
694 MEMOIRES DE MATHEMATIQUE
& la fumée , comme on voit dans la Machine de M.
Dalefme.

NOUVELLE DECOUVERTE
*Des deux Satellites de Saturne les plus proches, faite à
l'Observatoire Royal.*

Par M. CASSINI.

1686.p.

LA variété des objets admirables que l'on a découverts en ce siècle dans le Ciel depuis l'invention de la Lunette , & le grand usage qu'on s'est proposé d'en faire pour la perfection des Sciences naturelles , & des Arts nécessaires au Commerce & à la société des hommes , ont poussé les Astronomes à rechercher avec soin s'il n'y avoit point quelque chose d'extraordinaire qui n'eut point encore été apperçû.

Comme ils ont fait tous leurs efforts pour épuiser ce qui restoit de plus remarquable , il n'ont laissé à découvrir à la posterité que ce qu'il y a de plus caché & de plus difficile. On peut mettre dans ce rang les deux Satellites de Saturne que nous avons découverts depuis peu à l'Observatoire Royal , lesquels joints aux deux autres que nous avions découverts auparavant , & à celui dont nous devons la découverte à M. Huyghens (sans compter les deux anses latérales qu'il a démontrées être les parties d'un anneau qui environnent son globe) font une Cour à Saturne plus nombreuse que celle de Jupiter qui n'a que les quatre Satellites découverts au commencement de ce siècle par Galilée.

Elle égale même celle que Tycho donnoit au Soleil dans son système , & qu'il composoit de toutes les autres Planètes connues aux Anciens , à la réserve de la Lune qui étoit la seule Planète principale qu'il comparoit à cet
Astre ,

Astre , dont toutes les autres n'étoient dans son hypothese que des Satellites.

Difference entre les Satellites & les Planetes principales.

On met dans tous les systêmes au rang des Planetes principales , celles qui font leurs révolutions particulieres autour d'un centre supposé immobile , & l'on range parmi les Satellites celles qui ont leur révolution autour d'une des principales Planetes , & qui la suivent dans le mouvement qu'elle fait autour du centre immobile. On ne faisoit pas expressément cette distinction dans le systême de Ptolomée, où l'on supposoit que toutes les Planetes faisoient leurs révolutions particulieres immédiatement autour de la terre immobile. Néanmoins Venus & Mercure dans cette hypothese pouvoient être considerez en quelque façon comme Satellites du Soleil , parce qu'ils le suivent dans le mouvement annuel qu'il fait autour de la Terre , & ne s'en éloignent qu'à certaine distance de côté & d'autre par le mouvement particulier qu'ils font , l'un en quatre mois , l'autre en dix-neuf. Il ne leur manquoit que de comprendre le Soleil dans les cercles de ces mouvemens , ce que Ptolomée ne leur refutoit pas expressément. D'autres anciens Astronomes suivis de Cicéron & de Marcien Capella le leur accordoient aussi, & cela est approuvé présentement par les Observations faites par la Lunette , du croissant & du décours de ces deux Planetes de la maniere que cette hypothese demande , supposé que ce soient deux Globes opaques & éclairés du Soleil.

Dans le Systême de Copernic , qui met le Soleil immobile au centre du monde , on reconnoît six Planetes pour principales , sçavoir les cinq que Tycho dispose comme lui autour du Soleil , & le globe de la Terre qui est le troisiéme dans l'ordre de la distance au Soleil , & fait autour de lui la révolution annuelle , & l'on considère

la Lune comme Satellite de la Terre , autour de laquelle elle fait sa révolution d'un mois , pendant qu'elle la suit dans la révolution autour du Soleil.

Les Coperniciens ne connoissoient donc avant ce siècle dans toute la nature , qu'un seul Satellite. A présent ils en reconnoissent dix , un de la Terre , quatre de Jupiter , & cinq de Saturne , qui seront dans leur systême autant de Lunes distinguées en autant de classes , qu'il y a de Planetes principales , auxquelles elles appartiennent. Comme notre Lune ne nous paroît plus grande que toutes les Planetes principales , que pour être la plus proche de la Terre , les autres Satellites ne nous paroissent infiniment plus petits que la Lune , que parce qu'ils sont incomparablement plus éloignez de nous.

Utilité des Observations des Satellites.

Cette petitesse apparente , n'est pas néanmoins méprisable , & la connoissance du nombre , de la situation & du mouvement des Satellites , n'est pas moins importante que celle des autres Planetes ; car la vitesse avec laquelle ils achevent leurs révolutions particulières , la grande diversité des configurations , des conjonctions & des Eclipses qu'ils font en peu de temps , enrichissent l'Astronomie d'une infinité d'Observations & de découvertes nouvelles qui sont d'un grand usage dans les Sciences & dans les Arts nécessaires au Commerce & à la Société civile. On sçait assez l'usage que nous faisons présentement à l'Observatoire Royal des Satellites de Jupiter dans l'invention des longitudes , après avoir trouvé & publié dans nos Tables & Ephémérides les regles de leur mouvement , & celles des Eclipses qu'ils font chaque jour , tantôt rencontrant l'ombre de Jupiter , tantôt jettant leur ombre sur son disque , selon nos nouvelles découvertes , tantôt passant devant ou derrière son globe , tantôt se rencontrant ensemble , tous lesquels accidens étant observez en divers

lieux , quelque éloignez qu'ils puissent être , font connoître la différence des Méridiens par la distance des heures que l'on compte , quand ils arrivent dans l'un & l'autre lieu.

Cette excellente méthode de déterminer les longitudes par l'Observation des Satellites , par laquelle on peut perfectionner beaucoup plus la Géographie & la Navigation en peu d'années , qu'on ne feroit par d'autres méthodes en plusieurs siècles , a été premièrement pratiquée dans l'Académie Royale des Sciences sous les auspices de Sa Majesté , qui a envoyé à cet effet des Académiciens & d'autres Astronomes exercer à l'Observatoire Royal , en divers endroits de l'Europe , de l'Afrique & de l'Amérique ; pour faire des Observations qui ont servi à déterminer exactement leurs longitudes , à faire connoître les grandes erreurs de celles qui n'avoient été déterminées que par la supputation de la longueur des voyages , & enfin à donner la manière de les corriger. On ne doit pas moins attendre des Missionnaires que Sa Majesté a envoyez à la Chine avec toutes sortes d'Instrumens Astronomiques , & avec nos nouvelles Tables des Eclipses de ces Satellites , qui sont capables de donner les longitudes même sans correspondance d'Observations faites ailleurs.

Il ne faut pas s'étonner si après les soins que nous avons pris de faire servir à un si grand usage les Satellites qui nous étoient connus par les découvertes de ce siècle , nous avons cherché avec une application extraordinaire , s'il n'y en restoit point d'autres à découvrir ; car quoique les nouvelles découvertes ne puissent pas être sitôt d'un aussi grand usage que les anciennes , le progrès que l'on fait continuellement dans l'Astronomie , feroit espérer qu'elles le feroient avec le temps. Nos recherches n'ont pas été inutiles , en ayant trouvé à l'endroit même qui étoit considéré le plus attentivement des Astronomes , à cause

de la variation admirable des phases de l'Anneau & de Saturne, qui est un ornement tout particulier à cet Astre, & à cause des autres que nous avons déjà découverts. Nous avons déjà tiré de ces nouveaux Satellites, quelque connoissance de grande importance, après avoir travaillé long-temps à les distinguer des autres Etoiles, & entre eux-mêmes, & avoir ébauché les regles de leur mouvement autant qu'il étoit nécessaire pour reconnoître chacun d'eux en particulier dans les Observations qu'on auroit à faire sans danger de confondre les uns avec les autres, & pour perfectionner leur théorie dans la suite du temps. Pour ne pas entrer présentement dans le détail des difficultez que nous avons rencontrées, & de la méthode que nous avons suivie pour les surmonter. Voici ce que nous avons trouvé jusqu'à présent, touchant leur disposition mutuelle, & les périodes de leur mouvement. Nous les nommerons par l'ordre de leur distance à Saturne, appellant premier celui qui en est le plus proche, & second celui qui le suit selon cet ordre, de la manière que nous avons pratiqué dans les Satellites de Jupiter.

Distance & Période du premier Satellite.

Le premier Satellite de Saturne, par les Observations faites jusqu'à présent, ne s'éloigne jamais de son Anneau par son mouvement propre que des deux tiers de la longueur apparente de ce même Anneau que nous prenons pour mesure des distances de ces Satellites, & il fait autour de lui une révolution en un jour 21 heures & 19 minutes. Il fait donc en moins de deux jours deux conjonctions avec Saturne, l'une dans la partie supérieure de son cercle, l'autre dans l'inférieure; & comme l'Anneau occupe la plus grande partie du diamètre du cercle sur lequel ce Satellite fait sa révolution, ces conjonctions sont d'une longue durée à proportion de toute la révolution, mettant 8 heures & demie à passer tout l'Anneau

qui le cache présentement chaque jour pendant tout cet espace de temps, & même d'avantage, parce qu'il est difficile de le distinguer quand il est fort près de l'Anneau. Cela arrive particulièrement en ces deux ou trois années, que l'Anneau se présentant fort obliquement à la Terre, paroît fort étroit, & que le cercle de ce Satellite qui est à peu-près dans le même plan le presse fort, les années suivantes que l'Anneau & les cercles des Satellites seront plus ouverts, il y aura une plus grande distance en largeur entre le Satellite & l'Anneau, & on le pourra voir au-dessus & au-dessous des Anses, ce qui n'est pas arrivé jusqu'à présent.

Ces conjonctions d'une si longue durée s'étant souvent rencontrées à l'heure commode pour observer Saturne, ont empêché autant de fois de voir ce Satellite, & particulièrement quand on n'avoit pas encore trouvé les règles de son mouvement pour pouvoir se préparer à l'observer aux heures éloignées de sa conjonction, & comme une conjonction commence 14 heures après que l'autre est finie, & qu'elle dure 8 heures $\frac{1}{2}$, lorsqu'on se rencontroit à observer après le commencement d'une conjonction, & que l'on continuoit les jours après d'observer à la même heure, il se passoit neuf ou dix jours qu'on ne pouvoit voir du tout ce Satellite par cette seule raison, & si le cours des Observations étoit interrompu par le changement du temps, ou par une autre cause, il se passoit plus de 20 ou 22 jours qu'on ne le voyoit pas une fois, ce qui nous arrivoit immédiatement après sa première découverte, & c'est ce qui l'a rendu incomparablement plus difficile qu'aucune autre qui ait jamais été faite.

Distance & Période du second Satellite.

Le second Satellite de Saturne selon les Observations faites jusqu'à présent, ne s'éloigne de son Anneau que

V u u i i j

des trois quarts de sa longueur , & il fait autour de lui sa révolution en deux jours & 17 heures 43 minutes.

Il se passe peu de jours qu'il ne se joigne à Saturne ou dans la partie supérieure de son cercle , ou dans l'inférieure. Les conjonctions mesurées par le temps qu'il met à parcourir la longueur de l'Anneau , durent 8 heures ; & 25 heures après que l'une finit , l'autre commence. Comme au commencement on ne le distinguoit pas quand il n'étoit pas assez éloigné de l'Anneau avant qu'on eut trouvé les règles de son mouvement pour prévoir le temps propre pour l'observer , il se passoit plusieurs jours qu'on ne le voyoit pas , ensuite on le découvroit un jour du côté d'Orient , l'autre jour du côté d'Occident , & le 3 ou 4^e jour à la même heure , il est de nouveau joint à Saturne , & parce qu'il se passe ainsi plusieurs jours sans qu'on puisse voir à la même heure le premier , il arrivoit souvent que l'on ne pouvoit voir ni l'un ni l'autre , & quand l'un commençoit à paroître , on ne sçavoit lequel des deux c'étoit , l'un & l'autre se voyant alternativement un jour du côté d'Orient , l'autre jour du côté d'Occident.

Cette distinction a été d'autant plus difficile , que la différence de leurs digressions est si petite , que la plupart du temps le second Satellite se trouve dans les termes des digressions du premier , ce qui a aussi rendu difficile la détermination de leurs digressions. Ce n'a été qu'après un très grand nombre d'Observations choisies , que l'on a connu que la plus grande digression du second à l'égard de celle du premier , prenant l'une & l'autre du centre de Saturne , est comme 22 à 17.

*La Regle de proportion entre les distances & les
Temps Périodiques.*

Pendant le temps que le second Satellite met à faire une révolution , celui que le premier employe à faire la sienne , est comme $24\frac{3}{4}$ à 17 , plus grand à proportion.

d'un demi degré de la proportion qui est entre 22 & 17, qui est celle des distances, celle-ci est la même règle de proportion que Kepler observa entre les distances & les périodes des Planètes principales, & que nous avons aussi trouvée entre les autres Satellites de Saturne, à l'occasion des autres découvertes, & vérifiée aussi dans les Satellites de Jupiter. Il n'y a rien qui fasse mieux connaître l'harmonie admirable des systèmes particuliers, dans le grand système du monde.

Nombre des Conjonctions de ces Satellites avec Saturne.

De tous les Satellites, il n'y en a point deux autres qui se tiennent si près de la Planète principale que ces deux Satellites de Saturne, & qui eu égard l'un à l'autre, fassent un si grand nombre de conjonctions avec leur Planète principale dans le même intervalle de temps. Car ils en font en tout 653 en une année, au lieu que les deux premiers Satellites de Jupiter n'en font l'un portant l'autre que 617. Le premier de Saturne achève sa révolution trois heures plus tard que le premier de Jupiter; mais le second de Saturne achève la sienne 9 heures & demie plutôt que le second Satellite de Jupiter.

Les Verres qui ont servi à ces découvertes.

La distance de ces deux Planètes qui est presque immense à proportion de leur grandeur, les auroit tenus encore long-temps cachez, si on ne s'étoit servi pour cet effet de Verres d'une portée extraordinaire. Ils ont premièrement été découverts au mois de Mars 1684, par deux objectifs excellens, de 100 & de 136 pieds, & ensuite par deux autres de 90 & de 70 pieds que M. Campani avoit tous travailléz & envoyez de Rome à l'Observatoire Royal par ordre de Sa Majesté. Après la découverte du 3 & du 5 Satellite que nous avons faite par d'autres de ses Verres de 17 & de 34 pieds. Nous les avons employez

fans tuyau d'une maniere plus simple que celles que l'on a proposées avant & après, dont nous parlerons à une autre occasion, & nous avons vû depuis tous ces Satellites par celle de 34 pieds, & continué de les observer aussi par les Verres de M. Borelli de 40 & de 70 pieds, & par ceux que M. Hartsoëker a nouvellement travaillez de 80, de 155 & de 250 pieds. Il nous a été facile de voir par ces différentes sortes de Verres ces deux Satellites, après avoir trouvé les regles de leur mouvement, qui nous ont fait regarder avec une attention plus particuliere aux lieux où ils doivent être.

Nous avons placé ces grands Verres tantôt sur l'Observatoire, tantôt sur un grand mât, tantôt sur la Tour de bois que Sa Majesté a fait transporter pour cet effet de Marly sur la Terrasse de l'Observatoire. Enfin nous en avons mis dans un tuyau monté sur un support fait en forme d'échelle à trois faces, ce qui a eu le succès que nous en avions eséré.

Après avoir distingué ces deux Satellites des Etoiles fixes des autres Satellites de Saturne & l'un de l'autre, & trouvé les périodes de leur mouvement, nous avons établi des Epoques le plus près des conjonctions que nous avons pû.

Epoques de leurs Mouvemens.

Le premier Satellite fut trouvé à 45 degrez de distance de son perigée allant vers l'Occident, l'onzième de Mars 1686, à 10 heures 40 minutes du soir, & il revint à la même position le 14 Avril à la même heure.

Le second fut à 36 degrez de distance du Perigée vers l'Occident le 30 Mars 1686, à 8 heures du soir.

*Comparaison des Revolutions des Satellites de Saturne
& de Jupiter.*

Nous ne pouvons pas donner dans un seul Journal ce
que .

que nous avons observé sur les autres Satellites , mais nous ne saurions nous empêcher de comparer les périodes des Satellites de Saturne à ceux de Jupiter de la manière qui suit , par laquelle il paroît que les Satellites de Saturne du même rang achevent leurs révolutions en moins de temps que ceux de Jupiter qui leur correspondent , à la réserve du premier , ce que l'on peut voir dans la Table suivante.

Revolutions des Satellites de Jupiter & de Saturne.

	Jours. H. M.
Le premier Satellite de Jupiter en	1 18 29
Le premier Satellite de Saturne	1 21 19
Le second Satellite de Saturne	2 17 43
Le second Satellite de Jupiter	3 13 19
Le troisième Satellite de Saturne	4 12 27
Le troisième Satellite de Jupiter	7 4 0
Le quatrième Satellite de Saturne	15 23 15
Le quatrième Satellite de Jupiter	16 18 5
Le cinquième Satellite de Saturne	79 21 0

C'est de la sorte que les Satellites d'un ordre s'accordent avec les Satellites d'un autre selon leur rang , & cette harmonie admirable des parties de l'Univers, fait voir aux hommes la sagesse infinie qui les a formées. Ainsi l'étude de l'Astronomie sert plus que celle de toutes les autres sciences humaines à nous apprendre la grandeur de Dieu dans ses créatures , & le progrès que l'on fait tous les jours dans l'observation de ces merveilles , justifie de plus en plus ces vérités de la parole divine : *Dies diei eruciat verbum , & nox nocti , indicat scientiam.*

Les anciens Astronomes jaloux de l'honneur de leurs nouvelles découvertes , leur ont donné les noms des plus

704 MEMOIRES DE MATHEMATIQUE
fameux Héros de l'antiquité , & ces noms leur font demeurez jusqu'à cette heure , quelqu'effort qu'on ait fait dans les siècles suivans pour les changer.

Galilée imitant leur exemple , voulut honorer la Maison de Medicis de la découverte des Satellites de Jupiter qu'il avoit faite sous la protection de Cosme II. au commencement de ce siècle , & ces Astres seront toujours connus sous le nom de *Sydera Medicea*.

Les Satellites de Saturne plus élevez encore & plus difficiles à découvrir , ne sont pas indignes de porter le nom de LOUIS LE GRAND , puisqu'ils ont été découverts sous le Regne glorieux de Sa Majesté , & par les secours extraordinaires que sa magnificence fournit aux Astronomes de son Observatoire de Paris. Nous pouvons donc à juste titre les appeller *Sydera Lodoicea* , sans crainte que la posterité nous reproche l'erreur où sont tombez quelques Astronomes sur de pareilles choses sous le Regne précédent , ni que le temps puisse détruire ces monumens illustres de la gloire du Roy , qui seront plus durables encore que les marbres & le bronze que l'on élève aujourd'hui avec tant d'éclat & de justice à l'immortalité de son nom.

LETTRE DE M. CASSINI AU R. P. GOUYE
de la Compagnie de JESUS , sur les Observations de
l'Eclipse de Jupiter par la Lune , faites à Paris & à
Avignon le 10 Avril 1686.

1686. p.

J'Ai comparé avec plaisir l'Observation d'Avignon du R. P. Bonfa que vous avez eu la bonté de me communiquer sur l'Eclipse de Jupiter par la Lune , le 10 du mois d'Avril , avec celle que je fis à l'Observatoire Royal. J'en observai les phases par une Lunette de 21 pieds , pendant que M. Cuffet qui avoit vû lever Jupiter après la Lune ,