

## DU MOUVEMENT

APPARENT

DES PLANETES

*à l'égard de la Terre.*

PAR M. CASSINI.

L'Astronomie ancienne avoit trouvé des méthodes pour représenter assez exactement les longitudes apparentes des Planètes & leurs latitudes. Elle les donnoit calculées jour par jour dans les Ephémérides ordinaires; mais elle n'avoit pas trouvé la manière de représenter la proportion de la véritable distance de diverses Planètes à la Terre. Les premiers Astronomes se servoient de certaines hypothèses que l'on a depuis trouvé en partie évidemment fausses, d'autant qu'ils plaçoient les Planètes sur des orbites à diverses distances de la Terre sans qu'aucune des Planètes supérieures pût jamais approcher de la Terre autant que son inférieure.

Ils voioient qu'une même Planète tantôt augmentoit, tantôt diminuoit en grandeur apparente, ce qu'ils jugeoient dépendre uniquement de sa diverse distance à l'égard de la Terre, & ils inventerent des hypothèses par lesquelles ils représentoient la proportion de la variation de la distance de la même Planète à la Terre en divers tems.

Ils avoient distingué les mouvemens de la même Planète en périodiques & synodiques. Les mouvemens Périodiques des Planètes supérieures étoient représentés par un cercle Excentrique à la Terre, sur la circonférence duquel on mettoit le centre d'un Epicycle mobile du mouvement Périodique; de sorte que le centre de l'Epicycle de Saturne, par exemple, parcourroit son

1709.  
7. Aoust.

Excentrique en trente ans, celui de Jupiter en douze, celui de Mars en près de deux ans, pendant que la Planete parcouroit la circonferance de l'Epicycle par un mouvement Synodique beaucoup plus vite. Ainsi la Planete s'aprochoit & s'éloignoit de la Terre par la composition de ces deux mouvemens. Dans la proportion des distances de diverses Planetes, ils mettoient la Lune la plus proche de la Terre, & déterminoient sa plus grande distance de la Terre par l'observation de sa parallaxe qui est alors un peu moindre d'un degré.

Ayant déterminé par cette maniere la plus grande distance de la Lune à la Terre & considéré que les autres Planetes n'avoient pas une si grande parallaxe, & que leur mouvement étoit plus lent que celui de la Lune, ils jugerent que plus le mouvement d'une Planete est lent à l'égard des autres, & plus elle étoit éloignée de la Terre; & supposèrent que la plus petite distance de la Planete superieure, n'excedoit que très-peu la plus grande distance de son inferieure; ayant calculé dans la même Planete la proportion de la plus petite distance à la plus grande qui résulroit de la composition du mouvement Periodique & Synodique, ils donnoient à l'orbe de la Planete toute l'épaisseur que cette composition demandoit. Par cette maniere ils placerent Mercure immédiatement au-dessus de la Lune; parce que son mouvement propre leur parut plus vite que celui des autres Planetes: ils placerent de même Venus au-dessus de Mercure.

Ils observerent que Mercure & Venus avoient le centre de leur Epicycle sur une ligne, qui étant tirée du centre de la Terre passoit aussi près du centre du Soleil d'où Mercure pouvoit s'éloigner de part & d'autre de près de 28 degrés & Venus de près de 48.

Ils observerent aussi que Mars, Jupiter & Saturne s'éloignoient du Soleil jusqu'à l'opposition; & Ptolemée ne trouva rien de plus raisonnable que de supposer l'orbe du Soleil placé au milieu entre les Planettes qui ne s'en peuvent éloigner qu'à certaine distance, comme sont Mercure

&

& Venus, & celles qui peuvent s'en éloigner à toute sorte de distance qui furent appellées les Planetes superieures. Ils donnoient à Mercure & à Venus un mouvement apparent Périodique sur leur excentrique, peu different du mouvement apparent du Soleil, pendant que ces Planetes parcouroient leurs Epicycles par des mouvemens fort differens entre eux.

Copernic supposa le Soleil fixe & substitua au mouvement annuel du Soleil le mouvement annuel de la Terre. Il disposa aussi autour du Soleil les Excentriques des autres Planetes sur la circonference desquels il faisoit mouvoir le centre d'un Epicycle dont la Planete parcouroit la circonference par un mouvement Periodique. Cet Epicycle avoit pour diametre l'Excentricité que Ptolemée attribuoit aux celes des Planetes.

Kepler réduisit cette hypothèse à une plus grande simplicité; car il substitua aux Excentriques & aux Epicycles, que Copernic avoit attribué aux Planetes, des Ellipses qui representent à peu près les mêmes apparences.

Il plaça donc de même que Copernic le Soleil au centre du Monde, & l'orbe de la Terre entre ceux de Venus & de Mars; & parce qu'on ne voïoit point que la Terre faisant un si grand circuit autour du Soleil; causât aucune parallaxe sensible aux Etoiles fixes, les Astronomes furent obligez de supposer que les Etoiles fixes sont éloignées du Soleil à une distance immense, & qu'à son égard la distance du Soleil à la Terre, n'est que comme un point.

Tychobrahé trouva cette distance des Etoiles fixes au Soleil peu vrai semblable, & supposant de même que Copernic, que les cinq Planetes tournent autour du Soleil, il aima mieux attribuer au Soleil le mouvement annuel autour de la Terre comme les Anciens; de sorte que le Soleil & la Lune tournassent autour de la Terre, qu'il supposât immobile.

Dans cette hypothèse, Saturne, Jupiter, Mars, Venus & Mercure seroient des Satellites du Soleil, au nombre

250 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE  
de cinq, de même que ceux que l'on a découvert depuis  
autour de Saturne.

Pour ce qui est du mouvement des Planetes sur leur  
cercele, Ptolemée avoit donné au cercle du Soleil une ex-  
centricité suffisante pour représenter toute l'inégalité ap-  
parente de son mouvement annuel qu'il supposoit égal sur  
la circonference de l'Excentrique de  $59' 8''$  & quelques  
tierces par jour.

A l'égard des Planetes superieures, il supposoit que le  
mouvement de leur Epicycle sur la circonference de l'Ex-  
centrique étoit inégal plus lent vers l'Apogée que vers le  
Perigée. Il le réduisoit à l'égalité en rapportant le mou-  
vement du centre de l'Epicycle à un point pris dans la  
ligne de son Apogée éloigné du centre de la Terre du  
double de l'excentricité. Car s'il avoit placé le centre de  
l'Excentrique aussi éloigné de la Terre que le centre du  
moïen mouvement, la variation de la grandeur des Epi-  
cycles vûe de la Terre auroit été évidemment trop gran-  
de; ainsi l'excentricité du moïen mouvement étoit divi-  
sée en deux parties égales par le centre de l'excentri-  
que.

Cette division de l'excentricité du moïen mouvement  
en deux parties égales, a été imitée par plusieurs Astro-  
nomes modernes dans la Theorie du Soleil, pour repre-  
senter la variation du diametre apparent du Soleil plus  
petite de la moitié que celle qui répondroit à toute l'Ex-  
centricité.

Ainsi le seul cercle annuel du Soleil suffit pour faire  
la fonction des Excentriques de Venus & de Mercure &  
des Epicycles de Saturne, de Jupiter & de Mars. Comme  
l'on sçavoit déjà la proportion des Excentriques aux Epi-  
cycles de ces cinq Planetes, requise pour représenter les  
inégalitez apparentes de leur mouvement, on connut  
aussi la proportion des cercles de ces cinq Planetes au  
cercle du mouvement annuel du Soleil qui étoit ignoré  
auparavant.

Ayant disposé ces cinq cercles autour du Soleil, ceux

des trois Planetes superieures comprenoient la Terre qui restoit située entre le cercle de Venus & celui de Mars. Le systéme de Thychobrahé reçut aussi une plus grande perfection de quelques Astronomes, qui à l'imitation de Kepler assignerent à ces Planetes des excentricitez à l'égard du Soleil qu'on leur avoit attribué à l'égard de la Terre.

L'on peut donc dans les Systémes de Copernic & de Tycho ainsi perfectionnez, trouver à chaque tems donné la proportion de leur distance à la Terre & de toutes les cinq Planetes entre elles. Mais comme nous sommes dans la Terre nous avons besoin de considerer principalement à chaque tems donné, les distances des Planetes à l'égard de la Terre; car par le moïen de ces distances on peut trouver le tems les plus propres pour les observations & principalement pour chercher leur parallaxe.

Par les essais que l'on a faits jusques à present dans l'Academie, on a trouvé qu'il n'y a que les parallaxes de Venus & de Mars qui soient évidemment sensibles lorsque ces deux Planetes sont plus proches de la Terre; mais alors Venus est ordinairement cachée dans les raïons du Soleil. Il est vrai qu'on la peut distinguer très-souvent à la Lunete quand elle est cachée à la vûe simple, & nous avons aussi par ce moïen tâché de déterminer sa parallaxe, la comparant au Soleil & aux Etoiles fixes éloignées; car il est très-difficile de la comparer par la Lunete aux Etoiles qui en sont fort proche, que l'on ne peut pas apercevoir à la presence du Soleil: Pour ce qui est de Mars, sa moindre distance de la Terre qui arrive dans son opposition avec le Soleil, & particulièrement lorsqu'il est aussi dans son Perihelie, est visible pendant la plus grande partie de la nuit avec les plus petites Etoiles. On en trouve souvent de celles qui en sont très-proches, avec lesquelles il peut être comparé aisément à diverses heures de la même nuit fort éloignées entre-elles. Nous en avons donné plusieurs exemples dans les Livres des Voïages de l'Academie, & nous avons employé la même Méthode

dans le Livre de la Comete de 1680, l'ayant jugé la plus propre pour la recherche des parallaxes des objets célestes qui sont plus éloignés que la Lune. Or les parallaxes de Planetes en chaque tems sont en raison reciproque de leurs distances; ainsi la proportion des distances étant donnée, on a la proportion des parallaxes, & reciproquement; par exemple l'an 1672, la distance de Mars à la Terre, & la distance du Soleil à la Terre étoit comme 2 à 5. La Parallaxe de Mars fut trouvée de 25. secondes, d'où l'on conclut la parallaxe du Soleil de 10 secondes qu'il seroit très difficile de déterminer immédiatement.

La proportion des diametres apparens d'une même Planete en divers tems, se trouve aussi par la proportion des distances qui lui est reciproque. C'est pourquoi si l'on a mesuré le diametre apparent d'une Planete lorsqu'elle est la plus proche de la Terre où elle paroît plus grande, on l'aura aussi dans sa plus grande distance, quand il seroit difficile de le mesurer exactement à cause de sa petitesse apparente.

La description des traces des mouvemens particuliers des Planetes, tant dans l'hypothese de Tycho que dans celle de Copernic réduites à leur perfection, sert donc à trouver les tems plus propres pour observer leur parallaxe; & c'est principalement dans ce dessein que nous avons représenté en diverses Planches les mouvemens de Saturne, de Jupiter, de Mars, du Soleil, de Venus & de Mercure à l'égard de la Terre.

Dans les Planetes de Mercure, de Venus & de Mars, dont nous avons réduit les traces dans la même proportion que l'orbe annuel, on peut aussi déterminer à chaque tems les phases de ces Planetes, par exemple lorsque Venus & Mercure doivent paroître comme la Lune dans ses quartiers. Car alors une ligne droite tirée de la Terre par une de ces Planetes, doit faire un angle droit avec la ligne tirée du centre de ces Planetes au Soleil & de la maniere que l'on observe, qu'il y a quelque correspon-

dance entre le changement des phases de la Lune & celle des marées, l'on pourroit essayer s'il n'y en a point quelque une qui réponde aux diverses phases de ces Planetes.

L'Astronomie ancienne qui n'avoit pas la maniere de déterminer ces phases ni la proportion des distances d'une Planete à l'égard de l'autre, ne pouvoit pas entrer dans cette discussion; ce qui suffit pour faire voir que ceux qui leur ont attribué des effets sur la Terre, n'avoient pas de principes nécessaires pour juger de cette diversité.

Pour ce qui est de Jupiter & de Saturne, la diversité des phases n'est pas sensible à la Terre, parce que les lignes droites tirées du centre du Soleil & du centre de la Terre au centre de ces Planetes, ne font jamais un angle assez grand pour pouvoir distinguer avec évidence l'hémisphere vû du Soleil de celui qui est vû en même tems de la Terre, la difference entre la Phase & le cercle entier étant mesurée par le sinus versé de cet angle qui est peu sensible à cette distance.

A l'égard de la figure décrite par le mouvement des Planetes autour de la Terre. Celle du mouvement annuel du Soleil paroît circulaire. Elle est véritablement Elliptique; mais dans cette grandeur on ne la distingue pas sensiblement du cercle qui circonscrit l'Ellipse. Elle a deux foyers sur la ligne de l'Apogée, qui dans ce siècle est dirigée au 8<sup>e</sup>. degré du Cancer. Un de ces foyers qui est celui du mouvement apparent, concourt avec le centre de la Terre représenté au centre de la figure éloigné du centre de l'Ellipse de la dix-sept milliême partie de son demi-diametre; l'autre foyer est le centre du moïen mouvement éloigné du centre de la Terre du double de l'excentricité simple.

Cette excentricité simple suffit pour représenter la variation annuelle du diametre apparent du Soleil, qui n'est que d'une minute & 5 ou 6 secondes à l'égard du diametre qui est d'environ 32 minutes; mais l'excentricité double est nécessaire pour représenter la variation apparente du mouvement journalier du Soleil, qui dans l'Apogée est

254 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE  
de 57', & dans le Perigée de 61'; la difference est de 4  
minutes, qui a une proportion au mouvement journalier  
moïen double de celle qui convient à la proportion de  
la variation du diametre apparent.

Pour ce qui est des lignes des mouvemens des cinq  
Planetes autour de la Terre, ce sont des Spirales qui ré-  
sultent de la composition du mouvement apparent du So-  
leil autour de la Terre, & du mouvement de la Planete  
sur son Ellipse particuliere, dont l'excentricité qui est di-  
verse en ces differentes Planetes est réglée de la même  
maniere que nous avons dit celle du Soleil, & dont les  
Aphelies sont diriges du Soleil à divers degrez du Zodia-  
que. La proportion du diametre de Ellipses à celui de  
l'Ellipse du Soleil dans l'Astronomie moderne est déter-  
minée dans la Théorie de chacune de ces Planetes.

#### EXPLICATION DES FIGURES.

**L**A premiere Planche represente le mouvement ap-  
parent de Saturne, de Jupiter, de Mars & du Soleil  
à l'égard de la Terre qui est au centre de la Figure. La  
proportion de la distance de ces trois Planetes entr'elles  
& à l'égard de la Terre y est observée.

La Spirale superieure represente le mouvement appa-  
rent de Saturne depuis le 1 Janvier 1708 jusqu'au 1 Jan-  
vier 1737.

La seconde Spirale represente le mouvement apparent  
de Jupiter depuis l'année 1708 jusqu'à l'année 1720, & la  
Spirale inferieure le mouvement apparent de Mars dans  
l'espace de deux années. Le cercle ponctué represente le  
mouvement annuel du Soleil, qui differe peu d'une an-  
née à l'autre.

Ces Spirales sont divisées par des traits qui marquent  
la situation de la Planete pour le premier jour de cha-  
que mois. L'on pourra trouver la situation de chaque  
Planete pour les autres jours, en divisant l'intervalle entre  
chaque mois en parties proportionnelles.

Le cercle extérieur qui enveloppe les Spirales, est divisé en signes & degrez de l'Ecliptique.

L'on voit par cette figure le tems auquel ces Planetes sont dans leur plus grande ou dans leur plus petite distance à l'égard de la Terre, & l'on peut connoître aisément leur longitude par le moien d'un fil, qui passant par le centre de la Terre & par la Planete, marque sur le cercle extérieur les degrez & signes du lieu de la Planete.

Lorsque la Planete est dans la partie supérieure, elle est directe; lorsqu'elle est dans la partie inférieure, elle est retrograde; & lorsque le fil raze la Spirale de côté & d'autre, elle est stationnaire.

La 2<sup>e</sup> Planche represente le mouvement de Mars depuis l'année 1708 jusqu'à l'année 1723, pendant lequel tems cette Planete fait plusieurs révolutions à l'égard de la Terre. La révolution du Soleil est representée par un cercle ponctué, lequel est divisé de même que la Spirale de Mars par des traits qui marquent la situation du Soleil & de la Planete pour le 1, le 11, & le 21 de chaque mois. L'on voit par cette Figure les tems auxquels cette Planete est plus ou moins éloignée de la Terre que le Soleil. Lorsque Mars se trouve dans la partie inférieure de la Spirale, il est en opposition avec le Soleil, & il est en conjonction lorsqu'il se trouve dans la partie supérieure. Entre les oppositions qui sont representées dans cette Figure, celle où Mars approchera le plus près de la Terre, arrivera au commencement de Septembre de l'année 1719, où sa distance à la Terre est sept fois plus petite qu'au mois de Septembre de l'année 1718.

L'on peut de même que dans la Figure précédente par le moien d'un fil qui passe par le centre de la Terre & va terminer au cercle extérieur où sont marquez les degrez & signes du Zodiaque, trouver la situation de la Planete de dix en dix jours & pour tous les jours en prenant des parties proportionnelles, & sçavoir lorsqu'elle est directe stationnaire ou retrograde.

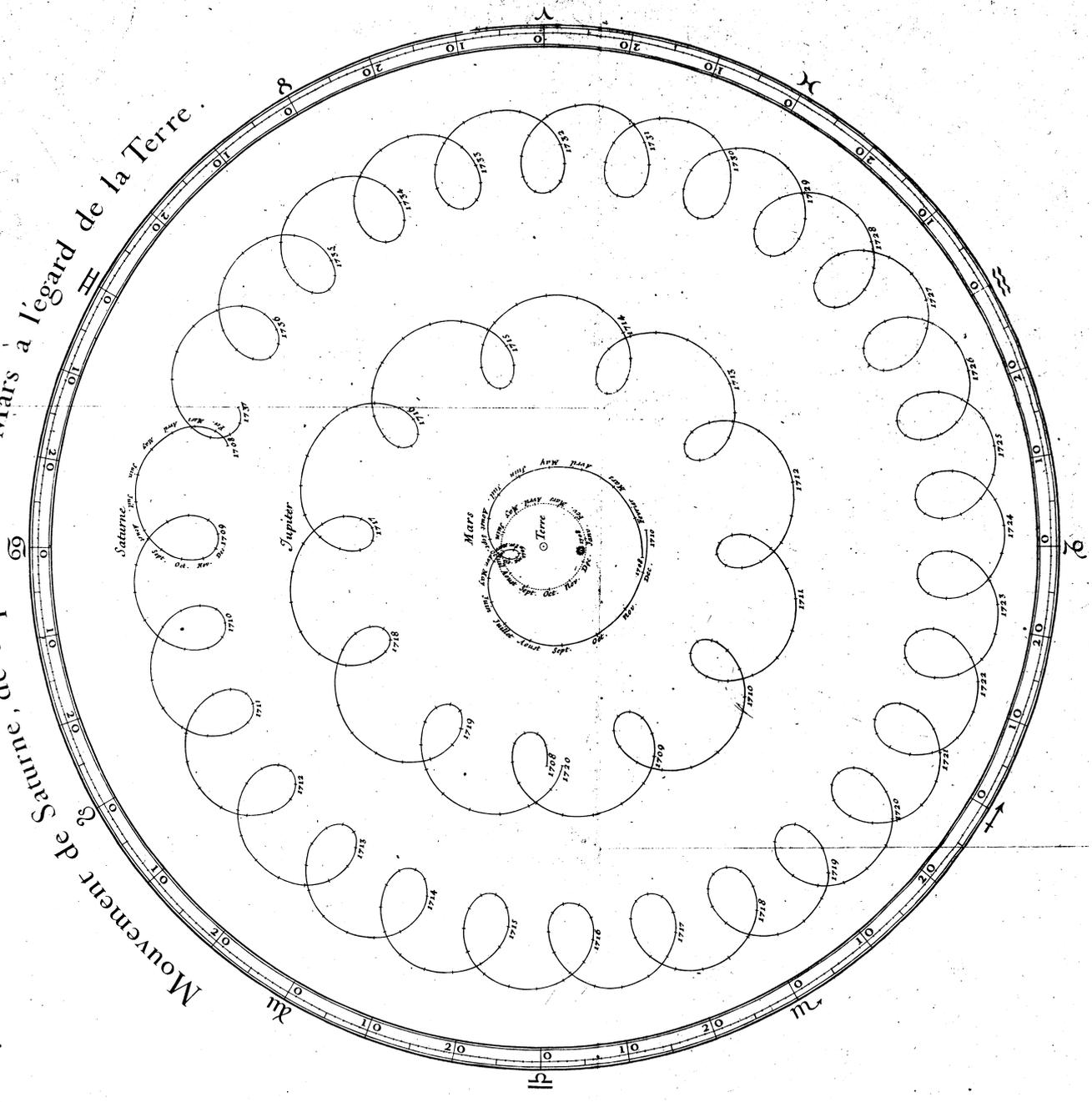
La 3<sup>e</sup> Planche represente le mouvement de Venus l'égard de la Terre depuis le 1 Janvier 1708 jusqu'au 1 Janvier 1716; & la 4<sup>e</sup> Planche le mouvement de Mercure depuis le 1 Janvier 1708 jusqu'au 1 Janvier 1715. Ces figures de même que les cercles qui representent la révolution du Soleil, sont divisées par des traits qui marquent la situation de la Planete pour le 1, le 11, & le 21 de chaque mois. Lorsque ces Planetes sont dans la partie inferieure de leur cercle, elles sont en conjonction avec le Soleil; & lorsqu'elles se trouvent dans la partie superieure, elles sont dans leur opposition.

L'on peut de même qu'on l'a expliqué pour les Planetes superieures, connoître les lieux de ces Planetes aux jours donnez, les tems de leurs stations & retrogradations, & de leur plus grande ou plus petite distance à la Terre. L'on voit dans ces figures que Venus est sujette à moins d'inégalité, & est de toutes les Planetes celle qui s'approche de plus près de la Terre.

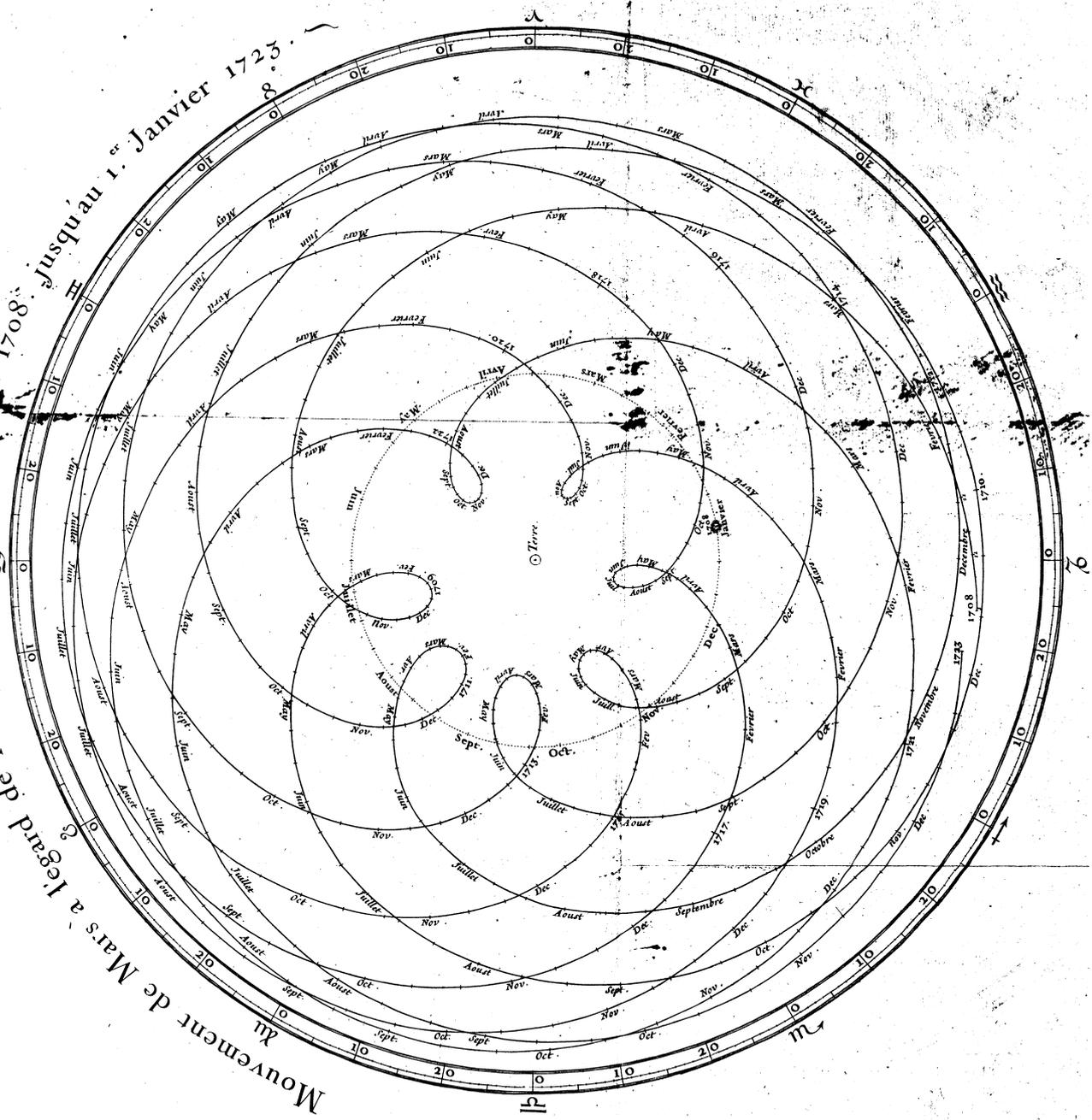


*SOLUTION*

Mouvement de Saturne, de Jupiter, & de Mars à l'égard de la Terre.



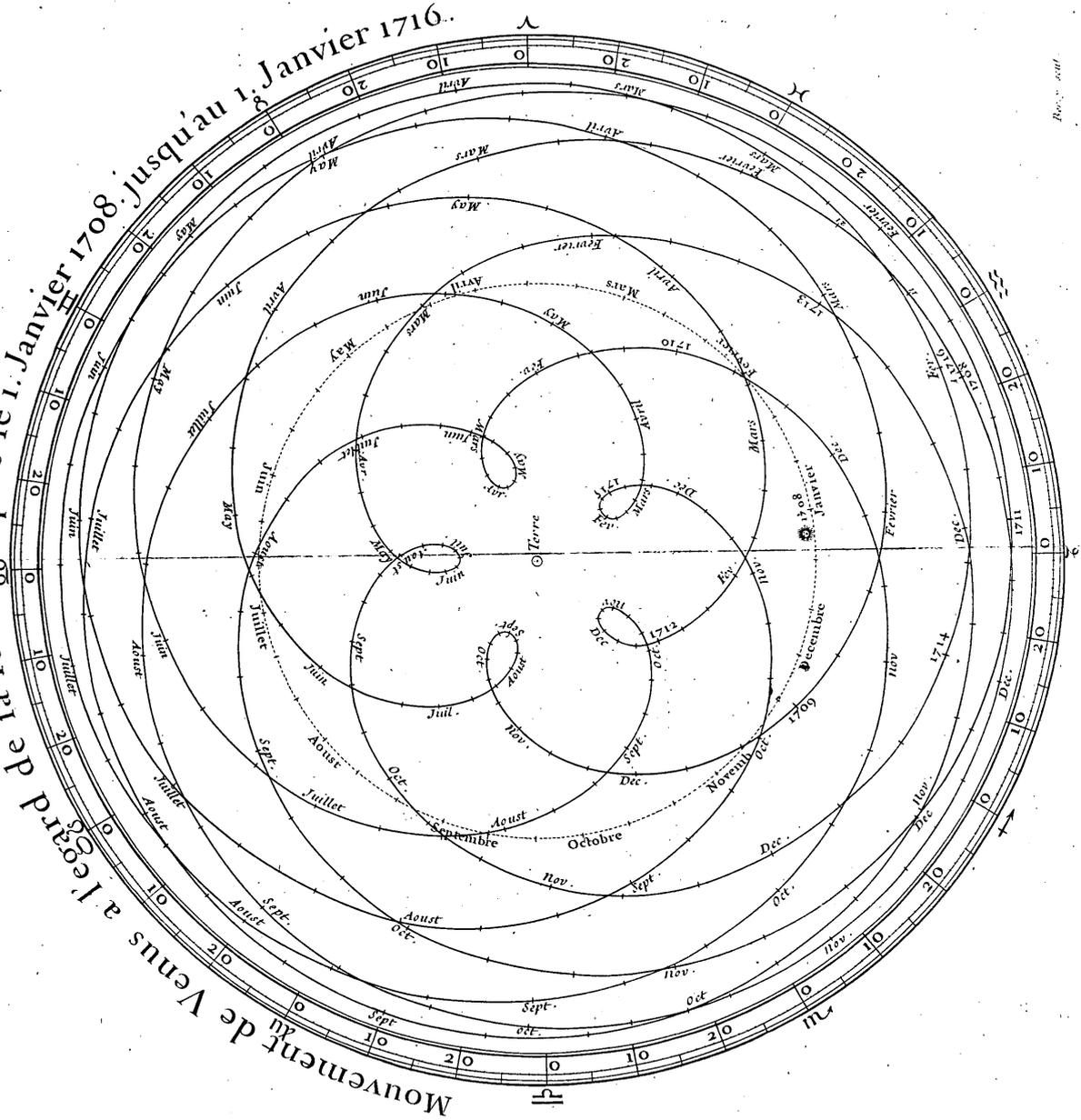
Mouvement de Mars à l'égard de la Terre depuis le 1<sup>er</sup> Janvier 1708. Jusque au 1<sup>er</sup> Janvier 1725.



17

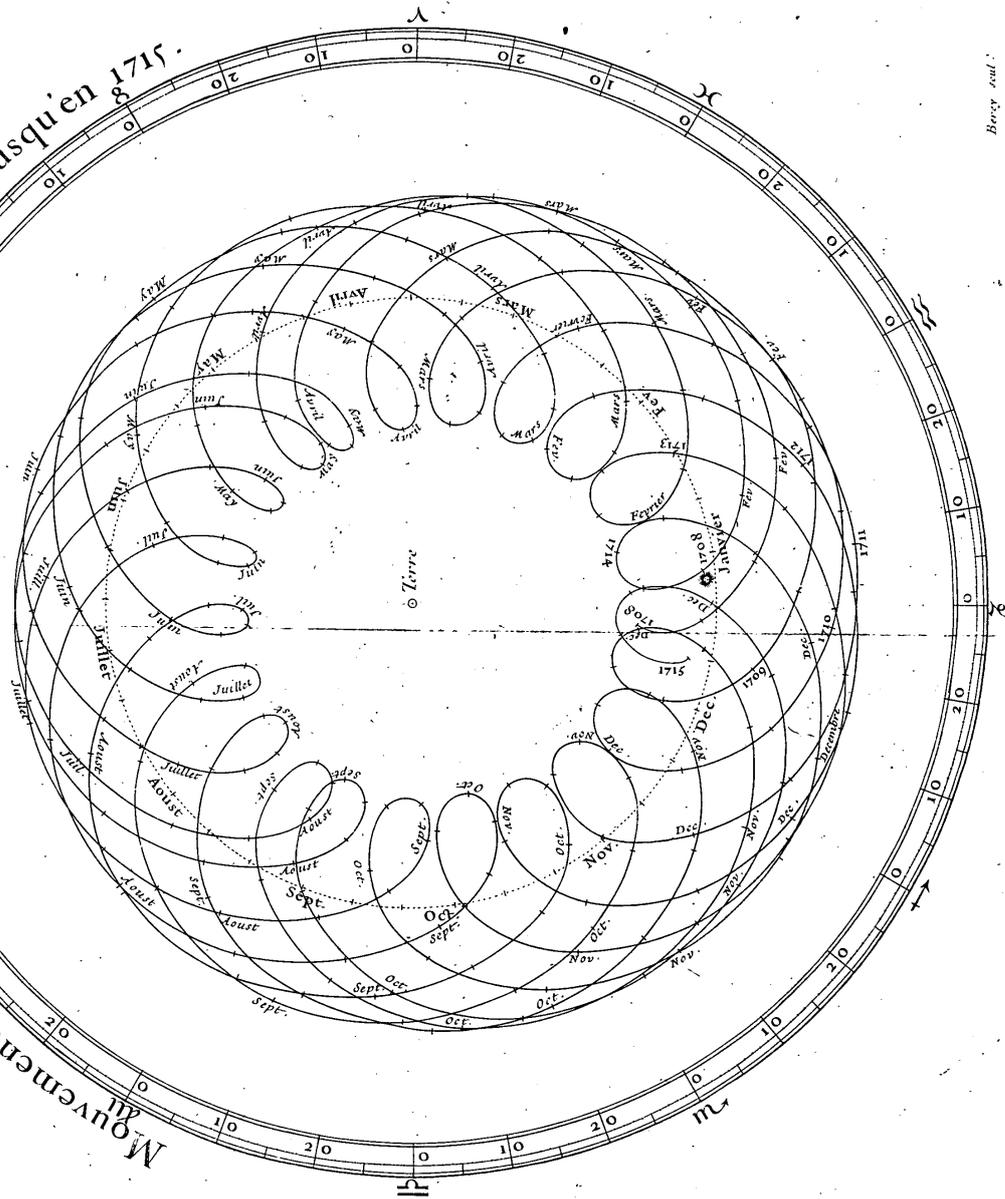
17

Mouvement de Venus a l'égard de la Terre depuis le 1. Janvier 1708. jusqu'au 1. Janvier 1716.



Des. aut.

Mouvement de Mercure à l'égard de la Terre depuis l'an 1708. jusqu'en 1715.



Bercy aut.