OBSERVATIONS
sur l'Orbite apparente des Cometes.

PAR M. LAMBERT.

§. 1.

Les Astronomes paroissent avoir été plus attentifs à trouver les vraies orbites des Cometes, qu'à déterminer les phénomenes qui en doivent résulter pour leurs orbites apparentes. Il est vrai que la vraie orbite d'une comete étant connue, on en déduit assez facilement les apparences, au point même de pouvoir les prédire. Mais on n'a fait cela que pour des cas particuliers, de sorte que la théorie générale est à cet égard restée fort imparfaite. On s'est contenté de savoir que trois observations suffisent pour déterminer l'orbite vraie & on a essayé plusieurs méthodes, qui enfin aboutissent à une espece de tâtonnement & à des approximations. Ce travail est bien long, & cela fait que tout ce qui peut servir à l'abréger mérite quelque attention. C'est dans ce dessein que je propose la théorie générale des orbites apparentes, & pour ne pas en rester à la simple proposition, je vais en donner quelque essai, qui fera du moins voir que ce n'est pas perdre son tems que d'y penser.

§. 2. Si la Terre aussi bien que la comete se mouvoit dans des lignes droites & avec des vitesses constantes, l'orbite apparente de la comete seroit très simple & ne demanderoit point une longue théorie; car elle paroitroit parcourir un grand cercle de la Sphere. Deux observations suffiroient pour déterminer la position de ce grand cercle, & il en faudroit une troisieme pour déterminer l'inégalité de la vitesse apparente, & tout le mouvement apparent de la comete. Mais cette commodité n'a point lieu. Il est très rare qu'on trouve plus de trois points de l'orbite apparente d'une comete qui soient exactement dans un même grand cercle de la Sphere.

Aussi

Auſſi ſait-on que la Terre ni la comete ne ſe meuvent en ligne droite, & avec des viteſſes uniformes.

§. 3. Si une comete ſe mouvoit exactement dans le plan de l'Écliptique, ſon mouvement apparent ſeroit également dans l'Écliptique & par conſéquent dans un grand cercle de la Sphere. Mais ce cas ne paroit pas avoir lieu. Du moins toutes les cometes obſervées juſqu'à préſent ont été vues au-deſſus ou au-deſſous de l'Écliptique, & ſi elles l'ont paſſée, ce n'a été que dans un ſeul point. On ſait même que l'orbite de la plupart des cometes eſt conſidérablement inclinée. Ainſi nous pouvons faire abſtraction du cas où une comete ſe meut dans le plan de l'orbite de la Terre.

§. 4. Quoique nous ne puiſſions donc pas admettre que les cometes, ſuivant le mouvement apparent, parcourent de grands cercles de la Sphere, ces cercles ne laiſſeront pas de nous être de quelque uſage, puiſqu'ils pourront ſervir de terme de comparaiſon. Suppoſons une orbite apparente d'une comete. Prenons en deux points, & faiſons paſſer par ces deux points un grand cercle de la Sphere. Je dis que ſi l'orbite apparente dans les points intermédiaires décline de ce grand cercle vers les lieux du Soleil répondans à ces points intermédiaires, la comete ſera plus éloignée du Soleil que ne l'eſt la Terre, & qu'au cas contraire elle ſera plus proche.

§. 5. Comme je ne rapporte ce théoreme que pour faire voir que la connoiſſance de l'orbite apparente des cometes peut être de quelque uſage, je ne l'ai pas énoncé avec tout ce qui peut ſervir à le déterminer d'avantage. Car il n'eſt pas indifférent comment les points A, B, C ſont pris; tout au contraire il ſera à propos d'en faire un choix. Or tout cela ſe verra mieux pour l'analyſe qui m'a conduit à ce théoreme, & que je vais maintenant expoſer, d'abord en général & enſuite plus particulierement.

§. 6. Soit S le centre du Soleil, MN une partie de l'orbite d'une comete, Q un point intermédiaire qui ſoit à peu près vers le milieu. Qu'on tire la corde MN, & les rayons vecteurs SM, SQ, SN. Je dis, en premier lieu, que les tems employés par la comete à parcourir les arcs MQ, QN ſeront à très peu près en raiſon des parties Mq, qN de la corde MQ. Car les tems ſont en raiſon des aires de ſecteurs MSQ, QSN, Pl. IV. Fig. 1.

& ainſi à très peu près en raiſon des triangles SMQ, QSN. Or ces triangles ayant pour baſe commune la droite SQ, & leurs hauteurs étant en raiſon des droites Mq, qN, il s'enſuit que leurs aires ſeront en raiſon de ces droites Mq, qN; & par conſéquent les tems employés à parcourir les arcs MQ, QN ſeront à très peu près en raiſon de ces mêmes droites Mq, qN. J'obſerve encore qu'on peut démontrer qu'il y a toujours un point Q, où ce théoreme eſt vrai en toute rigueur. Mais en général il ſuffit de prendre l'angle MSN aſſez petit pour que la différence devienne imperceptible.

§. 7. Suppoſons, en ſecond lieu, que quelle que puiſſe être l'orbite de la comete, le tems employé à parcourir l'arc MN ſoit le même, & aſſez petit pour que l'angle MSN ne paſſe pas les 15 ou 20 degrés. Si donc le point Q eſt pris vers le milieu de l'arc MN de ſorte que la flèche Qq ne differe ou point ou preſque point de ſon *maximum*, je dis que Qq ſera en raiſon réciproque du quarré de SQ, à très peu près. Car la courbure de l'arc MQ étant un effet de la gravité, on peut conſidérer la flèche Qq comme un effet de la chûte de la comete vers le Soleil. Ainſi Qq ſera, du moins à très peu près, en raiſon directe du quarré du tems, & en raiſon réciproque du quarré de la diſtance SQ. Or le tems eſt ſuppoſé conſtant ou le même pour tous les cas. Donc Qq eſt à très peu près & ſimplement en raiſon réciproque du quarré de la diſtance SQ. J'obſerve qu'il y a encore, à l'égard de ce théoreme, des points Q où il a lieu en toute rigueur. Mais comme ces points ne peuvent pas toujours être choiſis, je m'en tiendrai à l'à peu près, & cet à peu près approchera d'autant plus du vrai que l'angle MqS ſera moins oblique & que l'angle MSN ſera de moins de degrés.

Fig. 2 §. 8. Soit maintenant S le centre du Soleil, AC l'orbite de la Terre, MN l'orbite de la comete, de ſorte que la Terre étant ſucceſſivement dans les points C, B, A, la comete ſe trouve dans les points répondans NQM. Nous ſuppoſerons encore les intervalles des tems à peu près égaux. Tirons donc les cordes AC, MN, & les rayons vecteurs SB, SQ, & en vertu du second théoreme (§. 7) nous aurons à très peu près

$$Bb : \frac{1}{SB^2} = Qq : \frac{1}{SQ^2}.$$

ce qui donne

$$Bb : Qq = SQ^2 : SB^2.$$

§. 9. Et en vertu du premier théoreme (§. 6.) on aura à très peu près

$$Ab : bC = Mq : qN,$$

puisque ces parties des cordes sont à très peu près en raison des tems.

§. 10. Voilà donc ce qui fait que nous pouvons supposer que la Terre, au lieu de parcourir l'arc ABC, parcourt la corde AbC, & que la comete, au lieu de parcourir l'arc MQN, parcourt la corde MqN, l'une & l'autre avec des vitesses uniformes, puisque les intervalles des tems sont, du moins à très peu près, en raison des parties $Ab : bC$ & $Mq : qN$.

§. 11. Mais dans ce cas l'orbite apparente de la comete sera un grand cercle de la Sphere. Or ce grand cercle peut être tiré moyennant les observations faites en A & en C. Ces deux points sont communs à l'arc ABC & à la corde AbC. Il n'y a donc que l'observation faite dans le point intermédiaire B qui différera de la supposition des orbites rectilignes. Voici comment.

§. 12. Il est évident que la Terre en B voit la comete en Q le long de la droite BQ. Mais dans la supposition des orbites rectilignes, la Terre en b verra la comete en q le long de la droite bq. Si donc ces droites BQ, bq sont paralleles entr'elles, le lieu apparent de la comete dans l'un & l'autre cas sera le même. Au cas contraire l'un différera de l'autre. C'est ce que nous allons déterminer.

§. 13. On voit d'abord que les points b, q étant dans les droites respectives SB, SQ, ils seront dans le plan du triangle BSQ, quelle que puiſſe être la poſition de l'orbite de la cometé. Suppoſons donc le cas où les droites BQ, bq ſont paralleles entr'elles, nous aurons

$$Bb : Qq = SB : SQ.$$

Mais en vertu du ſecond théoreme (§. 7.) on a en général

$$Bb : Qq = SQ^2 : SB^2,$$

donc

$$SB : SQ = SQ^2 : SB^2,$$

ce qui veut dire

$$SQ = SB.$$

Ainſi les droites BQ, bq ne ſont paralleles que lorſque la comete en Q eſt à la même diſtance du Soleil que la Terre. Ce n'eſt donc auſſi que dans ce cas que le grand cercle de la Sphere tiré par les lieux apparens de la comete du tems de la premiere & de la troiſieme obſervation, paſſe encore par le lieu apparent de la ſeconde obſervation faite en B.

§. 14. Suppoſons maintenant

$$SQ > SB.$$

On voit par le ſecond théoreme (§. 7.) qu'on aura encore à plus forte raiſon

$$Bb > Qq.$$

Ainſi les droites BQ, bq, ſe rapprochent à meſure qu'elles s'avancent vers Q, q, & même d'autant plus que dans ce cas la droite SQ eſt plus inclinée vers la droite BQ que ne l'eſt la droite SB. Elles auront donc un point d'interſection R, qui ſera au-delà de la comete en Q. Cela fait encore que l'angle SbR eſt plus grand que l'angle SBR. Et de là il ſuit que le lieu apparent de la comete, vu de la Terre en B, paroitra moins éloigné du Soleil que ſi du point de l'orbite rectiligne b on la voyoit le long de la droite bq. L'angle BRb eſt la meſure de la différence.

§. 15. Faiſons en général

$$Bb = \frac{n}{SB^2},$$

$$Qq = \frac{n}{SQ^2},$$

& nous aurons

$$RQ : RB = \frac{n}{SQ^2} \cdot \text{ſin}\, SQB : \frac{n}{SB^2} \cdot \text{ſin}\, SBQ,$$

mais

$$\text{ſin}\, SQB : \text{ſin}\, SBQ = SB : SQ,$$

donc

$$RQ : RB = \frac{n}{SQ^2} \cdot SB : \frac{n}{SB^2} \cdot SQ,$$

c'eſt à dire

$$RQ : RB = SB^3 : SQ^3.$$

§. 16. Or, dans le triangle BRb, on connoit l'angle SBR, le côté Bb, & l'angle BRb, qui eſt la différence entre l'orbite apparente & le grand cercle qui paſſe par les deux lieux apparens de la comete vus en A & C, du tems de la ſeconde obſervation. Ainſi tout le triangle BRb eſt donné de grandeur, de figure & de poſition. Comme donc on a la droite BR, l'angle SBR, & la droite SB, toute la queſtion ſe réduit à trouver ſur la droite BR un point Q tel qu'il ſoit

$$QR : BR = BS^3 : QS^3.$$

On voit donc par là que la diſtance géocentrique de la comete BQ eſt déterminée, du moins autant que les *à peu près* que nous avons admis dans nos deux théoremes (§. 6. 7.) le permettent. On voit encore que ces formules ſont générales, quelle que ſoit la diſtance SQ. Il conviendra néanmoins de dire un mot du cas où cette diſtance eſt plus petite que SB.

§. 17. Suppoſons donc

$$SQ \lessdot SB,$$

& il s'enſuivra que le point R, qui dans le cas précédent ſe trouvoit être au-delà de la comete, ſera en deçà de la Terre vers A. Car ici $Qq \gtrdot Bb$, & la droite SQ ſera moins inclinée vers la droite BQ, que ne l'eſt la droite SB. Cela fait que les droites BQ, bq s'éloigneront l'une de l'autre à meſure qu'elles s'avancent vers Q, q. Cela fait encore que l'angle SBQ ſera plus grand que l'angle Sbq, & par conſéquent que le lieu apparent de la comete, vu le long de la droite BQ, paroitra plus éloigné du Soleil que ſi on le voyoit le long de la droite bq dans le cas des orbites rectilignes.

§. 18. Ce que nous venons de faire voir nous met en état de rendre raiſon des différentes inflexions qu'on remarque dans la route apparente des cometes. Le moyen le plus ſimple de les faire voir c'eſt de projetter cette route en ſorte que l'œil ſe trouve placé au centre de la Terre. Car alors tous les grands cercles de la Sphere ſeront repréſentés par des lignes droites, & réciproquement toute ligne droite repréſentera quelque grand cercle de la Sphere. Il s'enſuit que la route apparente des cometes y ſera repréſentée par des lignes courbes, & ces lignes courbes auront des points d'inflexion contraire là où le lieu apparent de la comete répond à ſa diſtance héliocentrique égale à celle de la Terre. Car dans tous les points qui répondent à une plus grande diſtance héliocentrique ces courbes tourneront leur convexité vers le point de l'Ecliptique où eſt le lieu répondant du Soleil; & pour toute diſtance héliocentrique moins grande elles tourneront leur concavité vers le lieu du Soleil. Cela arrive toujours, à moins que le lieu du Soleil ne ſe trouve dans la tangente qui répond au lieu de la comete; car alors la courbe aura encore là un point d'inflexion contraire, puiſque le côté convexe deviendra concave. Du reſte il convient de remarquer que ces courbes doivent être conſtruites exactement, puiſque fort ſouvent leur courbure eſt très petite, ſurtout lorſque la comete eſt plus éloignée du Soleil que la Terre & que l'inclinaiſon de ſon orbite n'eſt pas fort grande.

§. 19. On peut encore ſe ſervir du calcul. Voici comment. Soit ES l'Écliptique; A, B, C trois longitudes géocentriques de la comete, Aa, Bb, Cc les latitudes répondantes, S le lieu du Soleil répondant au lieu de la comete vue en b. Qu'on tire par ca un grand cercle de la Sphere, & ſoit E le point où il paſſe par l'Écliptique. Il s'agit d'abord de trouver ce point, de même que l'angle aEA. Nommons pour cet effet Fig. 3

$$Aa = \alpha, \qquad AE = \varepsilon,$$
$$Cc = \gamma, \qquad AEa = \Phi,$$
$$AC = \lambda,$$

& nous aurons

$$\cot\Phi = \sin\varepsilon \,.\, \cot\alpha = \sin(\lambda + \varepsilon) \,.\, \cot\gamma,$$

donc

$$\sin(\lambda + \varepsilon) : \sin\varepsilon = \operatorname{tang}\gamma : \operatorname{tang}\alpha,$$

ce qui donne

$$\operatorname{tang}(\varepsilon + \tfrac{1}{2}\lambda) : \operatorname{tang}\tfrac{1}{2}\lambda = \sin(\gamma + \alpha) : \sin(\gamma - \alpha),$$
$$\operatorname{tang}(\varepsilon + \tfrac{1}{2}\lambda) = \frac{\sin(\gamma + \alpha) \,.\, \operatorname{tang}\tfrac{1}{2}\lambda}{\sin(\gamma - \alpha)}.$$

Par là on trouve l'arc $\varepsilon + \frac{1}{2}\lambda$, d'où l'arc $\varepsilon = AB$ ſe trouve aiſément, & par conſéquent auſſi l'angle Φ moyennant l'équation

$$\cot\Phi = \sin\varepsilon \,.\, \cot\alpha.$$

§. 20. Or les points B, S & ainſi l'arc BS, de même que l'arc Bb, étant donnés, & l'angle bBS étant droit, on trouvera l'angle bSB, & l'hypotenuſe Sb moyennant les formules

$$\cot bSB = \cot Bb \,.\, \sin BS,$$
$$\cos bS = \cos Bb \,.\, \cos BS.$$

§. 21. Enfin, connoiſſant dans le triangle EdS le côté ES & les angles dSE, dES, on trouvera le côté Sd au moyen des formules

$$\text{tang}\left(\frac{ED - DS}{2}\right) = \frac{\text{tang}\,\tfrac{1}{2}ES\,.\,\text{ſin}\,(dSE - dES)}{\text{ſin}\,(dSE + dES)},$$
$$\tfrac{1}{2}ES - \tfrac{1}{2}(ED - DS) = DS,$$
$$\cot dS = \text{coſ}\,dSD\,.\cot DS.$$

§. 22. Si donc on trouve l'arc Sd plus grand que l'arc Sb, on en inférera que la comete vue en b eſt plus proche du Soleil que la Terre. Mais au contraire elle ſera plus éloignée, ſi on trouve l'arc Sd plus petit que l'arc Sb. Obſervons encore que la différence de ces deux arcs, c'eſt à dire l'arc bd, eſt la meſure de l'angle BRb dans la ſeconde Figure. On voit donc comment cet angle peut être trouvé.

§. 23. Comme toutes les concluſions que nous venons de tirer de nos deux théoremes peuvent ſe reſſentir des *à peu près* que nous avons admis dans ces théoremes, il convient de faire là-deſſus quelques remarques. La premiere c'eſt que quand on trouve l'arc bd très petit, quoique l'arc AC ſoit de 15, 20 ou plus de degrés, on conclura en général que la diſtance héliocentrique de la comete du tems qu'elle eſt vue en b, eſt à peu près égale à la diſtance héliocentrique de la Terre; mais on n'en conclura pas avec aſſez de certitude, ſi elle eſt un peu plus ou un peu moins grande. Cela dépend, dans ce cas, du choix qu'on aura fait de l'obſervation intermédiaire b.

§. 24. Enſuite la différence bd eſt, pour un même intervalle de tems, plus conſidérable à meſure que la comete eſt plus près du Soleil, parce qu'alors ſon orbite a plus de courbure. Si la comete eſt plus près de la Terre, cela contribue également à agrandir l'arc bd ou l'angle BRb (Fig. 2.) qui, à l'égard des deux points de vue B, b, fait une eſpece d'angle parallactique. Il y a cependant à cet égard un *maximum*. Car on voit aiſément que toutes les autres circonſtances reſtant les mêmes, l'angle bRB devient $= 0$, ſoit que l'angle BSQ devienne $= 0$, ſoit

ſoit qu'il devienne $= 180°$. En ſuppoſant l'angle BRb très petit, on trouve que pour les mêmes diſtances SB, SQ, il eſt un *maximum* lorſque

$$\tang BSQ = \frac{SQ^2 - SB^2}{2SQ \cdot SB},$$

parce qu'alors les points B, b, Q doivent ſe trouver dans la circonférence d'un cercle dont le centre eſt ſur la droite SQ, ou, ce qui revient au même, les points B, b, R doivent ſe trouver dans la circonférence d'un cercle dont le centre eſt ſur une droite qui paſſe par R & qui eſt parallele à SQ. Mais on voit bien que ces circonſtances ne peuvent pas être choiſies, parce qu'il faut prendre les cometes telles qu'elles ſe préſentent.

§. 25. Faiſons encore quelques remarques ſur le choix qu'il faut faire du point Q. Ce choix ſeroit très facile ſi ce point étoit le périhélie de la comete. Mais cette circonſtance favorable ne ſe rencontre & ne ſe reconnoit pas toujours d'avance. Soit donc F le centre du Soleil, A le périhélie de l'orbite de la comete, que je ſuppoſerai parabolique. Soit MN un arc quelconque. Diviſons la corde MN en deux parties égales MG, GN & par G tirons GQ parallele à l'axe. Nous aurons le triangle MGF égal au triangle NGF, & le ſegment MQG égal au ſegment NQG, donc

$$FMQGF = FGQNF.$$

Qu'on tire le rayon vecteur Fh en ſorte que le triangle mixtiligne QGg ſoit égal au ſecteur hSg, & alors

$$FMhF = FNhF.$$

Or, ſi l'arc MN n'eſt pas fort grand, la partie Qg pourra être conſidérée comme droite, & ainſi on aura

$$Fg : Qq = Gg : gh,$$

$$gh = \frac{Qg \cdot Gg}{Fg},$$

d'où l'on voit que gh sera une quantité très petite, & Gh sera à très peu près parallele à FQ.

§. 26. Soit maintenant T le tems que la comete emploie à parcourir l'arc MN, & dans le Traité: *Insigniores orbitæ cometarum proprietates*, publié en 1761, j'ai fait voir que

$$FQ = \frac{m.T}{\sqrt{(2.GQ)}} - \tfrac{1}{3}GQ = \frac{SM + SN}{2} - GQ.$$

Dans cette formule la distance moyenne de la Terre au Soleil est posée $= 1$, &

$$\frac{1}{m} = 116,2648,$$
$$m = 0,008601059.$$

Il s'ensuit

$$QG = gQ = \frac{m^2 T^2}{\sqrt{(FQ + \frac{1}{3}QG)^2}},$$

ou bien

$$gQ = \frac{m^2 T^2}{2(Fg - \frac{2}{3}QG)^2}.$$

Donc

$$gQ < \frac{m^2 . T^2}{2 . FQ^2},$$

&

$$gQ > \frac{m^2 . T^2}{2 Fg^2}.$$

Or

$$gQ > gG.$$

Ainsi en faisant

$$gG = \frac{m^2 . T^2}{2 Fg^2},$$

cette formule sera encore plus exacte. J'en infere qu'en général on fera bien de choisir trois observations qui different d'un même intervalle de tems. Encore cet intervalle doit être assez petit pour que l'angle MSN n'aille pas au-delà de 20 degrés. Voici encore sous la même restriction quelques autres propositions, dont on pourra faire usage lorsqu'il s'agit de déterminer l'orbite d'une comete.

§. 27. Par ce que j'ai dit ci-dessus (§. 19.) on voit que l'arc $aedc$ du grand cercle est celui que la comete paroitroit parcourir, si son mouvement de même que celui de la Terre étoit rectiligne & uniforme; & que pour le moment des trois observations les lieux apparens de la comete seroient a, d, c. Il ne s'agit donc que de calculer la longueur des arcs ad, dc au moyen des arcs EA, EC & de l'angle AEa, déterminés par les formules du §. 19. Or les arcs ad, dc étant trouvés on pourra les comparer avec les intervalles du tems qui s'est écoulé entre les trois observations, pour trouver le rapport entre les distances géocentriques de la comete du tems de la premiere & de la troisieme observation. Voici comment. Fig. 1.

§. 28. Qu'on fasse les angles aTd, dTc égaux aux arcs ad, dc de la 3^{me} Figure, & en prenant sur la droite Ta un point quelconque a il s'agit de tirer une droite ac, qui coupe les droites Td, Tc en sorte que les parties ad, dc soient proportionelles aux intervalles des tems écoulés entre les observations répondantes aux points a, d, c. Soient ces tems t, τ, les angles $aTd = \omega$, $dTc = \Phi$, & qu'on fasse $aT = 1$, $cT = x$, on aura Fig. 5.

$$\sin\omega : ad = \sin adT : aT,$$
$$\sin\Phi : dc = \sin adT : cT,$$

donc

$$\sin adT = \frac{aT \cdot \sin\omega}{ad} = \frac{cT \cdot \sin\Phi}{dc},$$

& par conséquent

$$cT = aT \cdot \frac{dc}{ad} \cdot \frac{\sin\omega}{\sin\Phi},$$

c'est à dire,

$$x = \frac{\tau}{t} \cdot \frac{\sin\omega}{\sin\Phi}.$$

§. 29. Ayant trouvé le rapport entre aT & cT, on trouvera aiſément l'angle Tac & enſuite dT ou le rapport de cette ligne à aT & cT. Ce rapport ne différera que très peu du rapport de la diſtance géocentrique de la comete du tems de la ſeconde obſervation aux deux autres diſtances géocentriques. Or on trouve encore à très peu près la diſtance géocentrique moyenne du tems de la ſeconde obſervation au moyen de la formule du §. 16. On voit donc que de cette maniere on peut conſidérablement abréger les tâtonnemens dont on s'eſt ſervi pour déterminer l'orbite des cometes. On réduira tout le reſte des calculs à une approximation fort ſimple en employant la formule

Fig. 4.

$$T = \frac{(SM + SN + MN)^{3:2} - (SM + SN - MN)^{3:2}}{12m},$$

que j'ai donnée dans l'Ouvrage cité ci-deſſus (§. 26.) & où T exprime le tems que la comete emploie pour parcourir l'arc MN. La lettre m a la même valeur qu'au §. 26. Cette formule eſt d'autant plus ſimple qu'elle ne demande d'autre donnée que la corde MN & la ſomme des deux rayons vecteurs $SM + SN$. Elle eſt pour les orbites paraboliques, & s'étend aſſez facilement aux orbites elliptiques & hyperboliques. Je me borne à l'indiquer ici, & à renvoyer les Lecteurs à l'Ouvrage d'où je la cite, & qui ne paroit pas être fort connu hors de l'Allemagne.

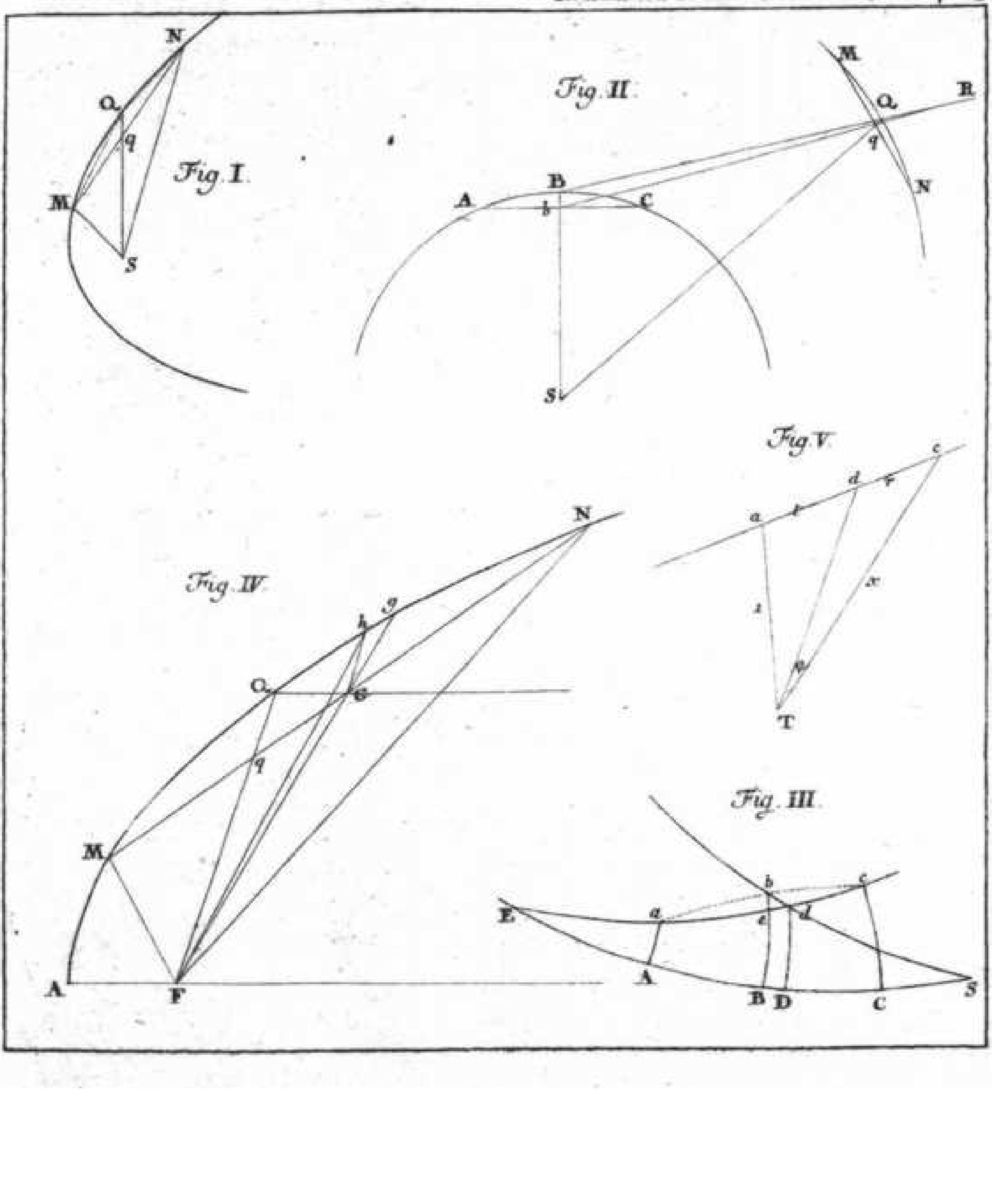
Fig. I.
Fig. II.
Fig. III.
Fig. IV.
Fig. V.
N
O
q
M
S
A
B
b
C
R
Q
F
G
h
g
a
d
c
T
E
D