiter.

Comme les latitudes des satellites veûes de la terre servent à déterminer leurs conjonctions apparentes; les latitudes des mesmes satellites veûes du soleil servent à déterminer leurs éclipses dans l'ombre de Jupiter, & les éclipses de Jupiter faites par l'ombre des satellites. Lors que les plans des cercles sur lesquels les satellites font leur mouvement particulier, sont dirigez au centre du soleil; ces cercles sont veûs du soleil comme une ligne droite qui passe par le centre de Jupiter, & alors les satellites n'ont point de latitude apparente à l'égard du soleil, & leurs éclipses sont centrales, & celles qu'ils font à Jupiter par leurs ombres sont aussi centrales. Mais quand le plan des cercles des satellites ne sont pas dirigez au soleil, ils sont representez au so-

leil comme des ellipses plus ou moins ouvertes selon la diverse élévation du soleil sur le plan de ces cercles ; & alors le plus petit diamètre de l'ellipse représente le diamètre du cercle du satellite plus oblique au rayon qui va du centre du soleil au centre de Jupiter & des orbites de ses satellites.

C'est sur ce petit diamètre de l'ellipse que l'on prend les latitudes synodiques veûes du soleil : Mais le diamètre perpendiculaire au mesme rayon du soleil qui divise les cercles en deux parties égales, l'une supérieure & l'autre inférieure, est représenté par une ligne droite parallèle au plus grand diamètre de l'ellipse. Ainsi ce que nous avons dit des latitudes des satellites veûes de la terre, se peut appliquer aux latitudes des mesmes satellites veûes du soleil ; si ce n'est que leur variation semble devoir estre plus simple, & n'avoir qu'une période de douze années qui répond à celle de Jupiter autour du soleil, n'ayant point la variation annuelle qui est veüe de la terre. Il paroist aussi que la ligne qui termine les latitudes propres des satellites veûes du soleil n'est pas ordinairement la mesme qui termine les latitudes veûes de la terre ; mais que l'une décline de l'autre diversement, à cause que le rayon du soleil qui va à Jupiter décline de nostre ligne visuelle qui va aussi à Jupiter. C'est pourquoy nous avons veû quelquefois l'ombre d'un satellite entrer & sortir du disque de Jupiter en deux points un peu différens de ceux par lesquels nous avons veû entrer & sortir le satellite dans la mesme révolution ; ce qui nous a obligé de trouver la méthode de déterminer l'une de ces apparences par le moyen de l'autre.

Ceux qui ont observé les premiers les satellites de Jupiter ont eû beaucoup de peine à déterminer leurs latitudes propres veûes de la terre ; parce qu'ils n'avoient point d'autre marque visible pour déterminer la ligne qui termine ces latitudes, que le centre apparent de Jupiter par où cette ligne passe. Ils prenoient ordinairement pour terme de cette ligne les deux points des plus grandes digressions des satellites à l'égard de Jupiter, qui ne sont visibles que quand les satellites s'y trouvent ; & on ne sçait quand ils s'y trouvent que par le moyen des hypothèses qui n'estoient pas encore bien établies : ainsi il leur estoit difficile de déterminer si cette ligne estoit étendue selon l'orbite de Jupiter, ou si elle estoit parallèle à l'écliptique, & si elle déclinait de l'une & de l'autre, & de combien.

L'observation d'un satellite faite dans sa plus grande digression de Jupiter, ne pouvoit servir à trouver la mesure des latitudes d'un mesme satellite en d'autres temps, parce qu'il n'y reste point de vestige visible après que le satellite s'en est éloigné. Ils comparoient la ligne du mouvement des satellites à des étoiles fixes qui se rencontrent quelquefois, mais rarement, dans la mesme ouverture de lunette : mais
parce

parce que le mouvement propre de Jupiter fait changer de situation aux cercles des satellites à l'égard des étoiles fixes, presque aussi sensiblement que les satellites en changent à l'égard du centre apparent de Jupiter; on ne pourroit pas tirer de cette comparaison la même utilité pour déterminer les latitudes des satellites, qu'on en a tiré pour déterminer les latitudes de la lune.

Après avoir observé que quand plusieurs satellites sont dans leurs plus grandes digressions, ils paroissent dans une même ligne droite tirée par le centre de Jupiter, on a pris cette ligne droite commune à tous les satellites pour terme commun de leurs latitudes: ainsi un satellite placé dans sa plus grande digression, a servi pour faire distinguer les latitudes des autres satellites éloignés de leurs plus grandes digressions. Il est vrai que M. Borelli ne convient pas que cette disposition des satellites dans une même ligne droite lors qu'ils sont dans leurs plus grandes digressions, ait été observée avec assez d'exactitude pour la pouvoir établir sans scrupule: Mais il faut demeurer d'accord que s'ils ne sont pas disposés précisément en ligne droite au temps de leurs plus grandes digressions, il s'en faut si peu que la différence n'est pas perceptible à l'estime de l'œil; au lieu que lorsqu'ils sont éloignés de leurs plus grandes digressions, ils sont le plus souvent disposés deux à deux en diverses lignes droites qui passent loin du centre de Jupiter, & forment des triangles & des trapèzes: ainsi une ligne droite tirée par le centre de Jupiter & d'un de ces satellites qui en sont plus éloignés, comme le troisième & le quatrième quand il est dans sa plus grande digression, sert à distinguer sans erreur sensible les latitudes des autres satellites que l'on voit en même temps éloignés de cette ligne vers le septentrion ou vers le midy. Il faut pourtant connoître par la théorie l'heure de la plus grande digression du satellite, ou plutôt celle de son arrivée à l'extrémité de la ligne des longitudes.

Lors que deux satellites se rencontrent en allant l'un vers Jupiter & l'autre vers sa plus grande digression; si l'inférieur cache le supérieur, de sorte que les deux joints ensemble ne paroissent pas plus grands qu'un seul, ce que nous avons vû arriver quelquefois, ces satellites sont censés n'avoir point de latitude: mais si en se rencontrant l'un passe à côté de l'autre, lors qu'ils sont à égale distance de Jupiter; la distance de leurs centres fera la somme de leurs latitudes d'espèces contraires: & si l'on suppose que leurs cercles sont dans le même plan, & que l'on sçache par la théorie les degrés de leurs distances à la conjonction avec Jupiter, & la proportion du diamètre de leurs cercles; on peut distinguer les latitudes de chacun de ces satellites.

Au contraire, lors qu'un satellite atteint un autre qui va du même côté par un mouvement plus lent en apparence, & qu'il passe sans le toucher; leur distance entr'eux, quand ils sont également éloi-

gnez de Jupiter, est la différence de leurs latitudes de la mesme espèce; & ayant supposé la connoissance des mesmes élemens, cette différence pourra servir à trouver en quelque manière les deux latitudes, mais non pas aussi justement qu'on les trouve par leur somme.

M. Borelli entreprend de prouver que cette hypothese de la situation des cercles des satellites dans un mesme plan, n'est pas véritable. Nous examinerons dans la suite la force de son raisonnement: & cependant nous pouvons témoigner que par nos observations les plans des cercles des quatre satellites ne déclinent pas l'un de l'autre si sensiblement, qu'on puisse s'en appercevoir évidemment, horsmis en certains cas qui n'arrivent que de six en six années: ce qui n'empesche pas que cette méthode ne soit utile pour trouver les latitudes des satellites sans erreur sensible.

On peut aussi déterminer les latitudes apparentes dans les conjonctions par l'application des satellites aux bandes de Jupiter supposées parallèles à la ligne de leur mouvement, & par la distance du quatrième satellite au centre de Jupiter quand il est perpendiculaire au milieu des bandes dans les conjonctions qui arrivent avec tant de latitude que ce satellite passe sans toucher Jupiter: Et les distances des ombres des satellites au centre de Jupiter lors qu'elles en sont plus proches, peuvent servir à trouver leurs latitudes vûës du soleil, qui estant réduites conformément aux théories, servent à trouver celles qui en mesme temps seroient vûës de la terre.

Nous avons aussi comparé souvent les conjonctions & les éclipses des satellites de Jupiter qui ont paru de plus longue durée, avec celles qui ont esté de plus courte durée, supposant que la différence de la durée vient de la diverse distance du centre du satellite au centre de Jupiter & de son ombre; la ligne de l'incidence estant plus courte, plus les satellites passent loin du centre. Mais comme nous n'ignorons pas qu'il peut s'y mesler d'autres causes qui diversifient les durées des conjonctions & des éclipses, nous ne nous sommes fiez à cette méthode que quand nous avons trouvé qu'elle ne nous portoit pas loin de ce que nous trouvions par les autres méthodes. Mais supposant que les durées des conjonctions & des éclipses soient entr'elles comme les lignes des incidences; la plus grande durée, qui est celle des conjonctions & des éclipses centrales, mesure le diamètre du disque ou de l'ombre de Jupiter; & la plus petite durée des conjonctions & des éclipses d'un mesme satellite mesure la corde par laquelle ce satellite parcourt le disque ou l'ombre; & la proportion du diamètre à sa corde estant donnée, on a aussi la proportion du mesme diamètre à la distance perpendiculaire du centre à la corde, laquelle distance représente la latitude du satellite dans le milieu de la conjonction ou de l'éclipse.

En employant toutes ces manières différentes de déterminer les latitudes des fatellites de Jupiter dans les observations faites pendant trois révolutions périodiques de douze années, nous avons trouvé que les plus grandes latitudes du premier fatellite vûës de la terre n'excèdent point la troisième partie du demi-diamètre de Jupiter :

Que les plus grandes latitudes du second fatellite ne surpassent que de peu le quart d'un diamètre de Jupiter :

Que les plus grandes latitudes du troisième fatellite excèdent un peu les trois quarts du diamètre de Jupiter :

Et enfin que les plus grandes latitudes du quatrième fatellite excèdent le demidiamètre de Jupiter de la troisième partie de ce demidiamètre.

Nous avons aussi trouvé que ces latitudes augmentent, diminuent, & changent d'espèce dans les demicercles supérieurs & inférieurs dans une période de douze années, qui répond à la révolution périodique de Jupiter ; & que cette augmentation & diminution réciproque des latitudes vûës de la terre ne va pas par un progrès continu & uniforme, mais qu'en divers mois de l'année elle reçoit des variations sensibles, qui répondent à la seconde inégalité de Jupiter, & qui sont assez conformes à ce que la théorie de Jupiter montre devoir arriver à cause du mélange du mouvement annuel fait sur le plan de l'écliptique avec le mouvement périodique de douze années fait sur l'orbite de Jupiter.

V.

Diverses règles des latitudes des Satellites de Jupiter.

IL ne faut pas s'étonner si ceux qui se sont fondez sur les observations de peu d'années pour établir les règles des latitudes de ces fatellites, n'y ont pas réussi. Comme les uns les ont observées dans un temps, & les autres dans un autre ; chacun a supposé que les règles qu'il a trouvées par les observations de son temps, estoient perpetuelles ; au lieu qu'elles n'estoient que des manières particulières qui ne conviennent qu'à certaines circonstances de temps : d'où il est arrivé que divers Astronomes en ont donné des règles non seulement différentes, mais mesme contraires entre elles.

Galilée réfute Simon Marius, qui avoit avancé que les latitudes des fatellites de Jupiter sont australes dans leurs demicercles supérieurs, & boréales dans les inférieurs : ce qui estoit particulier au temps de ces observations de Marius. Galilée au contraire établit cette règle comme générale, que les fatellites de Jupiter dans les demicercles supérieurs ont une latitude contraire à celle de Jupiter ; & que dans les demicercles inférieurs ils ont une latitude de la mesme espèce : ce qui

estoit encore particulier pour le temps des observations de Galilée.

Hodierna donne pour règle que les satellites de Jupiter ont une latitude boréale dans les demicercles supérieurs, & une latitude australe dans les demicercles inférieurs: ce qui estoit vray au temps de ses observations. M. Gassendi & le P. Riccioli prétendent que cela n'arrive de la sorte que quand la latitude de Jupiter est australe; & que tout le contraire arrive quand elle est boréale: quoy-que par nos observations cela arrive tantost quand la latitude de Jupiter est australe, tantost quand elle est boréale.

Il y a lieu de s'étonner que le P. Riccioli parmi les règles qu'il dit avoir recueillies de tous ceux qui avoient traité de ces matières, mette que la latitude du premier ou du plus prochain satellite de Jupiter est plus grande que celle du second, & celle du second plus grande que celle du troisième, & celle du troisième plus grande que celle du quatrième qui est le plus éloigné de Jupiter. Cette règle pourroit estre tirée de quelque observation particulière, dans laquelle le premier satellite aura esté très-proche de sa conjonction avec Jupiter, où les latitudes sont plus grandes; & le quatrième proche de sa plus grande digression, où les latitudes sont plus petites; & le troisième plus proche de sa plus grande digression que le second: car il n'y a point de doute, selon nos observations, que non seulement à égales distances de Jupiter, mais aussi à distances proportionnelles, tout le contraire de ce que cette règle porte n'arrive ordinairement.

M. Borelli a assez fait connoître qu'il voyoit combien il est difficile de chercher les règles de ces latitudes. Car dans sa Théorie des Astres Medicées, qu'il venoit de publier quand je donnay mes Tables, après avoir expliqué au chap. 6. du second livre, combien elles sont abstruses, & combien il est difficile de trouver les périodes de la variation de ces latitudes, il déclare au chap. 7. que les observations qu'il avoit examinées ne sont pas faites avec toute l'exactitude & toute l'évidence que demande une recherche si difficile & si délicate: Et au chap. 8. il avouë qu'il n'y a pas encore d'hypothese qui puisse satisfaire à toutes les variétez observées dans les latitudes: Et au chap. 9. il demeure encore dans l'incertitude si pendant dix années depuis 1655. jusqu'à 1665. la ligne des nœuds des satellites avoit fait une révolution autour de Jupiter, ou si elle en avoit fait plusieurs, ainsi qu'il juge plus vraysemblable; & il dit qu'il n'y a qu'une longue suite d'observations qui le puisse faire connoître: Enfin après avoir enseigné au chap. 10. de quelle manière à son avis il faudroit s'y prendre pour continuer cette suite d'observations capables d'éclaircir une chose si obscure, il conclut qu'il est aisé de voir combien il y a de difficulté dans cette recherche, pour laquelle il faudroit faire, sans discontinuer, pendant plusieurs années quantité d'observations
avec

avec une assiduité extrême, qui auroit demandé une complexion plus forte que la sienne & un âge moins avancé.

Je croy que pour se débarasser des difficultez qui ont rebuté un homme si illustre & si consommé dans les Mathématiques, il est à propos de commencer par la distinction des apparences d'optique qui se font dans les orbes des satellites à cause de la diversité des élévations de nostre œil sur le plan de l'orbite de Jupiter, laquelle diversité est une des causes principales de la différence qu'il y a entre les latitudes des satellites vûës de la terre, & celles qui en mesme temps seroient vûës du Soleil, dont la connoissance est nécessaire pour réduire les unes aux autres, tant dans l'établissement de leur théorie, que dans l'usage qu'il en faut faire.

V I.

Des sections que le plan de l'orbite de Jupiter fait dans le globe de Jupiter, & dans les orbes de ses Satellites.

PUISQUE le plan de l'orbite de Jupiter passé par le centre de Jupiter, qui est aussi le centre des orbes de ces satellites supposez sphériques & concentriques à Jupiter; ce plan fait un cercle tant dans le globe de Jupiter que dans les orbes de ses satellites: & puisque le soleil est dans le plan de cette orbite, ces cercles du globe de Jupiter & des orbes des satellites sont vûs toûjours du Soleil comme une ligne droite.

Mais la terre qui est dans le plan de l'écliptique n'est dans le plan de ces cercles que quand l'intersection commune de l'écliptique & de l'orbite de Jupiter passe par le centre de la terre; ce qui arrive quand le Soleil est vû dans les nœuds de Jupiter. Dans nos premières Tables nous empruntâmes ces nœuds des Tables Rudolphines & des Lansbergiennes, qui les mettoient au cinquième degré & demi du Cancer & du Capricorne. Mais nous avons depuis vérifié par un grand nombre d'observations, que ces nœuds sont plus avancez de plus de trois degrés, & qu'ils sont assez près des lieux où ils sont placez dans les tables Philolaiques & dans celles du P. Riccioli; de sorte que le Soleil arrive à ces nœuds vers la fin des mois de Juin & de Décembre, qui est le temps que ces cercles vûs de la terre paroissent dans le globe de Jupiter & dans les orbes de ces satellites comme une ligne droite.

Aux autres temps de l'année la terre est élevée sur le plan de l'orbite de Jupiter, & sa plus grande élévation arrive lors que le Soleil est vû de la terre dans les limites de la plus grande latitude de Jupiter, vers le neuvième degré d'Aries & de Libra, sur la fin de Mars & de Septembre.

C'est pourquoy les cercles faits par l'orbite de Jupiter dans son globe & dans les orbes des satellites, nous paroissent ordinairement comme des ellipses, dont le plus petit diamètre est celuy qui représente le diamètre de ces cercles le plus oblique à nostre rayon visuel, & le plus grand

diamètre coupe le plus petit en deux parties égales & à angles droits. Ces ellipses se forment quand le Soleil quitte les nœuds de Jupiter, & elles se dilatent à mesure qu'il s'en éloigne; de sorte que leur plus grande largeur arrive quand le Soleil est près des limites des plus grandes latitudes de Jupiter à la fin de Mars & de Septembre, auquel temps la terre est plus élevée sur l'orbite de Jupiter: & la largeur de ces ellipses diminuë ensuite jusqu'au retour du Soleil au nœud opposé.

L'élévation de l'œil sur l'orbite de Jupiter est vûë du Soleil & de Jupiter par des angles dont la proportion, ou celle de leurs sinus, est la mesme que celle des distances réciproques de Jupiter à la terre, & du Soleil à la terre: c'est-à-dire, que l'angle de l'élévation de l'œil vûë du Soleil est à l'angle de l'élévation de l'œil vûë de Jupiter, ou plutôt le sinus de l'un au sinus de l'autre, comme la distance de Jupiter à la terre est à la distance du Soleil à la terre. Les rayons qui font cet angle à Jupiter se croisant à son centre, comprennent dans sa surface deux arcs d'un grand cercle, l'un dans la partie inférieure, & l'autre dans la partie supérieure, la somme desquels est représentée par le plus petit diamètre de l'ellipse décrite dans le disque apparent de Jupiter par son orbite. Ces rayons font la mesme chose à l'égard de l'orbe de chaque satelite; de sorte que sçachant l'angle de l'élévation de l'œil vûë de Jupiter, on sçait les deux arcs des grands cercles de ces orbes representez par le plus petit diamètre de l'ellipse, lequel augmente & diminuë à proportion de ces arcs.

Si la proportion de la distance de Jupiter & de la terre à la distance du Soleil & de la terre estoit toujourns la mesme, les plus petits diamètres des ellipses du mesme satelite en divers temps seroient comme les élévations de l'œil vûës du Soleil: mais parce que la proportion de ces distances change, les plus petits diamètres des ellipses sont en raison composée de la raison des élévations de l'œil vûës du Soleil, & de celle des distances de Jupiter à la terre, & du Soleil à la terre.

Cette proportion des distances change non seulement par le mouvement annuel du Soleil, qui est excentrique à la terre, mais beaucoup plus par le retour du Soleil à Jupiter, qui se fait à peu près en treize mois; les distances de Jupiter à la terre dans ses conjonctions avec le Soleil estant plus grandes que dans les oppositions, presque de la moitié de celle des oppositions: & elle varie aussi par le mouvement périodique de Jupiter de douze années, qui est excentrique au Soleil.

C'est pourquoy le plus petit diamètre de l'ellipse & l'arc qu'il représente dans l'orbe d'un satelite ont quatre périodes de variations, dont la première, qui est la plus sensible, dépend du retour du Soleil au nœud de Jupiter; la seconde dépend du retour du Soleil à Jupiter; la troisième du retour de Jupiter à son apogée périodique ou aphélie; la quatrième, qui est la moins sensible de toutes, est celle du retour du Soleil

à son apogée. La période du retour de Jupiter à son nœud, qui est à peu près égale à celle de son retour à son apogée périodique, règle les différens changemens de ces ellipses, qui se font d'une année à l'autre. Les nœuds de Jupiter sont à peu près aux mesmes lieux où est Jupiter à ses moyennes distances du Soleil, comme il paroist par les théories modernes. Le terme de la plus grande latitude australe de Jupiter est presque dans son apogée périodique ou aphélie: le terme de sa plus grande latitude boréale est à son périégée périodique ou perihélie: & ces deux termes sont près des lieux des moyennes distances du Soleil à la terre.

En l'année que Jupiter est à un de ses nœuds en Cancer ou en Capricorne, nostre œil est dans l'orbite de Jupiter au temps de la conjonction & de l'opposition de Jupiter au Soleil; & les plus grandes élévations de l'œil sur l'orbite de Jupiter arrivent près des quadratures de Jupiter avec le Soleil, lors que Jupiter & le Soleil sont à leurs moyennes distances de la terre, qui sont entr'elles à peu près comme 5. à 1. ou comme 52. à 10. ainsi l'élévation de l'œil vûë du Soleil estant supposée d'un degré vingt minutes, elle ne sera qu'un peu plus de quinze minutes estant vûë de Jupiter; & la largeur de l'ellipse occupera dans le globe de Jupiter & dans l'orbe de chaque satellite presque trente-une minutes de la circonférence d'un grand cercle, & à égales distances de la conjonction & de l'opposition de Jupiter au Soleil dans les demicercles opposez elle sera presque égale.

Mais en l'année que Jupiter est à son terme boréal en Libra où est son apogée, la plus grande élévation de l'œil arrive quand le Soleil est en Aries dans l'opposition de Jupiter au Soleil: alors la distance de Jupiter à la terre est à la distance du Soleil à la terre, comme 45. à 10. & l'élévation de l'œil vûë du Soleil estant aussi d'un degré vingt minutes, celle qui sera vûë de Jupiter sera presque de dix-huit minutes: & dans la conjonction avec Jupiter, le Soleil estant en Libra, la distance de Jupiter à la terre sera à celle du Soleil à la terre à peu près comme 65. à 10. & la mesme élévation de l'œil vûë du Soleil ne sera vûë de Jupiter que de douze minutes.

Au contraire, en l'année que Jupiter est à son terme austral en Aries où est son périégée, le Soleil luy estant opposé en Libra, la distance de Jupiter à la terre sera à la distance du Soleil à la terre comme 4. à 1. & l'élévation de l'œil vûë du Soleil estant d'un degré vingt minutes, elle sera vûë de Jupiter de vingt minutes: & le Soleil estant joint à Jupiter en Aries, la distance de Jupiter à la terre sera à celle du Soleil à la terre comme 6. à 1. & la mesme élévation de l'œil vûë du Soleil sera vûë de Jupiter à peu près de dix-sept minutes.

Il paroist donc que les ellipses qui représentent la section de l'orbite de Jupiter dans le globe mesme de Jupiter & dans les orbes de ses satel-

lites, ont une période réglée de transformation de six en six mois : que leurs largeurs augmentent aux mois de Janvier, Février & Mars, & diminuent en Avril, May & Juin ; & qu'elles augmentent de nouveau en Juillet, Aoust & Septembre, & diminuent en Octobre, Novembre & Décembre.

Mais comme le nœud austral de Jupiter est près du neuvième degré du Capricorne où le Soleil se trouve à la fin de l'année, l'élévation de l'œil sur le plan de l'orbite de Jupiter est du côté du Midi dans les six premiers mois de l'année, & la partie supérieure des ellipses faites par l'orbite de Jupiter dans Jupiter même & dans les orbes de ses satellites, décline du centre apparent de Jupiter vers le Midi ; & la partie inférieure des mêmes ellipses décline vers le Septentrion. Au contraire, les six derniers mois de l'année l'élévation de l'œil sur le plan de l'orbite de Jupiter est du côté du Septentrion ; les parties supérieures des ellipses, à l'égard du centre de Jupiter, sont septentrionales ; & les parties inférieures sont méridionales.

Dans les éclipses centrales que les satellites de Jupiter font à Jupiter même par leurs ombres terminées dans son disque, il est manifeste que tant les satellites, que leurs ombres, sont dans la ligne droite qui va du centre du Soleil au centre de Jupiter, & que par conséquent les centres de l'ombre se rencontrent dans la section de l'orbite de Jupiter avec la surface de son globe.

Et parce que cette section vûë de la terre paroît à la fin de Juin & de Décembre comme une ligne droite qui passe par le centre du Soleil, si quelque éclipse centrale de Jupiter par les satellites pouvoit arriver à la fin de ces deux mois dans l'opposition de Jupiter avec le Soleil, on verroit de la terre que l'ombre passeroit par le centre de Jupiter : mais si Jupiter estoit éloigné de son opposition avec le Soleil, on ne verroit pas l'ombre passer par le centre de Jupiter dans l'éclipse qui seroit centrale à l'égard du Soleil, à moins que le cercle du mouvement du satellite ne fust couché sur l'orbite de Jupiter : car hors des oppositions l'ombre ne seroit pas vûë de la terre au milieu du disque de Jupiter au même temps qu'elle y seroit vûë du Soleil ; mais elle paroîtroit à côté éloignée par un arc d'un grand cercle de Jupiter qui mesure l'angle de la parallaxe annuelle de Jupiter ; & un cercle du satellite déclinant de l'orbite de Jupiter porteroit le centre de l'ombre au côté du centre de Jupiter. Aux autres temps de l'année s'il arrive une éclipse centrale de Jupiter faite par ses satellites, l'ombre du satellite vûë de la terre au milieu de l'éclipse vûë du Soleil tombera en quelque point de l'ellipse qui représente la section de l'orbite de Jupiter ; & dans l'opposition de Jupiter au Soleil elle sera à l'extrémité du plus petit diamètre de l'ellipse, & ne passera point par le centre. Hors des oppositions de Jupiter avec le Soleil, au milieu de l'éclipse l'ombre du satellite sera éloignée du plus petit
diamètre

diamètre de l'ellipse par l'arc d'un grand cercle de Jupiter qui mesure la parallaxe annuelle, & elle ne passera pas par le centre apparent de Jupiter, à moins que le cercle du satellite qui la fait, n'ait une telle déclinaison de l'orbite de Jupiter, qu'à l'instant que le milieu de l'éclipse sera vû de la terre (ce qui arrivera quelquefois avant que le milieu de l'éclipse soit vû du Soleil, & quelquefois après) la latitude de l'ombre vûë du Soleil récompense la distance de l'extrémité du plus petit diamètre de l'ellipse au centre de Jupiter vû de la terre.

Aux éclipses centrales des satellites dans l'ombre de Jupiter, le centre de l'ombre considérée sur la surface concave de l'orbe de chaque satellite est dans l'ellipse qui représente l'orbite de Jupiter dans l'orbe de ce satellite. Cette ellipse excède d'autant plus celle que nous avons considérée dans le disque de Jupiter, que le diamètre de l'orbe du satellite excède le diamètre de Jupiter : c'est pourquoy le centre de l'ombre de Jupiter dans l'orbe du satellite dans ses éclipses centrales estant vûë de la terre, paroistra éloigné du centre apparent de Jupiter beaucoup plus que le centre de son ombre n'en paroist éloigné dans les éclipses centrales que ce mesme satellite fait à Jupiter, suivant la mesme proportion du diamètre de l'orbe du satellite au diamètre de Jupiter ; laquelle proportion dans le quatrième satellite est à peu près comme 25. à 1. ainsi si l'on néglige cette distance dans les éclipses des satellites, on se trompera beaucoup plus que si on la néglige dans les éclipses que les satellites font à Jupiter. Delà on peut voir combien peuvent s'estre trompez ceux qui ont supposé qu'un satellite estoit dans l'orbite de Jupiter lors que son mouvement apparent estoit dirigé vers le centre apparent de Jupiter ; ce centre n'estant jamais moins éloigné du centre de l'ombre que de toute la latitude apparente qui répond au plus petit demi-diamètre de l'ellipse qui représente l'orbite de Jupiter dans l'orbe du mesme satellite.

V I I.

Méthode de déterminer si les cercles du mouvement propre des Satellites déclinent de l'orbite de Jupiter.

M Borelli a crû qu'il falloit choisir des observations nouvelles faites avec un soin & une exactitude particulière, pour examiner si les cercles du mouvement des satellites de Jupiter sont dans un mesme plan, jugeant que celles qui avoient esté faites jusqu'alors, n'estoient ni certaines ni suffisantes pour cét effet. Mais les observations qu'il employe font voir que son intention n'estoit que de montrer que ces cercles ne sont pas tous sur le plan de l'orbite de Jupiter. Car il choisit deux observations, dans lesquelles deux ou trois satellites luy ont paru tous disposez à peu près dans une mesme ligne droite avec le cen-

G

tre de Jupiter en des temps qu'il suppose que les satellites n'estoient pas disposez véritablement dans une ligne droite avec ce centre, mais plutôt dans un triangle ou dans un trapeze, & que le rayon visuel estoit élevé sur l'orbite ou l'écliptique de Jupiter, de sorte qu'il auroit fallu que l'œil ainsi élevé eust vû ces satellites former un triangle ou un trapeze, & non pas une ligne droite. Mais cela prouve tout au plus que ces satellites n'estoient pas en ce temps-là tous dans le plan de l'orbite de Jupiter, autant qu'on en pouvoit juger par l'estimation de la ligne droite dans laquelle il dit que les satellites se trouvoient à peu près; & ne prouve point qu'ils ne fussent pas tous dans quelque autre plan: Au contraire, il est certain que si deux ou trois satellites paroissent en une mesme ligne droite avec le centre de Jupiter, ils estoient tous dans un mesme plan qui passoit par l'œil de l'observateur.

Outre que l'on suppose dans cette méthode la connoissance de la véritable situation des satellites, & que l'élévation de l'œil estoit assez grande pour pouvoir remarquer en quelque manière la figure que les satellites forment avec le centre de Jupiter, & la distinguer d'une ligne estimée à peu près droite; l'occasion favorable de pratiquer cette méthode est rare, ne se rencontrant peut-estre que de six en six années, & on ne prévoit pas aisément quand elle doit arriver. Mais on n'a pas besoin d'observations si rares ni si recherchées pour appercevoir non seulement que tous les cercles des satellites ne sont pas sur le plan de l'orbite de Jupiter, mais qu'il n'y en a pas un seul qui y soit: car ce que nous avons dit des apparences que les sections des orbes des satellites par l'orbite de Jupiter font à la terre, estant comparé avec les observations journalières des satellites, suffit pour faire connoître en tout temps à chaque observateur que le mouvement propre des satellites ne se fait pas sur le plan de l'orbite de Jupiter.

Si cette hypothese estoit véritable, on verroit premièrement les satellites toujours dans une mesme ligne droite lors que le Soleil arrive aux nœuds de Jupiter à la fin de Juin & de Décembre; parce que, comme nous avons dit, nostre œil est alors dans le plan de cette orbite, qui est représentée comme un grand cercle dont la projection est une ligne droite. Mais les observations montrent que cela n'arrive pas, les cercles des satellites estant représentés par des ellipses aussi-bien dans ces mois de l'année qu'en tous les autres.

Secondement, les plus grandes latitudes synodiques arriveroient aux satellites lors que le Soleil est environ à 90. degrez de distance de ces nœuds vers la fin de Septembre & de Mars; parce qu'alors la terre est plus que jamais élevée sur le plan de l'orbite de Jupiter, & le seroit par conséquent aussi sur l'orbite des satellites, le rayon visuel qui va au centre de Jupiter, d'où il faudroit prendre les latitudes des satellites, déclinant plus de cette orbite en ce temps qu'en d'autres.

Troisièmement, les plus grandes latitudes synodiques des satellites de Jupiter ne formeroient jamais dans leurs orbites un angle plus grand que de vingt ou vingt-une minutes; ce qui n'est que la sixième ou septième partie de ce que le demidiamètre de Jupiter occupe dans l'orbite du quatrième satellite le plus éloigné.

Enfin tous les satellites en chaque révolution entreroient dans l'ombre dans la partie supérieure de leurs cercles, & feroient ombre à Jupiter dans la partie inférieure; & leurs éclipses dans l'ombre seroient toujours centrales, parce que marchant sur le plan de l'orbite de Jupiter où est le centre de cette planète & celui du Soleil, le satellite passeroit toujours par le centre de l'ombre, & l'ombre qu'un satellite feroit à Jupiter étant vûe de la terre ne passeroit jamais plus loin du centre apparent de Jupiter que de vingt minutes prises dans un grand cercle de la surface de Jupiter; & dans les conjonctions apparentes les satellites ne passeroient jamais éloignés du centre apparent de Jupiter de plus de vingt une minutes prises dans l'orbite de chaque satellite, qui ne font pas la sixième partie de l'espace que le diamètre du quatrième satellite occupe dans son orbite; c'est pourquoy il rencontreroit toujours Jupiter deux fois en chaque révolution.

Il ne faut donc pas avoir observé pendant un grand nombre d'années les conjonctions & les éclipses des satellites de Jupiter pour estre persuadé par cette méthode sans l'aide d'aucune machine, que cette hypothese est évidemment contraire aux observations constantes des satellites. Car ce n'est pas de six mois en six mois que l'on voit tous les satellites de Jupiter disposez dans une ligne droite qui passe par le centre de Jupiter, mais de six ans en six ans, ou à peu près; & les satellites n'arrivent pas à leur plus grande latitude trois mois après qu'ils ont paru disposez en ligne droite, mais trois ans après; & ces plus grandes latitudes sont sept ou huit fois plus grandes qu'elles ne seroient suivant cette hypothese.

Et bien loin que les éclipses des satellites dans l'ombre de Jupiter, & celles de Jupiter même par l'ombre des satellites, soient toujours centrales & d'une égale durée pour chaque satellite; elles arrivent le plus souvent avec une latitude considérable, & sont si différentes dans leur durée en diverses années de la révolution périodique de Jupiter, que celles du quatrième satellite, qui durent quelquefois plus de cinq heures, diminuent d'année en année jusqu'à ce qu'elles se réduisent à rien, ce satellite ne rencontrant plus l'ombre de Jupiter pendant trois années qu'il demeure vers sa plus grande latitude boréale, & pendant trois autres qu'il est près de sa plus grande latitude australe. On voit aussi que les ombres des satellites ne passent que très-rarement près du centre de Jupiter, & particulièrement celles du troisième & du quatrième, qui même en passent très-souvent fort loin, de sorte que dans

une révolution de douze années l'ombre du quatrième ne rencontre point Jupiter pendant six années; ce que nous avons observé estre régulièrement arrivé pendant trois révolutions que Jupiter a faites depuis l'an 1652. que nous commençames à travailler aux observations des satellites de Jupiter, jusqu'à cette année 1688.

Mais parce qu'il se pourroit faire que les points des plus grandes digressions des satellites de Jupiter où se terminent à peu près leurs latitudes propres prises dans le sens que nous avons expliqué, fussent sur l'orbite de Jupiter comme sont dans l'écliptique les nœuds de la Lune, où se terminent ses latitudes; M. Borelli entreprit d'examiner par les observations si la ligne des plus grandes digressions de ces satellites n'estoit pas sur l'orbite de Jupiter, ou combien elle en déclinait: ce qu'il fit par une méthode dans laquelle il mesle les apparences vûës de la terre avec celles qui seroient vûës du Soleil, & il les considère comme si elles estoient vûës de la terre de la mesme manière que du Soleil, quoy-qu'il soit évident qu'elles en sont vûës d'une manière différente. Il considère un grand cercle qui passe par le centre de Jupiter vû de la terre, & par le septième degré du Cancer & du Capricorne, où sont les nœuds de Jupiter vûs du Soleil; & il suppose que ce grand cercle soit l'orbite ou l'écliptique de Jupiter, & la trace du mouvement propre de cette planète.

Il propose donc un instrument propre pour observer ce cercle; & si tous les satellites se rencontrent dans ce cercle avec le centre de Jupiter, il en infere qu'ils sont tous sur l'orbite de Jupiter sans latitude; mais s'il y en a quelqu'un qui décline de ce cercle, il prend cette déclinaison pour la latitude du satellite.

Il fit un essay de cette méthode le 30. Aoust de l'an 1665. & il luy sembla que le troisième & le quatrième satellite déclinait du cercle qu'il avoit tiré par le centre de Jupiter & par le septième degré du Cancer, un peu plus de deux degrez. Mais ce grand cercle ne représente l'orbite de Jupiter qu'à la fin de Juin & de Décembre, lors que le Soleil, selon ce que nous avons dit, est dans la ligne des nœuds de Jupiter. C'est pour lors que les nœuds sont vûs au mesme lieu du Zodiaque tant de la terre que du Soleil, & que l'orbite de Jupiter est vûë de la terre aussi-bien que du Soleil comme une ligne droite. Aux autres temps de l'année les nœuds de Jupiter vûs de la terre sont éloignés du lieu où ils seroient vûs du Soleil, de toute la parallaxe annuelle qui convient à la distance apparente du Soleil aux nœuds de Jupiter, & à la proportion de la distance du Soleil à la terre à l'égard de la distance que Jupiter auroit s'il estoit à son nœud. Cette parallaxe peut monter à onze ou douze degrez; & à la fin d'Aoust, qui fut le temps de l'observation de M. Borelli, elle est de dix degrez. Il falloit donc avoir égard à cette parallaxe aussi-bien qu'à l'élévation de l'œil sur le plan de l'orbite de
Jupiter,

Jupiter, qui empeschent que cette orbite ne soit vüe de la terre de la mesme maniere qu'elle est vüe du soleil.

Les erreurs que l'on peut faire par ces deux causes furent apperceûes par M. Borelli à la fin de son Ouvrage, où il remarque que le temps le plus propre pour observer les vrayes latitudes des satellites, seroit lors que Jupiter est opposé au soleil sans aucune latitude, si cette occasion n'estoit trop rare. Il est vray que l'orbite de Jupiter est alors représentée à la terre comme une ligne droite, dont on peut déterminer la situation par les hypotheses astronomiques, & observer par quelque instrument si les satellites sont alors dans cette ligne, ou combien ils en déclinent. Mais ne s'estant présenté en ce siecle une opposition du soleil à Jupiter dans ses nœuds, si ce n'est à la fin de Juin de l'an 1652. sans qu'elle puisse retourner avec la mesme précision qu'après 83. années; M. Borelli, au défaut de cette commodité, propose d'observer aussi les latitudes de ces satellites au temps des autres oppositions de Jupiter avec le soleil, qui arrivent ordinairement une fois l'année, & d'ajouster ou oster aux plus grandes inclinaisons que ces satellites auront de l'orbite de Jupiter, la différence qui dépend de sa latitude; jugeant que par ce moyen on pourra avoir dans la suite les lieux des nœuds des satellites, & leurs périodes, pourveû que l'on ait les observations de leurs latitudes faites dans une entiere période de Jupiter, qui est de 12. années, & qu'on les corrige & les limite par les observations faites en plusieurs de ces longues périodes; ce qui seroit l'ouvrage d'un siecle.

Mais il ne parle point de la maniere de distinguer les augmentations & les diminutions des latitudes des satellites causées par la latitude de Jupiter, ni de la maniere de les employer pour pouvoir déterminer par leur moyen les nœuds propres des ces satellites, & leurs plus grandes latitudes. Ce qui seroit d'autant plus difficile, que dans les oppositions de Jupiter avec le soleil éloignées des nœuds de Jupiter, son orbite considérée dans les orbes de ses satellites est représentée comme une ellipse d'une figure variable, selon la diverse distance entre Jupiter & ses nœuds, & selon la variation de l'intervalle entre Jupiter & la terre. C'est pourquoy il seroit plus à propos d'observer ces latitudes dans le passage que le soleil fait deux fois l'année par les nœuds de Jupiter, lors que l'orbite de Jupiter est représentée à la terre comme une ligne droite, à laquelle on pourroit comparer les latitudes des satellites, qui selon les observations évidentes que nous avons alleguées, ne se meuvent point sur l'orbite de Jupiter, mais sur un cercle qui a une déclinaison fort considérable à l'égard de cette orbite.

*Hypothese du Parallelisme des Cercles des Satellites
de Jupiter.*

GALILÉE après avoir observé pendant 13 années les satelletes de Jupiter, avec toute l'attention que meritoit une si belle & si utile découverte qu'il avoit faite le premier, proposa une hypothese de la situation de leurs cercles, qui par sa beauté & simplicité meritoit d'estre préférée à toute autre, si les observations de nostre temps luy estoient aussi favorables que le sembloient estre celles qui ont esté faites jusqu'au milieu de ce siecle. Cette hypothese est proposée dans un livre intitulé, *Il Saggiatore*, en ces termes: *Sono i quattro cerchi de i Pianeti Medicei sempre paralleli al piano de l'ecliptica, è perche noi siamo nell'istesso piano collocati, accade, che qualunque volta Giove non averà latitudine, mà si troverà esso ancora sotto l'ecliptica, i movimenti di esse stelle ci si mostreranno fatti per una stessa linea recta, è le loro congiontioni fatte in qualsivoglia luogo saranno sempre corporali, cioè senza veruna dechinatione. Mà quando il medesimo Giove si troverà fuori del pian de l'ecliptica, accaderà, che se la sua latitudine sarà da esso piano verso settentrione, restando pure li quattro cerchi delle Medicee paralleli all'ecliptica, le parti superiori à noi, che sempre siamo nel piano de l'ecliptica, si representeranno piegar verso austro rispetto all'inferiori, che ci si mostreranno più boreali; ed all'incontro, quando la latitudine di Giove sarà australe, le parti superiori de' medesimi cherchietti ci si mostreranno più settentrionali delle inferiori. Si che le dechinationi delle stelle si vedranno fare il contrario, quando Giove ha la latitudine boreale, di quello che faranno quando Giove sarà australe, cioè nel primo caso si vedranno dechinar verso austro quando saranno nella metà superiore de' loro cerchi, è verso borea nelle inferiori. Ma nell'altro caso dechinaranno per l'opposito, cioè verso borea nelle metà superiori, è verso austro nelle inferiori; è tali dechinationi saranno maggiori ò minori, secondo che la latitudine di Giove sarà maggiore ò minore.*

Il paroist par cét endroit de Galilée, qu'il entend par la moitié supérieure d'un cercle celle qui est plus éloignée de la terre, & par l'inférieure celle qui en est plus proche; & comme ces deux moitez sont séparées par la ligne qui passe par le centre de Jupiter, perpendiculaire à nostre rayon visuel, il paroist aussi que les déclinaisons dont il parle, se prennent du cercle representé par cette ligne allant du costé du midy, & du costé du septentrion. Ces déclinaisons sont celles que nous appellons latitudes propres des satelletes vûës de la terre.

Soit que cette hypothese soit vraye ou qu'elle soit fausse, il est

important d'en considérer les suites, non seulement pour pouvoir examiner si elle s'accorde avec les observations; mais aussi parce qu'elle peut servir de moyen pour trouver la véritable hypothèse, quand même elle ne seroit pas la véritable. Car on peut toujours tirer par le centre de Jupiter & des orbes de ses satellites un cercle parallèle à l'écliptique, qui est le cercle du ciel le plus connu dans l'Astronomie, à cause du mouvement annuel qui se fait sur ce cercle; & on peut considérer les apparences qu'il doit faire en divers temps, selon le mouvement de Jupiter par le zodiaque, & voir si les satellites le suivent ou s'ils s'en éloignent d'un côté ou d'autre, & de combien; ce qui servira à connoître le véritable cercle de chaque satellite, & comment il se rapporte à ce cercle parallèle à l'écliptique.

I. Il est clair qu'un cercle dans les orbes des satellites parallèle à l'écliptique, concourra avec le plan de l'écliptique même, quand Jupiter s'y trouvera: & parce que la terre est dans le plan de l'écliptique, ce cercle sera représenté à la terre comme une ligne droite, ou comme une petite portion de l'écliptique du monde.

II. Il paroît que quand Jupiter sera éloigné de l'écliptique, ce cercle parallèle ne passant point par la terre sera représenté comme une ellipse d'autant plus ou moins ouverte que la latitude de Jupiter sera plus grande ou plus petite. Et parce que les parties supérieures des cercles des satellites sont plus éloignées de la terre que le centre même de Jupiter, étant également éloignées du plan de l'écliptique elles en doivent paroître plus proches, & avoir moins de latitude de la même espèce que le centre même de Jupiter; & à son égard elles doivent avoir une latitude contraire à celle qu'a Jupiter à l'égard de l'écliptique: & au contraire les parties inférieures des mêmes cercles qui sont plus proches de la terre que le centre de Jupiter, étant également éloignées du plan de l'écliptique en doivent paroître plus éloignées, & avoir plus de latitude de la même espèce que le centre de Jupiter, & à son égard avoir une latitude de la même espèce que celle de Jupiter à l'égard de l'écliptique.

III. Il paroît que le plus grand diamètre de cette ellipse, qui représente le cercle des satellites parallèle à l'écliptique, sera celui qui est perpendiculaire à notre rayon visuel, dont les extrémités étant également éloignées de notre œil paroîtront aussi également éloignées de l'écliptique: ce diamètre sera donc parallèle à l'écliptique, & le plus petit diamètre passera par le point le plus proche & par le point le plus éloigné de la terre, & paroîtra perpendiculaire à l'écliptique.

IV. La partie de cette ellipse qui paroîtra la plus proche de l'écliptique, représentera la partie supérieure de ce cercle; & la partie qui en sera la plus éloignée, représentera la partie inférieure du même cercle.

V. Les latitudes synodiques des satellites dans cette hypothese augmenteront & diminuëront à proportion de la latitude de Jupiter. Car la latitude periodique d'un satellite aura toûjours la mesme proportion à la latitude apparente de Jupiter, que le demidiamètre de l'orbe du satellite au demidiamètre du cercle de la revolution que Jupiter fait de douze années.

I X.

Observations qui semblent conformes à l'Hypothese précédente.

NOUS avons examiné toutes les observations anciennes que nous avons pû avoir, pour vérifier si elles s'accordent avec cette hypothese.

Dans cét examen des observations anciennes, il faut premièrement distinguer les satellites qui sont dans la partie supérieure de leur cercle, de ceux qui sont dans l'inférieure. On peut connoître si les satellites sont dans la partie supérieure ou dans l'inférieure de leurs cercles, par la direction de leurs mouvemens. Quand les satellites sont dans la partie supérieure de leurs cercles, leur mouvement se fait d'occident en orient: parce que nous le voyons du mesme costé qu'on le verroit de Jupiter, qui est le centre de ce mouvement; car c'est une règle générale qui s'observe dans toutes les planettes, que leurs mouvemens vûs de leurs centres se font d'occident en orient: mais quand les satellites sont dans la partie inférieure de leurs cercles, nous les voyons du costé opposé à leur centre; c'est pourquoy ce mouvement à nostre égard se fait d'orient en occident. Quand donc on a observé plusieurs fois dans une mesme nuit les distances entre les satellites de Jupiter & Jupiter mesme, on peut voir de quel costé les satellites vont, & par conséquent s'ils sont dans la partie supérieure ou inférieure de leurs cercles.

Nous avons donc choisi les observations qui ont esté réitérées plusieurs fois dans une mesme nuit, pour distinguer de quel costé alloient les satellites observez, & nous avons remarqué quelle estoit l'espece de la latitude de ceux qui alloient du costé d'orient, & quelle estoit celle des satellites qui alloient du costé d'occident.

C'est ainsi que nous avons reconnu que dans les observations que Galilée fit le 20 Janvier 1610 à trois différentes heures, il y avoit deux satellites dans la partie supérieure qui avoient une latitude boreale; un dans la partie inférieure qui avoit une latitude australe, & un qui estoit comme stationnaire.

Mais à l'égard des observations qui n'ont esté faites qu'une fois dans la mesme nuit, nous avons esté obligez de calculer la position
des

des satellites pour ce temps-là par nos Tables, pour distinguer quels estoient ces satellites, & de quel costé ils alloient.

Car ceux qui nous ont donné des observations des configurations des satellites, n'ont pas pris la peine de distinguer un satellite de l'autre. Ils se sont réservés de faire cette distinction à loisir, ou ils ont laissé aux autres le soin de les distinguer. Néanmoins il y a le troisième qui se distingue souvent parmi les autres par sa grandeur, dont il les surpasse; & le quatrième qui se distingue souvent par sa petitesse apparente, & par sa plus grande digression; mais il est difficile de distinguer le premier & le deuxième autrement que par leur mouvement, parce qu'ils sont presque égaux: & la distinction des autres par leurs grandeurs n'est pas toujours certaine, parce que l'apparence de la grandeur d'un mesme satellite est variable, & qu'ils diminuent ordinairement en apparence quand ils sont proches de Jupiter, comme Galilée observa du commencement, & comme nous avons vérifié par nos observations.

C'est ainsi que j'ay reconnu dans l'observation de Galilée du 30 Janvier 1610, que le quatrième satellite qui se distinguoit des autres par sa petitesse, avoit un peu de latitude méridionale, pendant qu'il estoit dans la partie inférieure de son cercle, comme allant d'orient en occident, ainsi qu'il paroist par les observations des jours précédens & suivans; & que le mesme satellite avoit un peu de latitude septentrionale le 8 Février de la mesme année, lors qu'il estoit dans la partie supérieure de son cercle, allant d'occident en orient, comme il paroist aussi par les observations des jours précédens & suivans.

On voit encore par les observations du 1 & du 2 Mars, que ce satellite, qui dans ces observations se distingue aussi des autres par sa petitesse, avoit un peu de latitude méridionale dans la partie inférieure de son cercle, allant d'orient en occident, comme il paroist par le rapport de ces observations: ce qui s'accorde avec l'hypothese de Galilée, Jupiter ayant en ce temps-là sans contredit une latitude australe à l'égard de l'écliptique.

Nous n'avons pas depuis ce temps-là le détail des observations de Galilée; mais il rapporte en général *che quattro mesi intieri, cioè dopo mezzo Febraio à mezzo Giugno del 1611, nel qual tempo la latitudine di Giove fu pochissima ò nulla, la dispositione di esse quattro stelle fu sempre in retta linea in tutte le loro positioni.* Et il ajoute que la latitude de ces quatre étoiles ne parut que deux ans après ses premières observations, quand la latitude boréale de Jupiter estoit considérable, c'est-à-dire, après le commencement de l'année 1612: d'où il infère que Simon Marius, qui dans son livre intitulé *Mundus Jovialis* fait les latitudes des satellites de Jupiter toujours australes dans les demier-

cles supérieurs, & boréales dans les inférieurs, n'avoit vû ces satellites que deux ans après luy.

Galilée supposoit que Jupiter passast par l'écliptique au temps marqué par les Ephémérides de ce temps-là, qui estoient calculées sur les Tables Coperniciennes, lesquelles mettoient ce passage vers le milieu d'Avril de l'année 1611, qui estoit comme le milieu du temps auquel il ne trouvoit point de latitude aux satellites de Jupiter; & il crut que les latitudes des satellites n'estoient sensibles que huit mois après ce passage. Mais il faut remarquer que selon les Tables modernes dressées depuis ce temps-là, auxquelles nos observations s'accordent, Jupiter avoit passé l'écliptique au mois d'Aoust de l'année précédente 1610; & que puis qu'au commencement de May de la mesme année les latitudes des satellites avoient esté encore sensibles à Galilée cinq ou six mois avant le vray passage de Jupiter par l'écliptique, elles auroient dû commencer à estre sensibles à Galilée six mois après le vray passage de Jupiter par l'écliptique; c'est-à-dire au plus tard, au mois de Février 1611, si les latitudes des satellites dépendoient de l'éloignement de Jupiter de l'écliptique: & puis qu'elles n'estoient pas sensibles en ce temps-là ni long-temps après, on peut douter si ces latitudes ne cessèrent que quelque temps après le passage de Jupiter par l'écliptique.

Quoy-qu'il en soit, dans les observations faites par le P. Scheiner aux mois de Mars & d'Avril de l'an 1612, publiées dans ses Lettres sur les taches du soleil, les satellites de Jupiter sont toujours représentés dans une ligne droite parallele à l'écliptique. Mais nous avons vû deux observations faites la nuit entre le 17, & le 18 Février de la mesme année, dans lesquelles il y a deux satellites du costé d'orient, dont l'un va vers l'occident s'approchant de Jupiter dans la partie inférieure de son cercle avec une latitude septentrionale, l'autre va vers l'occident & s'éloigne de Jupiter dans la partie supérieure de son cercle avec une latitude méridionale lors que la latitude de Jupiter estoit septentrionale; ce qui s'accorde avec l'hypothese de Galilée.

Simon Marius rapporte deux observations faites des latitudes des satellites qui estoient méridionales dans les demicercles supérieurs, & septentrionales dans les inférieurs; & il suppose qu'il en doit estre toujours de mesme: ce qu'il n'auroit pas fait s'il eust bien examiné les observations de Galilée de l'an 1610, dans lesquelles on peut voir que les latitudes des satellites dans les mesmes demicercles estoient d'espèce contraire à celles de l'an 1612; pourvû qu'on sçache distinguer les satellites qui sont dans les demicercles supérieurs, de ceux qui sont dans les inférieurs, quand ils sont proches de Jupiter où les latitudes sont plus sensibles. Mais les Tables que Marius dressa ne pouvoient pas bien servir à faire cette distinction: car dans l'époque de 1610 el-

les s'éloignent de plus de 40 degrez de la plupart des observations que Galilée fit du premier satellite de Jupiter, qui est le plus proche, & qui se mesle le plus souvent parmi ceux qui approchent de Jupiter; de sorte qu'on le peut prendre pour l'un d'eux, à moins qu'on n'ait l'époque du mouvement de ce satellite assez juste: & cette erreur augmente toujours, parce que cét Auteur fait le mouvement annuel de ce satellite de 4 degrez plus viste que nous ne le trouvons par nos observations: au contraire il fait le mouvement annuel du troisiéme plus lent de 13 degrez: de sorte que, quand mesme les époques de ces deux satellites auroient esté justes au commencement d'une année, il y auroit eü à la fin de la mesme année une différence de 17 degrez entre les configurations véritables de ces deux satellites, & celles qui estoient représentées par les Tables de Marius: & cette différence augmentant toujours de mesme, en peu d'années elle auroit représenté ces satellites dans les digressions opposées, quand ils auroient esté dans les conjonctions mutuelles du mesme costé.

Ainsi les configurations tirées de ces Tables n'avoient aucune ressemblance aux configurations véritables, lors que Galilée mit en doute si Simon Marius avoit jamais vü ces satellites. On n'en scauroit néanmoins douter, si on examine la méthode dont il dit qu'il s'est servi pour les observer, qui apparemment ne seroit pas tombée dans la pensée d'une personne qu'il ne l'eust pratiquée: les difficultez qui se rencontroient dans la pratique de ces observations y estant fort bien représentées.

Aprés les observations des satellites de Jupiter de l'an 1613, nous n'en avons pas trouvé de plus anciennes, que celles que M. Gassendi fit depuis l'an 1633 jusqu'à l'an 1645.

Pour faire un bon usage de ces observations, il faut préférer aux autres celles dans lesquelles les distances entre Jupiter & ses satellites sont marquées en diamétres de Jupiter, qui font voir que les distances représentées dans les figures imprimées ne sont pas justes, y estant représentées souvent une ou deux fois plus grandes ou plus petites qu'elles ne doivent estre selon le nombre des diamétres de Jupiter que M. Gassendi leur attribué; ce qui fait douter de la justesse des autres figures, auxquelles le nombre de diamétres n'est pas marqué expressément; ces fautes pouvant estre attribuées à l'impression qui fut faite après la mort de l'Auteur, sans que personne ait pris le soin de conferer ces figures avec l'original.

On voit aussi que la direction de la ligne dans laquelle les satellites sont disposez dans la figure, ne s'accorde point à la description qui y est ajoutée; les satellites, que dans la premiere observation du 9 Decembre M. Gassendi dit avoir esté dans une ligne droite avec Jupiter, ne s'y trouvant point dans la figure.

Mais pour ce qui est de la différence entre les latitudes des satellites, nous l'avons trouvée dans les figures comme dans les descriptions; c'est pourquoy nous pouvons supposer qu'elle y est aussi bien marquée, quand il n'en est pas parlé dans la description, & particulièrement quand les satellites sont proches de la conjonction mutuelle en longitude, où la différence de latitude est plus évidente.

Après ces précautions, nous avons trouvé que dans l'observation du 17 Decembre 1633 faite à Digne, le satellite plus occidental éloigné du centre de Jupiter d'un diamètre & un quart, estoit le second satellite qui alloit vers Jupiter, estant par conséquent dans la partie supérieure de son cercle. Il estoit méridional à l'égard du satellite précédent, qui estoit éloigné du centre de Jupiter de trois quarts de son diamètre, & qui alloit aussi vers Jupiter dans la partie supérieure de son cercle. Ces deux satellites estoient ceux qui dans l'observation du 18 estoient les plus proches de Jupiter du costé d'orient; le second, qui estoit le plus occidental, s'estant approché du troisième, à l'égard duquel il estoit encore plus méridional. Si l'on ne consideroit que cette figure, on diroit que la latitude de ce satellite estoit méridionale à l'égard du centre de Jupiter, parce que ce satellite est représenté au-dessous de la ligne tirée par les deux autres qui passe par le centre de Jupiter: mais nous avons sujet de douter que la direction de cette ligne ne soit pas plus conforme à l'observation que celle du 9 Decembre. Ainsi tout ce qu'il y a de certain, est que le second satellite estoit plus méridional que le troisième.

D'ailleurs, les satellites qui sont dans la mesme partie de leurs cercles supérieure ou inférieure, ont ordinairement la mesme espece de latitude septentrionale ou méridionale: & quand deux satellites sont proches de leur conjonction, celuy qui décrit un plus grand cercle autour de Jupiter, a ordinairement une plus grande latitude que l'autre à l'égard du centre de Jupiter. Selon ces deux hypotheses, le second & le troisième satellite, qui par l'observation alloient d'occident en orient, & estoient dans la partie supérieure de leurs cercles, devoient avoir une latitude de la mesme espece; & celle du second, qui fait un plus petit cercle autour de Jupiter, devoit estre plus petite. Mais par l'observation le second estoit plus austral que le troisième; donc sa latitude estoit moins septentrionale, & l'une & l'autre latitude à l'égard du centre de Jupiter devoit estre septentrionale. Si cela estoit ainsi, ce qu'il y a de certain dans ces observations aidé par les hypotheses qui suppléent au defect des figures, s'accorde avec l'hypothese de Galilée, selon laquelle les latitudes des satellites de Jupiter dans les demicercles supérieurs sont septentrionales, quand la latitude de Jupiter est méridionale.

Il est évident que la latitude de Jupiter estoit alors méridionale.

Car

Car selon les observations que M. Gassendi fit le 19 du mesme mois de Décembre à 11 heures du matin, Jupiter se joignit en longitude avec l'étoile fixe dans la constellation des Jumeaux appelée *Propus*, qui selon le Catalogue de Tycho, estoit à 25 degrez, 50 minutes des Jumeaux, avec une latitude australe de 13 minutes. Dans cette conjunction Jupiter fut plus meridional que l'étoile de 5. minutes; c'est pourquoy il eût 18 minutes de latitude australe.

Les Ephémérides d'Argolius calculées sur les Tables de Longomontanus, mettoient Jupiter à 25 degrez, 41 minutes des Jumeaux, avec 19 minutes de latitude meridionale: celles de Kepler le mettoient à 25 degrez, 45 minutes du mesme signe, avec une latitude meridionale de 16 minutes.

Jupiter estoit alors retrograde, & sa latitude meridionale alloit en diminuant. Après sa retrogradation il retourna vers la mesme étoile *Propus*; & selon les observations que M. Gassendi fit à Aix, il s'y joignit en longitude le 12 Avril 1634 vers les 8 heures du matin; de sorte pourtant qu'il estoit plus septentrional de neuf ou dix minutes, & n'avoit plus que trois ou quatre minutes de latitude meridionale.

M. Bulliau fit la mesme observation à Lodun le soir du mesme jour à 8 heures & demie, & jugea que Jupiter avoit déjà passé au-delà de cette étoile environ de trois minutes, & qu'il n'avoit que quatre minutes de latitude meridionale.

Dans les configurations des satellites de Jupiter que M. Gassendi observa en ce temps-là, ils parurent tout disposez presque en une ligne droite avec le centre de Jupiter: ce qui estoit aussi conforme à l'hypothese de Galilée, selon laquelle la latitude des satellites doit estre aussi petite à proportion, que celle de Jupiter.

Laisant à part un grand nombre d'autres observations de M. Gassendi, que nous avons examinées, dans lesquelles les différences des latitudes furent petites ou douteuses, celles qu'il fit entre le 13 & le 27 d'Aoust de l'an 1642 sont considerables, parce que les différences des latitudes de Jupiter à leur rencontre y sont representées quelquefois plus grandes que le diametre de Jupiter: la latitude de Jupiter estoit encore des plus grandes, & elle estoit meridionale. La latitude des satellites estoit aussi meridionale dans les demicercles inferieurs, & septentrionale dans les demicercles superieurs; ce qui sembloit aussi conforme à l'hypothese de Galilée.

Ainsi, parcourant les autres observations de M. Gassendi, qui se terminent à l'année 1645, nous n'avons rien trouvé qui soit évidemment contraire à cette hypothese, & particulièrement dans les circonstances où les différences des latitudes sont si évidentes, qu'il n'est pas vraisemblable qu'on s'y soit trompé dans les figures, par les-

quelles seules après l'année 1634 ces observations sont ordinairement marquées.

M. Hevelius fit aux mesmes années 1642, 1643, & 1644 un grand nombre d'observations rapportées dans sa Selenographie, qui sont conformes aux hypotheses de Galilée, touchant les especes des latitudes dans leurs demicercles superieurs & inferieurs.

Dans ces observations, aussibien que dans celles de Galilée & de Gassendi, il faut distinguer les satellites par leur mouvement tiré de la comparaison des unes avec les autres, sans s'arrester aux caracteres, par lesquels M. Hevelius marque les satellites, n'estant pas toujours les mesmes satellites ceux qui sont marquez par les mesmes caracteres en diverses observations.

Il faut aussi distinguer la situation des satellites dans leurs demicercles superieurs & inferieurs par la direction de leur mouvement sans suivre les preventions de M. Hevelius, & l'on trouvera que dans toutes ces observations les latitudes des satellites estoient septentrionales dans les demicercles superieurs, & meridionales dans les inferieurs, pendant que la latitude de Jupiter estoit meridionale, comme l'hypothese de Galilée le demandoit.

Cela estant, il y a lieu de s'étonner que M. Hevelius dans sa Selenographie, après avoir fait le rapport des observations de ces années, qu'il insera ensuite à la fin de cet ouvrage, donne pour règle générale que les latitudes des satellites sont meridionales, quand les satellites sont plus éloignez de nous; & septentrionales, quand ils en sont plus proches, ainsi que Simon Marius avoit établi.

L'on peut voir par là, que M. Hevelius n'a pas distingué ordinairement un satellite de l'autre, ni leurs demicercles superieurs des inferieurs, puis que la règle qu'il donne est directement opposée à ce que l'on trouve par ses observations immediates. S'il avoit distingué un satellite de l'autre, il n'auroit pas établi que Mercure Jovial, c'est-à-dire, le premier satellite, a toujours plus de latitude que Venus Joviale, qui est le second satellite; & que le second est plus que le troisieme, & le troisieme plus que le quatrieme: ce qui se trouve évidemment contraire à ses propres observations, par lesquelles il paroist que le quatrieme satellite estant proche de Jupiter, a plus de latitude que le troisieme; que le troisieme en a plus que le second, & le second plus que le premier. Et s'il avoit distingué les demicercles superieurs des inferieurs, il n'auroit pas jugé qu'un satellite sortoit de l'ombre de Jupiter quand ils s'éloignoient de Jupiter vers l'occident, ce qui devoit faire connoistre, selon la règle que nous avons indiquée, que le satellite estoit dans la partie inferieure de son cercle, & non pas dans la superieure où s'adresse l'ombre de Jupiter tou-

jours opposée au soleil, qui à l'égard de Jupiter est toujours du costé de la terre où nous sommes.

On peut ajouter aux observations que nous avons examinées le témoignage non seulement de Galilée, mais aussi de Simon Marius, du P. Scheiner, de M^{rs} Gassendi, & Hevelius, & du P. Riccioli, qui assèrent comme une chose constante, que les satellites de Jupiter, lors qu'ils sont dans leurs plus grandes digressions, sont toujours disposez avec le centre de Jupiter dans une ligne droite parallele à l'écliptique; comme il devoit arriver si le plan de leurs cercles estoit parallele au plan de l'écliptique: ainsi cette hypothese sembloit estre aussibien établie qu'aucune autre hypothese astronomique, tant par le grand nombre d'observations sur lesquelles elle sembloit estre fondée, que par l'autorité des plus sçavans Astronomes qui l'avoient établie & confirmée. Elle estoit encore recommandable par son élégance & par sa simplicité, d'autant que toute la variation observée dans les latitudes estoit représentée par une situation des cercles des satellites, aussi permanente dans la révolution de ces cercles avec Jupiter autour du soleil en douze années, que la situation de l'équinoxial de la terre dans sa révolution annuelle, selon l'hypothese Copernicienne; toute cette variation se pouvant ainsi expliquer par les seules règles d'Optique, sans aucun mélange d'autres mouvemens que de ceux qui sont d'ailleurs receûs dans l'Astronomie, & qui ont esté connus par les Anciens.

X.

Observations contraires à l'Hypothese précédente.

CE P E N D A N T, les premières observations de ces satellites que je fis sept ans après les dernières de M. Gassendi, que je viens de rapporter, me firent connoître dans la suite que leurs cercles avoient une déclinaison fort considerable du plan de l'écliptique, & qu'ils les coupoient en deux endroits fort éloignez des intersections de l'orbite de Jupiter avec l'écliptique mesme. D'où je compris combien il est difficile d'établir des hypotheses Astronomiques qui soient aussi propres pour représenter à l'avenir les apparences celestes, qu'elles semblent suffisantes à représenter les passées, quelque grand que soit le nombre des observations sur lesquelles elles sont fondées, & quelque beauté & simplicité que nous trouvions dans ces hypotheses.

J'observay premièrement, que quand Jupiter estant dans l'écliptique, passoit par son nœud descendant qui est dans le Capricorne, ses satellites n'estoient point disposez dans une ligne droite avec le centre de Jupiter; mais qu'ils avoient une latitude considerable, qui es-

toit septentrionale dans les demicercles inférieurs, & méridionale dans les demicercles supérieurs.

Secondement, que 14 ou 15 mois après que Jupiter avoit passé par l'écliptique, ses satellites paroissoient disposez dans une ligne droite avec le centre de Jupiter, non seulement dans leurs plus grandes digressions, mais aussi quand ils estoient proche de Jupiter, & en toutes leurs configurations; ce qui faisoit connoistre que ces satellites estoient alors dans un plan qui passoit par nostre œil.

Troisièmement, que cette ligne droite dans laquelle estoient disposez les satellites dans toutes leurs configurations n'estoit pas parallele à l'écliptique; mais que quand la latitude de Jupiter estoit australe, elle declinoit de l'écliptique vers le septentrion du costé d'orient; au lieu que l'orbite de Jupiter declinoit de l'écliptique vers le midi du mesme costé d'orient.

Quatrièmement, je trouvay que la déclinaison que les cercles des satellites avoient du plan de l'écliptique vers le septentrion, estoit tout au moins aussi grande que la déclinaison contraire de l'orbite de Jupiter vers le midy, & que la déclinaison que ce mesme plan avoit de l'orbite de Jupiter estoit tout au moins double de la déclinaison de la mesme orbite, à l'égard du plan de l'écliptique. Elle paroissoit mesme un peu plus grande que le double; mais j'eus beaucoup de peine à déterminer de combien, cet excès me semblant tantost plus grand, tantost plus petit; soit qu'il fust variable en luy-mesme, ou que cette variation dust estre attribuée en tout ou en partie à la grande difficulté qu'il y avoit de la déterminer exactement.

Cinquièmement, ayant trouvé la méthode de déterminer l'endroit où l'orbite des satellites, qui estoit représentée comme une ligne droite, coupoit l'orbite de Jupiter dans les orbes des satellites, qui estoit représentée en mesme temps comme une ellipse, je trouvay que la ligne de cette intersection estoit parallele à celle qui estant tirée par le centre de la terre, passe à peu près par le milieu des signes d'Aquarius & du Lion.

Et par ce qu'au temps des observations de Galilée, & des autres que nous avons rapportées, cette intersection sembloit concourir à peu près avec la ligne des neuds de Jupiter, & que les cercles des satellites sembloient estre paralleles à l'écliptique; j'entray dans la pensée qu'il se pourroit bien faire, qu'au temps de la découverte de ces satellites, leur cercle eust eû la position décrite par Galilée, & que peu à peu cette situation eust varié de sorte, que par succession de temps ces cercles se fussent inclinez à l'écliptique, & au plan qui luy est parallele: & que l'intersection de ces cercles avec l'orbite de Jupiter, qui pouvoit concourir du commencement avec
l'inter-

l'interfection de cette orbite & de l'écliptique auroit pû depuis ce temps-là s'en estre éloignée, à peu près comme fait l'orbite de la lune, qui coupe quelquefois l'écliptique dans les interfections mesme de l'écliptique avec l'équinoxial, & qui a un mouvement particulier, par lequel ses nœuds s'éloignent de ces interfections d'un mois à l'autre, selon les anciennes découvertes; & comme il arrive aussi à l'angle de son inclinaison à l'écliptique, que les Anciens supposoient estre toujours le mesme, & qui néanmoins est variable selon les découvertes de Tyco-Brahé confirmées par les observations récentes.

X I.

Des Hypotheses du mouvement des nœuds des Satellites de Jupiter.

AYANT trouvé par mes observations les nœuds des satellites de Jupiter avec son orbite vers le milieu d'Aquarius éloignez de plus de 35 degrez des nœuds de Jupiter selon qu'ils sont déterminez par les observations modernes; & ayant observé que les différences des latitudes des satellites, quand Jupiter estoit dans l'écliptique estoient visibles, mesme par de petites lunettes de trois ou quatre pieds, qui me les faisoient appercevoir, quand il n'estoit éloigné que de trois ou quatre degrez des nœuds de ses satellites: je jugeay que si cette distance avoit esté aussi grande au temps des observations de Galilée & des autres, qu'au temps de mes observations, l'effet qu'elle auroit produit dans les latitudes des satellites, auroit pu estre sensible par les observations précédentes faites par des lunettes qui passoient alors pour excellentes.

C'est pourquoy ayant supposé que les nœuds des satellites avec son orbite estoient si proches des nœuds de cette orbite avec l'écliptique au temps de leur première découverte, qu'il fut difficile d'appercevoir la différence que cette distance produisoit dans les latitudes des satellites; j'attribuay aux nœuds des satellites un mouvement selon la suite des signes d'environ un demidegré par année, pour accorder autant qu'il m'estoit possible les observations des autres, qui demandoient que ces nœuds fussent proches des nœuds de Jupiter, avec les miennes faites depuis, qui montroient que les nœuds des satellites estoient fort éloignez de ceux de Jupiter; le devoir d'un Astronome estant de trouver des hypotheses qui accordent les observations anciennes avec les modernes.

J'ébauchay la Table du mouvement des nœuds des satellites qui me parut propre pour cet accord des observations, & je la donnay dans mes premières Ephémérides de l'an 1668, afin qu'on la pust conférer avec les observations.

Depuis ce temps-là, ayant continué les observations des satellites de Jupiter avec une grande assiduité, & particulièrement après avoir eû l'honneur d'estre appellé par ordre du Roy à l'Académie Royale des Sciences, & à son Observatoire Royal; je trouvoy que mes dernières observations comparées avec les premières, ne souffrent point un mouvement des nœuds de ces satellites aussi viste que celuy que j'avois proposé pour accorder mes observations avec celles de Galilée & des autres, ni une si grande variation de déclinaison que seroit celle qui semble résulter de la comparaison de ces observations.

Il n'y avoit point d'apparence que les nœuds des satellites eussent eû un mouvement si viste depuis leur première découverte jusqu'au temps de mes premières observations, & que depuis ce temps-là ce mouvement se fust arresté ou rallenti de sorte que pendant 24 années ces nœuds se fussent toujourns trouvez au mesme lieu à un ou deux degrez prés. Il estoit plus vraysemblable que dans les observations de Galilée & des autres Astronomes faites par des lunettes peu excellentes, quoy qu'elles fussent alors fort estimées, on n'avoit pas apperceû les latitudes que les satellites devoient avoir lors que Jupiter estoit proche de ses nœuds sans latitude sensible; & que cela avoit donné sujet à Galilée & à la pluspart des autres Astronomes de supposer que les nœuds où les latitudes de Jupiter commencent & finissent, fussent les mesmes que ceux où commencent & finissent les latitudes de ces satellites; quoy-que, selon mes observations, il dult y avoir entre les uns & les autres une différence de 35 ou de 36 degrez. Et comme il estoit à propos d'établir des hypotheses qui pussent représenter mes observations, & celles que la postérité feroit avec toutes les précautions nécessaires, plûtost que les observations anciennes, douteuses, & suspectes; je crûs qu'il m'estoit permis de supposer que la situation des nœuds de ces satellites avoit esté à peu prés la mesme au temps de leur première découverte, que pendant tout le temps de mes observations, & de renoncer à ce mouvement des nœuds des satellites, que j'avois proposé pour concilier autant qu'il estoit possible, les observations anciennes avec les miennes.

Après avoir observé encore deux autres fois que les latitudes des satellites estoient tres-sensibles au retour de Jupiter à l'écliptique, j'en donnay avis au public dans le Journal des Sçavans du mois de Septembre de l'an 1676, quand Jupiter ayant quitté depuis six mois son nœud descendant alloit vers le nœud ascendant de ses satellites, où il se devoit trouver après six autres mois, & j'invitay les Astronomes à observer le renversement apparent du systême des satellites, qui se devoit faire en cette occasion, les demicercles supérieurs, qui

depuis six ans estoient tournez du costé du midy, devant se tourner l'année suivante du costé du septentrion : ce qui auroit dû arriver l'année précédente selon les hypotheses des autres Astronomes.

Ce phénomène arriva au temps que je l'avois prédit, & les nœuds des satellites parurent par ces observations & par les autres que j'ay faites depuis, entre le 13° & le 15° degré des signes d'Aquarius & du Lion ; de sorte que si nous les supposons au 14° degré de ces signes, toutes les déterminations que j'en ay faites par mes observations de 36 années, s'accordent à un degré près à cette supposition, quoy qu'elles s'éloignent des hypotheses des autres Astronomes de plus de 35 degrez.

Une différence si grande dans les nœuds des satellites ne paroistra pas tout-à-fait étrange, si l'on considere celle qui est entre les Astronomes de ce siècle & ceux du siècle passé touchant les nœuds de Jupiter, qui ne sont pas si difficiles à déterminer que ceux de ses satellites. Cette différence qui monte jusqu'à 23 degrez, fait connoître combien il est difficile de déterminer, à quelques degrez près, les nœuds des planettes sur les observations faites par divers Astronomes.

Celles mesme qui sont faites par un mesme Astronome ne donnent point les nœuds dans le mesme degré, comme l'on peut voir par la recherche qui en a esté faite avec beaucoup de soin par M. Boulliaud dans son Astronomie Philolaïque, où ayant rapporté plusieurs observations de Jupiter, qu'il avoit faites en divers temps par la lunette, il trouve que par le rapport de trois de ces observations, le nœud boréal de Jupiter tombe au 10° degré, 5 minutes, du signe du Cancer. Ensuite, après avoir établi l'inclinaison de l'orbite de Jupiter, il trouve qu'une de ces observations montre le nœud au 10° degré, 52 minutes ; qu'une autre le montre au 15° degré, 44 minutes ; & qu'un autre enfin le montre au 15° degré du mesme signe. Il le suppose pourtant au 8° degré, 52 minutes ; ce qui s'accorde, à quelques minutes près, avec le lieu où j'ay trouvé ces nœuds par quelques-unes de mes dernières observations qui m'ont obligé dans mes dernières Tables de m'éloigner de trois degrez des hypotheses de Kepler & de Lansberge, que j'avois suivies dans les premières.

Au reste, puis qu'il est si difficile de déterminer les nœuds des planettes principales à un degré près, il seroit inutile d'entreprendre de déterminer les minutes des nœuds des satellites ; c'est pourquoy il nous doit suffire d'en avoir déterminé le degré. Car il faut remarquer qu'un degré de distance entre Jupiter & les nœuds de ses satellites ne produit que 3 minutes de latitude synodique, & que 3 minutes dans le cercle du quatriéme qui est le plus grand cercle que les quatre satellites décrivent, ne paroissent pas à la terre plus grands qu'une seconde ; ce qui est une différence extrêmement difficile à déterminer.

Dans les cercles des trois autres satellites cette différence paroît encore plus petite à proportion de leurs diamètres, celui du premier cercle n'estant pas égal à la quatrième partie du diamètre du quatrième. C'est pourquoy il est extrêmement difficile de déterminer si les quatre satellites ont les mesmes nœuds, ou si les nœuds des uns ne sont pas éloignez de quelque degré des nœuds des autres.

Nous avons néanmoins vû quelquefois tous les quatre satellites se rencontrer ensemble dans l'espace de 15 jours, sans qu'il parust entre eux aucune latitude dans le temps de la conjonction; mais quand l'un se séparoit de l'autre, le quatrième & le troisième sembloient avoir un peu de latitude à l'égard des autres, dont la latitude pouvoit estre tout-à-fait imperceptible, puis que la somme de toutes les deux latitudes opposées ne se pouvoit distinguer qu'avec une grande difficulté. Ainsi, autant que nous en pouvons juger par cette méthode qui nous paroît la plus évidente, les nœuds des quatre satellites sont ensemble, ou tres-peu éloignez les uns des autres: du moins nous n'avons jusqu'à présent aucun sujet de les séparer, de peur de nous éloigner de leur véritable situation, plutôt en les séparant qu'en les supposant joints ensemble.

Et comme par nos observations faites pendant l'espace de 37 années les nœuds des satellites de Jupiter se rapportent toujours à peu près au milieu des signes d'Aquarius & du Lion, il ne paroît point que ces nœuds ayent un mouvement proportionné à celui des nœuds de la lune, où le cercle de son mouvement coupe l'écliptique; quelque analogie qu'on trouve entre le mouvement des satellites autour de Jupiter sur des cercles transportez par Jupiter autour du soleil en 12 années, qui est une année de Jupiter, & le mouvement de la lune autour de la terre sur un cercle transporté autour du soleil en une de nos années. Car les nœuds de ces satellites vûs de Jupiter ne varient point aussi évidemment d'une révolution autour de Jupiter à l'autre, ni d'une révolution autour du soleil à l'autre, que varient les nœuds de la lune vûs de la terre, qui font 19 degrés en une année contre la suite des signes.

Il semble que la situation des nœuds de Jupiter, de la manière qu'elle seroit vûe de Jupiter mesme, ait plus de rapport à la situation des nœuds des planettes principales, qui font immédiatement leurs révolutions autour du soleil; d'où l'on doute si ces nœuds ne se verroient pas fixes à l'égard des étoiles fixes, comme selon les hypotheses de plusieurs Astronomes anciens & modernes, qui ne leur donnent point d'autre mouvement, que celui qu'on attribue aux étoiles fixes à l'égard des points des équinoxes & des solstices; ou s'ils n'ont point quelque mouvement particulier un peu plus lent, ou un peu plus vifte que celui qu'on attribue aux étoiles fixes, à l'égard des-
quelles

quelles il ne reste aux nœuds de ces planettes principales qu'un mouvement presque imperceptible, partie selon la suite des signes, partie contre cette suite : ce qui est tres-difficile à décider, parce que ce mouvement par lequel les nœuds s'éloignent des étoiles fixes, ne produiroit qu'une différence dans les latitudes, si petite, qu'on la pourroit aussi-bien attribuer à la grande difficulté qu'il y a de la déterminer par les observations, qu'à un mouvement réel.

Comme il n'est point évident que les nœuds des planettes principales changent de situation à l'égard des étoiles fixes, il n'est pas non plus évident que la ligne des nœuds des satellites de Jupiter change de déclinaison à l'égard d'une ligne droite tirée par le centre du soleil qui seroit fixe à l'égard des étoiles fixes. Nous n'avons donc aucun sujet de supposer aucun mouvement sensible de ces nœuds à l'égard de cette ligne : & comme l'on attribue aux étoiles fixes un mouvement à l'égard des points des équinoxes & des solstices, par lequel elles s'avancent vers l'orient d'un degré en 72 ans, que plusieurs Astronomes supposent estre commun aux nœuds des autres planettes principales; rien n'empesche de supposer que cette ligne qui règle la situation des nœuds des satellites, ait la mesme apparence de mouvement, par lequel elle ne se seroit avancée vers l'orient depuis la premiere découverte des satellites qu'un peu plus d'un degré; ce qui n'auroit produit aucun effet sensible dans les latitudes des satellites, qui l'eust pû faire connoître avec assez d'évidence.

Ainsi, pour établir une époque des nœuds des satellites dans l'orbite de Jupiter, qui s'accorde avec nos observations, autant que la difficulté de la chose le peut permettre, nous supposons qu'à la fin de ce siècle leur nœud boréal sera au milieu du signe d'Aquarius.

X I I.

Du mouvement apparent des nœuds des Satellites à l'égard du soleil.

LE centre de Jupiter se trouvera donc dans la ligne des nœuds des satellites quand il passera par le milieu d'Aquarius, ou du Lion : & pour lors un des nœuds des satellites sera vû du soleil dans la partie inférieure de son cercle concourir avec le centre apparent de Jupiter, pendant que l'autre nœud sera dans la partie supérieure ; & les cercles des satellites seront representez au soleil comme une ligne droite qui passera par le centre de Jupiter, & déclinera de son orbite, & les points de sa plus grande déclinaison seront alors l'un dans la digression orientale, l'autre dans l'occidentale.

En cet état les éclipses des satellites dans l'ombre de Jupiter seront centrales, & les éclipses de Jupiter causées par l'ombre de ses satellites seront aussi centrales.

Mais à mesure que Jupiter s'éloignera du milieu d'Aquarius vers l'orient, la ligne des nœuds des satellites transportée par le mouvement de Jupiter demeurant parallèle à celle qui passe par le centre du soleil, le nœud inférieur s'éloignera du centre apparent de Jupiter vers la digression orientale, & le supérieur s'en éloignera vers la digression occidentale. Les points oppozes de la plus grande déclinaison s'éloigneront des points des plus grandes digressions sur deux lignes parallèles à l'orbite de Jupiter, qui à son égard seront comme les deux tropiques à l'égard de l'équinoxial; ainsi le cercle de chaque satellite compris entre ces deux especes de tropiques estant vû du soleil, se transformera en une ellipse étroite, & déclinante de l'orbite de Jupiter, laquelle se dilatera peu à peu, & deviendra moins oblique, jusqu'à ce que Jupiter arrive en la troisième année au milieu des signes du Taureau. Alors les nœuds des satellites seront dans les points des plus grandes digressions, & les points des plus grandes déclinaisons seront au milieu des lignes qui representent les deux tropiques: l'ellipse qui represente l'orbe du satellite sera plus ouverte qu'elle puisse estre, & son plus long diamètre sera couché sur l'orbite de Jupiter. Les latitudes synodiques qui se prennent depuis le centre apparent de Jupiter jusqu'à l'orbite de chaque satellite seront les plus grandes, & leurs éclipses dans l'ombre de Jupiter, & celles de Jupiter causées par l'ombre de ses satellites seront de moindre durée qu'aux autres années. Le quatrième satellite ne s'éclipsera point ni en toute cette année, ni en une grande partie de l'année précédente, & de la suivante. Car il paroist par les observations, que quand il passe le milieu d'Aries & de Libra dans ses conjonctions avec Jupiter, il passe audessus ou audessous de son disque éclairé du soleil sans rencontrer l'ombre de Jupiter.

A mesure que Jupiter s'éloignera du milieu du Taureau ou du Scorpion, les nœuds des satellites vûs du soleil s'éloigneront des points des plus grandes digressions, & se rapprocheront du centre de Jupiter; & au contraire les points des plus grandes déclinaisons s'éloigneront du milieu du disque de Jupiter sur leurs tropiques vers les points des plus grandes digressions qui s'éloigneront de l'orbite de Jupiter. C'est pourquoy les ellipses des satellites se retressiront de sorte, que quand Jupiter approchera du milieu des Jumeaux ou du Sagittaire, le quatrième satellite recommencera de s'éclipser dans l'ombre de Jupiter, & d'éclipser Jupiter par son ombre. La durée des autres éclipses augmentera jusqu'à ce que Jupiter arrive au milieu d'Aquarius ou du Lion, où les nœuds des satellites retournant au centre de Jupiter, leurs ellipses se réduiront à une ligne droite déclinante de l'orbite de Jupiter, & cette ligne passera par son centre.

Ainsi, le nœud ascendant des satellites de Jupiter sera vû du soleil

aller en six années de la conjonction dans la partie supérieure à la digression occidentale, & de cette digression à la conjonction dans la partie inférieure, pendant que le nœud descendant ira de la conjonction dans la partie inférieure à la digression orientale, & delà à la conjonction dans la partie supérieure, & en six années chacun de ces nœuds parcourra l'autre demicercle, & ils feront en 12 années, ou à peu près, une révolution semblable à celle que chaque satellite fait en chacune de ses révolutions; mais en un sens contraire, & sur une ligne différente, qui est l'orbite de Jupiter dans les orbes des satellites représentée au soleil comme une ligne droite qui passe toujours par le centre de Jupiter, au lieu que la ligne des mouvemens de chaque satellite est représentée au soleil comme une ellipse variable d'une révolution du satellite à l'autre.

X I I I.

Du mouvement apparent des nœuds des Satellites à l'égard de la terre.

Les mêmes nœuds des satellites de Jupiter vûs de la terre font aussi une révolution autour de Jupiter en une période de 12 années, pendant laquelle ils vont de la conjonction dans la partie supérieure à la digression occidentale, d'où ils reviennent vers la conjonction dans la partie inférieure & jusques à la digression orientale; & de là ils retournent à la conjonction dans la partie supérieure. L'apparence de ce mouvement des nœuds des satellites se fait sur l'ellipse variable qui représente l'orbite de Jupiter dans les orbes de ses satellites, laquelle se réduit à une ligne droite quand le soleil passe par les nœuds de Jupiter. Les nœuds ont sur cette ligne l'inégalité de mouvement qui répond à celle de Jupiter autour de la terre modifiée par les inégalitez optiques qui dépendent de la distance entre le système des satellites, & la terre, qui est variable par la révolution annuelle & par la révolution periodique de Jupiter.

On sçait que l'inégalité apparente de Jupiter autour de la terre est aussi variable, qu'elle est composée de deux inégalitez principales, dont une dépend de l'excentricité de Jupiter à l'égard du soleil; l'autre dépend du mouvement annuel qui cause la parallaxe annuelle qui est variable par la variation des aspects de Jupiter au soleil, & par celle de la proportion de la distance apparente entre ces deux astres. On sçait aussi que le mélange de ces deux inégalitez dans le mouvement de Jupiter & des autres planettes supérieures cause une apparence de libration à l'égard des points des équinoxes, par laquelle ces planettes sont tantost directes, tantost stationnaires, & tantost retrogrades. Cette libration apparente fait que la mesme planette passe

trois fois en une année par les mesmes degrez, qui sont compris entre les points des deux stations.

Les nœuds des satellites vûs de la terre auront donc sur l'ellipse, qui represente l'orbite de Jupiter, un mouvement variable annuel de direction & de retrogradation à l'égard du centre de Jupiter correspondant à celui de Jupiter vû de la terre à l'égard des points des équinoxes; mais en un sens contraire: & par les régles de la perspective ce mouvement paroitra plus viste, lors que les nœuds seront près des conjonctions, que quand ils seront près des digressions.

Et particulièrement en l'année que Jupiter passera par les signes d'Aquarius & du Lion, dans le semestre de l'opposition de Jupiter avec le soleil, le balancement des nœuds se fera audeça & audelà du centre apparent de Jupiter, avec lequel ils pourront se joindre jusqu'à trois fois dans une mesme année.

Si l'orbite de Jupiter, sur laquelle sont les nœuds des satellites, se voyoit passer toûjours par le centre de Jupiter, ou si la ligne des satelites estoit perpendiculaire à l'orbite de Jupiter, cette ligne passeroit par le centre de Jupiter au temps mesme des conjonctions de leurs nœuds avec Jupiter vûs de la terre.

Mais la ligne des satellites est inclinée à l'orbite de Jupiter, qui estant vûe de la terre, ne passe par le centre de Jupiter qu'au jour que le soleil passe par les nœuds de Jupiter mesme. Ce fera donc en cette occasion seule, que la ligne des satellites passera exactement par le centre de Jupiter au temps de la conjonction de leurs nœuds avec Jupiter vû de la terre, ce qui ne se rencontre assez exactement que de 83 en 83 années.

Aux autres années que Jupiter vû de la terre retourne à un des nœuds des satellites de Jupiter, quand le soleil ne passe point en mesme temps par un des nœuds de Jupiter, l'orbite de Jupiter dans les orbes des satellites estant alors representée par une ellipse presque concentrique à Jupiter, la ligne des satellites qui la coupe obliquement loin du centre de Jupiter, ne passera pas alors par le centre mesme, mais elle y passera quelque temps avant que Jupiter arrive au nœud de ses satellites, ou quelque temps après. Car il faudra qu'il soit éloigné de ces nœuds à une telle distance, que la latitude qui convient à cette distance & à l'inclinaison des cercles des satellites à l'égard de l'orbite de Jupiter, soit égale au plus petit demidiamètre de l'ellipse qui represente l'orbite de Jupiter dans les orbes des satellites. Ce demidiamètre de l'ellipse est plus grand lors que le soleil est plus éloigné des nœuds de Jupiter, comme il l'est à la fin de Mars & au commencement d'Octobre, qu'aux autres temps de l'année, & quand Jupiter est plus près de son perigée que quand il en est plus éloigné, & quand il est plus près des oppositions avec le soleil, que des conjonctions. Ces circonstances font varier diversement la distance entre le centre

tre

tre de Jupiter & les nœuds de ses satellites, lorsque les cercles sont représentés à la terre en forme de ligne droite. Suivant nostre calcul cette distance peut monter presque à sept degrez, que Jupiter ne fait qu'en plusieurs mois.

XIV.

Des plus grandes digressions des satellites de Jupiter.

JE donnay dans mes Tables de 1668. les digressions apparentes des satellites de Jupiter, de la maniere que je les avois déterminées par les observations de l'année 1665, & j'invitay en mesme temps les Astronomes à observer leur variation; car je les avois trouvées en d'autres temps un peu différentes, & le plus souvent un peu plus grandes. Il arrive necessairement à ces digressions une diversité apparente par la variation de la distance de Jupiter à la terre, qui fait que les mesmes distances exposées directement à nostre vûe paroissent plus grandes lorsque Jupiter est plus proche, & plus petites lorsqu'il est plus éloigné, quand nous les mesurons par minutes & secondes; mais outre cette variation apparente il y en a une réelle qu'on peut appercevoir en comparant les distances des satellites au diametre apparent de Jupiter, avec lequel elles ne devroient pas changer sensiblement de proportion par les diverses distances de Jupiter à la terre. Mais elles peuvent changer ou à cause de quelque excentricité des cercles des satellites à l'égard de Jupiter, ou de quelque mouvement réel ou apparent de leur apogée, ou de quelque variation du diametre de leurs cercles, semblable à celle que divers Astronomes ont introduit dans la lune, ou à cause de la figure de Jupiter qui a souvent paru n'estre pas parfaitement ronde, mais sensiblement ovale, dont le plus grand diametre estoit ordinairement selon la ligne des digressions des satellites, & quelquefois un peu oblique; quoy qu'il paroisse aussi quelquefois rond; soit que l'axe de la revolution de Jupiter ne coupe pas le plus grand diametre en deux parties égales, le centre de son équilibre estant peut-estre différent du centre de sa figure, ou par quelques autres causes encore inconnuës.

J'avois mesuré les digressions des satellites de Jupiter en diverses manieres, premierement en les comparant au diametre de Jupiter non seulement à l'estime de l'œil, mais aussi par ces filets placez dans le foyer de la lunete à l'oculaire convexe, qui sont décrits dans les Ephemerides de Malvasia: & par les secondes du temps que les satellites employoient à passer avant & après Jupiter comparées à celles que Jupiter employoit à son passage par le fil perpendiculaire à la ligne du mouvement journalier vers l'Occident; & enfin par le temps que les satellites employoient à passer par le disque de Jupiter

N

comparé au temps de leurs revolutions. Et parce que le temps de ce passage des satellites est variable à cause de leurs latitudes, qui les empêchent de passer toujours par son centre; pour éviter les difficultés causées de cette variation, je prenois le temps du passage des satellites entre deux tangentes du disque de Jupiter perpendiculaires à la bande plus évidente qui paroît toujours dans le disque de Jupiter par les bonnes lunettes de mediocre grandeur, & qui est presque exactement parallele à la ligne des mouvemens apparens des satellites.

Ces diverses manieres ne s'accordant pas exactement ensemble, & la mesme maniere d'observer ne donnant pas toujours les mesmes mesures précises, je ne marquay dans ces Tables que les demi-diametres entiers de Jupiter qui entroient dans la digression du premier satellite, retranchant la fraction qu'il y avoit de surplus, parce que je n'esperois pas de la pouvoir déterminer avec assez de justesse; & dans les autres satellites je garday la proportion de leurs digressions avec celle du premier, autant que je pus faire, ne me servant que de demi-diametres entiers. Mais après la construction de ces premieres Tables, ayant esté attentif aux occasions qui se presentoient de déterminer les digressions des satellites de Jupiter avec plus d'évidence & de subtilité, je me servis de celle qui se presenta l'an 1671. qui estoit le retour des satellites à leur nœud boreal, lorsque dans les conjonctions avec Jupiter ils passoient par le centre de son disque. Alors je déterminay plus facilement le temps que les satellites employoient à parcourir le diametre de Jupiter dans les conjonctions, avec plus d'évidence que quand je mesurois le temps qu'ils employoient à passer entre les tangentes perpendiculaires à la bande principale, qui ne sont pas si sensibles que les bords de Jupiter, qui terminent le diametre parcourru par les satellites. Je déterminay donc en cette occasion

La digression du premier satellite de	5	$\frac{2}{3}$
La digression du second satellite de	9	
La digression du troisieme satellite de	14	$\frac{1}{3}$
La digression du quatrieme satellite de	25	$\frac{1}{3}$

J'ay trouvé neanmoins dans la suite que ces mesures sont encore sujettes à des changemens, qui en certains temps varient sensiblement la durée des éclipses.

XV.

Des moyens mouvemens des Satellites de Jupiter.

J'AY VOIS déterminé les moyens mouvemens des satellites de Jupiter par la comparaïson de mes observations avec les plus anciennes que j'avois pû avoir, qui sont celles que Galilée fit l'an 1610 immédiatement après la premiere découverte de ces satellites, esperant

que le plus grand intervalle de temps auroit servi à les distinguer plus exactement. Mais j'ay depuis esté obligé de les déterminer par mes seules observations de 40 années, ne m'ayant pas esté possible de les accorder avec celles de Galilée comme j'aurois souhaité, à la réserve de celles du quatrième, qui est le seul que Galilee connut du commencement parmi les autres à ses plus grandes digressions. Surquoy ayant donné depuis peu des éclaircissements au P. Richaud Missionnaire à la Chine, qui ont esté publicz par le P. Gouye, & ayant mis ces moyens mouvemens dans les tables, suivant mes dernières corrections, je ne m'étendray pas davantage. J'ajoutéray seulement, que par les mesmes causes j'ay esté obligé de fixer les nœuds des satellites parmi les étoiles fixes, & de m'éloigner de Kepler & de Lansberge dans les nœuds de Jupiter que j'avois suivis dans mes premières Tables, & de me rapprocher de Longomontanus, de M. Bulliau & du P. Riccioli, qui les donnent plus avancez de plusieurs degrez.

XVII.

Des inégalitez du mouvement des Satellites de Jupiter.

QUANT aux inégalitez des mouvemens des satellites de Jupiter, j'avois trouvé avec assez d'évidence que leurs retours à l'ombre de Jupiter ne se font pas en temps presque égaux : ainsi que Galilée, Marius, Hodierna, & Erigone avoient supposé, mais qu'ils ont des inégalitez, dont la plus considerable est celle qui dépend de l'excentricité de Jupiter à l'égard du soleil, qui montant jusqu'à 5 degrez & demi ; & estant tantost additive, tantost subtractive, fait une variation, qui dans les éclipses du premier satellite monte à une heure & demie, dans le quatrième à 12 ou 13 heures, & dans les autres à proportion. Cette inégalité est évitée dans la methode que je donnay de calculer le mouvement apparent des satellites, & leurs éclipses.

Je ne parlay point dans mes premières Tables de l'équation astronomique du temps, dans laquelle les Astronomes modernes ne s'accordant pas, je laissay à chacun la liberté de faire experience de sa propre methode, parce que je n'en trouvois aucune qui estant employée, ne laissast encore d'autres inégalitez dans les retours des satellites à l'ombre de Jupiter. Mais dans ces nouvelles Tables je me suis servi de l'équation astronomique, qui suppose les révolutions du premier mobile égales, & qui consiste dans la difference qui est entre l'ascension droite du soleil, & son moyen mouvement.

Après cette équation il reste encore d'autres inégalitez dans les mouvemens des satellites de Jupiter qui sont différentes en chacun d'eux. Dans la construction de mes premières Tables le mouvement du quatrième satellite me parut plus égal, que celuy de tous les

autres, & le premier satellite me parut approcher de l'égalité du quatrième. Je remarquay que dans le second & le troisième il y avoit des inégalitez plus considerables, & j'avoüay que dans les éphémérides je m'étois servi de certaines équations empiriques qui m'étoient connuës par les observations, sans que j'en eusse encore pû découvrir les causes. Monsieur Romer expliqua très-ingénieusement une de ces inégalitez qu'il avoit observées pendant quelques années dans le premier satellite, par le mouvement successif de la lumiere, qui demande plus de temps à venir de Jupiter à la terre lorsqu'il en est plus éloigné, que quand il en est plus près; mais il n'examina pas si cet hypothese s'accommodoit aux autres satellites qui demanderoient la mesme inégalité de temps. Il m'est arrivé souvent, qu'ayant établi les époques des satellites dans les oppositions avec le soleil, où les inégalitez synodiques doivent cesser, & les ayant comparées ensemble pour avoir le moyen mouvement, lorsque que je calculois sur ces époques & sur ce moyen mouvement les éclipses arrivées près de l'une & de l'autre quadrature de Jupiter avec le soleil, le moyen mouvement calculé aux temps de ces quadratures s'est trouvé differer d'un degré entier, ou un peu plus, du vray mouvement trouvé par les observations immediates; desorte que les satellites dans les quadratures avoient environ un degré d'équation subtractive à l'égard du mouvement établi dans les oppositions, d'où l'on pouvoit inferer que cette équation seroit doublée dans les conjonctions.

J'ay aussi observé quelquefois, que quand Jupiter parcourt le signe du Lion, où est le nœud austral de ses satellites, ils avoient un inégalité subtractive tant dans l'opposition avec le soleil que dans les quadratures: & que quand Jupiter parcouroit le signe d'Aquarius, où est le nœud boreal de ces satellites, ils avoient une inégalité additive, qui montoit presqu'à un degré: mais cela n'estant pas arrivé de mesme en toutes les revolutions de douze années, dont il ne s'est pas encore pû observer un grand nombre, il suffit de l'indiquer presentement, afin qu'on y prenne garde au retour de Jupiter à ces deux signes du Zodiaque.

Après avoir remarqué à la fin des préceptes de mes premieres Tables, que l'inclinaison des cercles des satellites de Jupiter à son orbite, estoit un peu plus grande que le double de l'inclinaison de cette orbite à l'écliptique, j'ay trouvé que cet excès n'est pas toujours le mesme dans une révolution de douze années, mais qu'il est le plus souvent de 15 minutes. C'est pourquoy j'ay enfin établi cette inclinaison des satellites à l'orbite de Jupiter de 2 degrés & 55 minutes, pour représenter avec le plus de justesse la pluspart des éclipses de ces satellites.

T A B U L Æ