Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 18 (1936)

Artikel: Les passages rasants de planètes devant le soleil : le passage partiel de Mercure du 11 mai 1937

Autor: Saussure, Maxime de

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-743070

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 31.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

LES PASSAGES RASANTS DE PLANÈTES DEVANT LE SOLEIL

Le passage partiel de Mercure du 11 mai 1937

PAR

Maxime de SAUSSURE

(Avec 4 fig.)

INTRODUCTION. — Les passages de planètes inférieures devant notre astre central peuvent être rangés parmi les phénomènes célestes rares. C'est surtout le cas chez les passages de Vénus qui n'ont lieu que par couples de deux, à huit ans d'intervalle, chaque couple étant séparé du précédent par plus d'un siècle. Les passages de Mercure sont moins exceptionnels, mais ne sont pas fréquents non plus; on n'en compte que 12 à 14 par siècle. Les passages n'arrivent que lorsque la planète passe en conjonction inférieure dans le voisinage de la ligne des nœuds; pour Vénus, ils se produisent en juin ou en décembre, pour Mercure en mai ou novembre.

On sait qu'au point de vue de l'astronomie de position, l'intérêt de ces phénomènes réside dans l'observation des contacts extérieurs ou intérieurs de la planète avec le Soleil, qui fournissent des positions précises aux époques où les observations ordinaires de la planète sont impossibles.

Le problème de la prédiction des époques de ces contacts sur la base des positions calculées des astres en question, prédiction à comparer ensuite avec l'observation, s'effectue en deux étapes. Dans la première, relativement simple, on calcule les phases géocentriques du phénomène, c'est-à-dire tel qu'il serait vu du centre de la Terre. La seconde étape pose le problème plus compliqué de trouver la correction à ajouter à l'époque géocen-

trique pour avoir l'instant du contact vu d'un lieu quelconque de la surface terrestre. Ce problème est résolu par la méthode ingénieuse et classique de Lagrange, qui permet de trouver l'instant cherché par une simple équation du premier degré.

Cette méthode est adoptée depuis longtemps par tous les annuaires astronomiques officiels pour le calcul des passages ordinaires, chez lesquels la trajectoire de la planète ne coupe pas trop obliquement le bord solaire. Elle n'est plus applicable dans le cas d'un passage rasant, c'est-à-dire lorsque la planète n'entre que très peu sur le disque solaire, en d'autres termes lorsque la trajectoire de celle-ci est presque tangente au bord du Soleil. Depuis que l'on calcule les passages avec quelque précision, on n'a guère eu à s'occuper de ce cas, vu sa rareté excessive. Si on admet par exemple comme limite des passages rasants une entrée de 30″ au maximum sur le disque solaire, on trouve dans le cas de Mercure un passage rasant par deux siècles en moyenne.

Or un tel passage de Mercure aura lieu le 11 mai 1937, la planète n'entrant même qu'en partie sur le Soleil, et ceci illustre l'intérêt actuel de cette question.

* * *

Méthode de Lagrange; cas du 11 mai 1937. — On sait que le calcul des phases géocentriques est simplement une question de tangence de deux cercles en mouvement relatif sensiblement rectiligne. Si α_s, δ_s sont l'ascension droite et la déclinaison du Soleil; α_p, δ_p celles de la planète au moment de la conjonction en AR; $\Delta\alpha_s$, $\Delta\delta_s$ et $\Delta\alpha_p$, $\Delta\delta_p$ les variations de ces quantités par unité de temps, r_s et r_p les rayons du Soleil et de la planète, on aura à résoudre d'après τ l'équation

$$\left[(\alpha_p - \alpha_s) + (\Delta\alpha_p - \Delta\alpha_s)\tau\right]^2 \cos^2 \frac{\delta_p + \delta_s}{2} + \left[(\delta_p - \delta_s) + (\Delta\delta_p - \Delta\delta_s)\tau\right]^2 = D^2$$

où pour des contacts extérieurs $D = r_s + r_p$, pour des contacts intérieurs $D = r_s - r_p$. τ est alors la quantité à ajouter à

l'époque de la conjonction pour obtenir l'instant du contact géocentrique. L'introduction d'angles auxiliaires facilite beaucoup la résolution de cette équation. Cette manière de calculer les phases géocentriques est applicable à tous les passages, rasants ou non.

En ce qui concerne la seconde et plus intéressante partie du problème, rappelons d'abord le principe de la méthode de Lagrange, dont l'analyse mathématique est relativement compliquée, mais qu'on peut interpréter par un raisonnement géométrique assez simple comme suit.

Pendant que le contact du bord des astres est visible de certaines régions terrestres, le cône d'ombre coupe la Terre, et vu la grande extension de ce cône dans le cas d'un passage de planète, on peut assimiler cette section à celle que donnerait le plan tangent au cône en cette région. La section de l'ombre avec le globe terrestre sera alors un petit cercle sur celui-ci. (Nous supposerons ici, avec une exactitude suffisante, la Terre sphérique avec un rayon moyen correspondant à la latitude 45°.) Dans les passages ordinaires, pendant le bref intervalle que met l'ombre à traverser la Terre, le plan tangent peut être considéré comme avançant parallèlement à lui-même et d'une vitesse uniforme, et on néglige la rotation terrestre. Toutes les sections correspondant à divers moments seront alors de petits cercles ayant tous un pôle commun G, de latitude φ' et de longitude λ'. Soit un lieu B quelconque de la surface terrestre, de latitude φ et de longitude λ, ayant la distance angulaire ζ au pôle G; c étant une constante égale à la moitié du temps que met l'ombre à traverser la Terre et prise avec le signe convenable, il est facile de voir que l'instant T du contact en B se déduit de l'instant T_0 du contact géocentrique par

$$T = T_0 + c \cos \zeta$$

ou en remplaçant ζ par des angles connus,

$$T = T_0 + c \sin \varphi' \sin \varphi + c \cos \varphi' \cos \varphi \cos (\lambda' - \lambda) \quad . \qquad (1)$$

Pour calculer les coordonnées φ' et λ' on considérera les coordonnées α_m et δ_m d'un point Q de la sphère céleste situé au milieu entre les centres des astres quand la planète est voisine du

bord solaire (par exemple à l'instant T_0), et on utilisera les formules classiques suivantes (voir SCHWAHN, *Math. Theorie der astr. Finsternisse*, Leipzig, 1910):

Soient alors a la distance angulaire des astres, P l'angle de position de la planète (géocentriques), π_p la parallaxe de la planète, π_s celle du Soleil, θ' le temps sidéral de G, θ_0 le temps sidéral de Greenwich, et on a

$$\left.\begin{aligned}
\operatorname{tang}\gamma &= \frac{\pi_p + \pi_s}{\pi_p - \pi_s}\operatorname{tang}\frac{a}{2} \\
\cos\varphi' \sin(\alpha_m - \theta') &= -\cos\gamma \sin P \\
\cos\varphi' \cos(\alpha_m - \theta') &= -\sin\gamma \cos\delta_m - \cos\gamma \sin\delta_m \cos P \\
\sin\varphi' &= -\sin\gamma \sin\delta_m + \cos\gamma \cos\delta_m \cos P \\
\lambda' &= \theta_0 - \theta' .
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

On peut rendre ces formules plus facilement calculables par logarithmes en introduisant des angles auxiliaires, sur lesquels nous n'insisterons pas ici. Si Δa est la variation de a par unité de temps, on a aussi

$$c = \frac{\pi_p - \pi_s}{\Delta a} .$$

Une fois les constantes calculées, le calcul de T devient très simple. Quant à l'angle de position, on pourra prendre partout l'angle correspondant géocentrique.

Tel est brièvement le principe de la méthode de Lagrange, applicable sous cette forme à tous les passages ordinaires. Mais quand il s'agit d'un passage rasant, les suppositions faites au sujet du déplacement de l'ombre et de l'observateur ne peuvent plus être conservées, car $T - T_0$ peut alors atteindre de plus grandes valeurs; on ne peut plus admettre que le plan tangent à l'ombre avance parallèlement à lui-même et d'une vitesse constante, et il n'est pas permis de négliger entièrement la rotation terrestre. Si on voulait développer les expressions mathématiques applicables à ce cas, elles deviendraient très compliquées et en particulier l'équation donnant T ne serait plus linéaire. Quoiqu'il en soit, le procédé tel qu'il est esquissé ci-dessus ne peut pas être employé à calculer un passage rasant, comme celui du 11 mai 1937.

Comment les annuaires officiels calculent-ils ce passage de 1937 ? Le *Nautical Almanac* et le *Berliner Astronomisches Jahrbuch* (le premier n'a pas encore paru au moment où j'écris ces lignes) abandonnent ici la méthode de Lagrange, et traitent le phénomène comme une éclipse de Soleil, en remplaçant dans les formules correspondantes les quantités concernant la Lune par celles appartenant à Mercure. Après avoir fourni les éléments généraux du passage, on donne les éléments de Bessel analogues à ceux utilisés pour les éclipses; procédé évidemment légitime et exact, mais entraînant les complications inhérentes au calcul des éclipses: calcul de coordonnées diverses et de leurs variations, équation du second degré à résoudre, etc. La *Connaissance des Temps* donne aussi d'abord les éléments généraux du phénomène, mais utilise ensuite pour la prédiction des contacts les formules de Lagrange sans modification; par suite de ce qui a été dit ci-dessus, les formules données, p. 550, pour les instants des contacts d'entrée et de sortie ne semblent pas être applicables. Elles donneraient par exemple pour Paris des solutions réelles (entrée à 9 h. 25 m., 4, sortie à 8 h. 36 m., 0, donc l'entrée 49 m., 4 après la sortie !), alors que le phénomène n'est pas visible en ce lieu, malgré que le Soleil soit au-dessus de l'horizon; pour le Cap de Bonne Espérance où le passage est visible, on obtiendrait l'entrée à 8 h. 28 m., 0, la sortie à 9 h. 35 m., 5, époques auxquelles l'ombre ne rencontre pas du tout la Terre; le calcul d'après la théorie exposée ci-après donne pour le Cap: entrée, 8 h. 39 m., 8, sortie, 9 h. 23 m., 9. Par contre les formules données par la *Conn. d. T.* pour l'instant et la valeur de la plus courte distance des centres, qui n'ont rien à faire avec le caractère rasant du passage, doivent être correctes.

* * *

Modification à la méthode de Lagrange, pour les passages rasants. — Je voudrais proposer à présent une modification à la méthode de Lagrange, qui permettrait d'adapter cette dernière, en conservant ses avantages de simplicité, au cas d'un passage rasant.

Il n'est pas absolument nécessaire de connaître d'abord les phases géocentriques. Divisons, dans un passage rasant, la durée de visibilité d'un contact pour la Terre en général [1] en intervalles égaux et suffisamment petits, pendant chacun desquels les trois suppositions indiquées ci-avant, impossibles pour toute la durée du phénomène, pourraient de nouveau être faites avec une exactitude suffisante; c'est-à-dire que pendant un tel intervalle les coordonnées de G prises pour le milieu de l'intervalle sont constantes, que l'ombre avance d'une vitesse constante et que la position du globe prise pour le milieu de l'intervalle est invariable. Mais d'un intervalle à l'autre toutes ces conditions changent. Soient T_1, T_2, etc. les époques séparant ces intervalles, il y aurait lieu de calculer les coordonnées de G pour les époques $\frac{T_1 + T_2}{2}$, $\frac{T_2 + T_3}{2}$, etc. par les formules ci-avant, en y introduisant les quantités requises pour ces divers instants, et les valeurs de $\cos \zeta_1$, $\cos \zeta_2$, etc. définissant chaque section de l'ombre avec la Terre, pour les instants T_1, T_2, etc. Si r_p et r_s sont les demi-diamètres de la planète et du Soleil, a_1, a_2, etc., les distances géocentriques des astres, on a

$$\cos \zeta_i = \frac{a_i - (r_p + r_s)}{\pi_p - \pi_s} \qquad i = 1, 2, \ldots \tag{3}$$

Soit un lieu d'observation B, et supposons qu'on sache d'avance dans quel intervalle aura lieu le contact vu de B, par exemple dans l'intervalle T_1 à T_2. Il y a lieu alors de chercher le rapport du temps que met l'ombre à partir de T_1 pour rejoindre B au temps $T_2 - T_1 = \Delta t$. En faisant pendant Δt les trois suppositions dont nous parlions, et B ayant la distance angulaire ζ à G, ce rapport est

$$\frac{\cos \zeta - \cos \zeta_1}{\cos \zeta_2 - \cos \zeta_1} . \tag{4}$$

[1] Si l'ombre ne traverse pas entièrement la Terre, comme en 1937, un contact par exemple externe d'entrée passera d'une façon continue, au milieu du phénomène, à un contact externe de sortie. Le procédé indiqué ici est aussi applicable à ce cas.

On en déduit aisément que l'équation donnant T sera maintenant:

$$T = T_1 + \frac{\Delta t}{\cos \zeta_2 - \cos \zeta_1} (\cos \zeta - \cos \zeta_1) \ .$$

Ceci peut être mis sous la forme suivante:

$$T = T_1 + k[\sin \varphi \sin \varphi' + \cos \varphi \cos \varphi' \cos (\lambda' - \lambda) - m] \quad (5)$$

les quantités $k = \frac{\Delta t}{\cos \zeta_2 - \cos \zeta_1}$, $m = \cos \zeta_1$, φ' et λ' étant des constantes pour l'intervalle T_1 à T_2, considéré à présent comme quelconque.

Ceci serait donc la forme modifiée de (1) pour les passages rasants. La nouvelle formule diffère de l'ancienne par l'adjonction de la quantité m, et par T_1, k qui remplacent T_0, c. En outre, les 5 quantités T_1, k, φ', λ', m sont variables d'un intervalle à l'autre, tandis qu'avant on avait 4 quantités T_0, c, φ', λ', constantes pendant tout le temps que l'ombre traverse la Terre.

On donnera à présent dans un petit tableau les valeurs des cinq quantités variables pour chaque intervalle; alors le calcul du contact pour un lieu terrestre déterminé sera à peine plus long que dans le cas d'un passage ordinaire.

Il reste à déterminer d'avance dans quel intervalle aura lieu le contact en B. Pour ce faire, on calculera pour les époques T_1, T_2, etc. ce que j'appellerai les « isochrones », c'est-à-dire les courbes réunissant les points de la surface terrestre d'où on voit le contact au même moment. La position de G, ainsi que la valeur de $\cos \zeta_i$, calculées précédemment, fournissent la section de l'ombre avec la Terre à ces instants. On pourra représenter graphiquement la projection de la Terre, c'est-à-dire de son système de cercles de latitude et d'angles horaires, sur un plan perpendiculaire à la direction du point Q, donc tel que le système serait vu de ce point. On introduira sur ce graphique les sections de l'ombre dont nous venons de parler, représentées comme lignes droites. Il sera alors aisé de déduire les latitudes et les angles horaires, puis les longitudes d'une série de points de chaque isochrone; les points extrêmes donnent

les courbes limitant la visibilité du phénomène au lever ou au coucher des astres, d'une façon analogue aux cartes dressées pour les éclipses de Soleil.

Si l'on veut alors calculer pour un endroit quelconque de la surface terrestre d'où le phénomène est visible, l'époque d'un contact, on sera de suite renseigné par la carte dans quel intervalle ce contact aura lieu; et utilisant le petit tableau de constantes indiqué ci-dessus, on calculera facilement l'instant du contact par la formule (5).

* * *

Application au passage de Mercure du 11 mai 1937. — Lors du passage rasant du 11 mai 1937, Mercure n'entrera qu'en partie sur le Soleil, et le phénomène ne sera visible que d'une partie de l'hémisphère terrestre tourné vers le Soleil à ce moment. On ne pourra donc observer que des contacts extérieurs. Il s'agit vraiment ici d'un cas limite.

J'ai effectué le calcul de ce phénomène par le procédé qui vient d'être décrit. Les positions géocentriques de Mercure et du Soleil, les parallaxes et demi-diamètres m'ont été aimablement communiquées par le *Nautical Almanac Office*. Ces données-ci sur lesquelles le calcul a été basé, convenablement interpolées tenant compte des différences jusqu'au 4me ordre, sont identiques aux éléments du passage donnés par la *Connaissance des Temps* pour 1937, p. 549, qui sont calculés directement d'après les Tables de Newcomb. Par contre, dans le *Berliner Astronomisches Jahrbuch* et le *Nautical Almanac* pour 1937, il est indiqué qu'on a ajouté une correction empirique de $+ 1'',47$ à la longitude du Soleil. En fait, les positions données dans ces deux derniers annuaires, p. 283 et 519 respectivement, offrent les différences suivantes relativement à la *Connaissance des Temps* (prises dans le sens *B. A. J.* ou *N. A. moins C. d. T.*):

$$\Delta\alpha_{\odot} = + 0^{s},10 \qquad \Delta\alpha_{☿} = + 0^{s},20$$

$$\Delta\delta_{\odot} = + 0'',3 \qquad \Delta\delta_{☿} = + 0'',6 \ .$$

Le passage partiel de Mercure du 11 mai 1937.

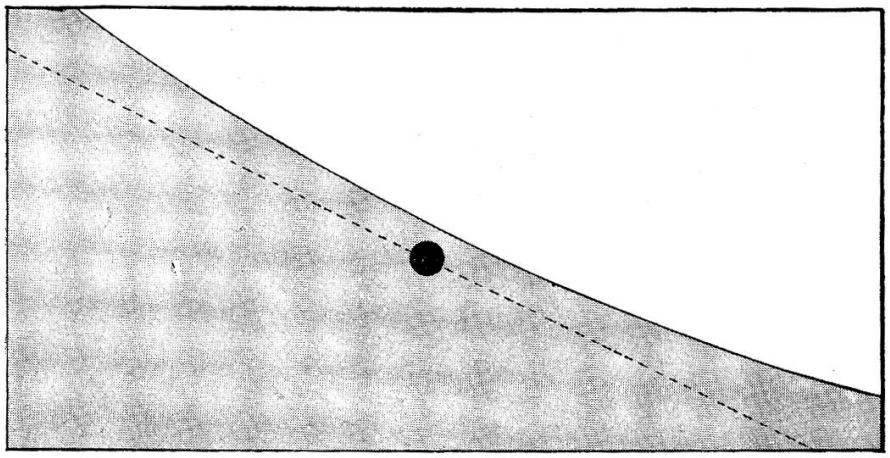

Fig 1. — Vu du lieu où la plus courte distance des centres est maxima (latitude + 59°10′, longitude + 77°5′).

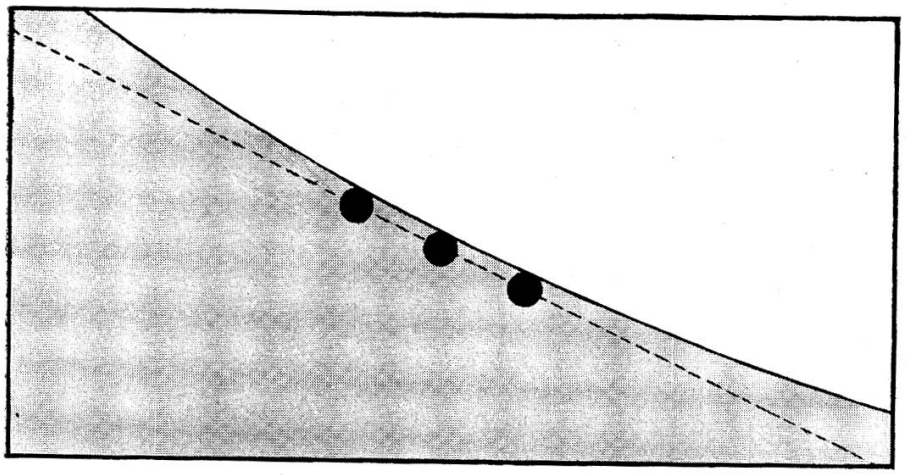

Fig. 2. — Vu du centre de la Terre.

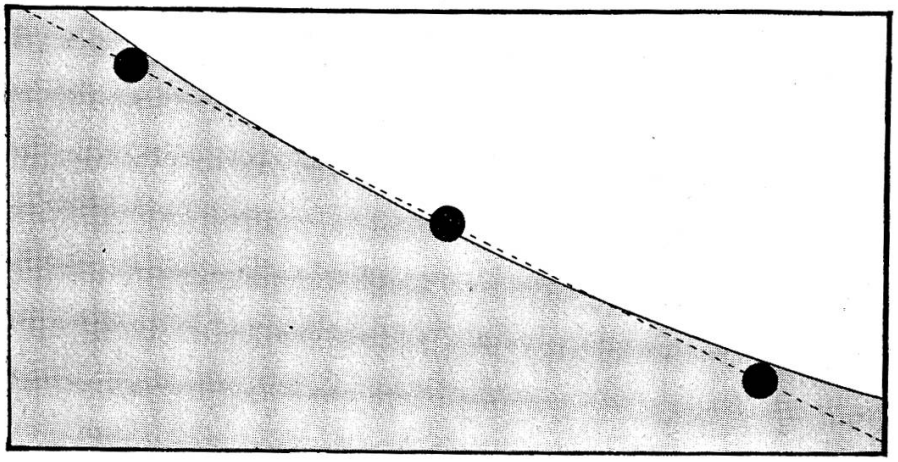

Fig. 3. — Vu du lieu où la plus courte distance des centres est minima (latitude – 59°10′, longitude – 102°55′).

Le phénomène géocentrique est donné par la *C. d.T.* comme suit [1]: entrée, 8 h. 50 m., 9; milieu, 8 h. 59 m., 8; fin, 9 h. 8 m., 7. Notre calcul donne 8 h. 51 m., 9; 8 h. 59 m., 9; 9 h. 7 m., 8; mais il faut remarquer que la planète n'entrant, vue du centre de la Terre, que de 0″,6 sur le Soleil, les moments des contacts sont ici si incertains qu'une variation de 0″,1 seulement dans la *distance*, pouvant résulter des approximations du calcul, entraîne un changement de 1 m. environ dans les moments des contacts. (La *C. d.T.* et le *B. A. J.* par exemple diffèrent ici jusqu'à plus de 4 minutes.)

Pour la Terre en général, notre calcul donne: début, 8 h. 29 m., 6; maximum, 8 h. 59 m., 9; fin, 9 h. 30 m., 1. Mercure entre au maximum de 7″,7 (son diamètre étant 12″,0) sur le disque solaire [2]. Les figures 1 à 3 montrent la trajectoire géocentrique ainsi que vue de deux points extrêmes de la surface terrestre.

Passons maintenant aux contacts vus d'un lieu quelconque, à calculer d'après la méthode que nous avons décrite. La carte générale du phénomène est donnée fig. 4. Elle sert, comme nous l'avons vu, à connaître si le passage est visible du lieu considéré et à déterminer dans quel intervalle aura lieu l'un ou l'autre contact. On y voit les courbes réunissant les lieux où le phénomène débute ou finit au lever ou au coucher du Soleil, et la limite boréale de visibilité; cette dernière courbe n'existe que dans le cas rarissime d'un passage comme celui dont nous parlons, où l'ombre ne traverse pas la Terre entière. Il n'y a pas de limite australe. La carte donne ensuite les isochrones (on a choisi l'intervalle $\Delta t = 5$ m.), pour les contacts d'entrée en trait plein, pour ceux de sortie en pointillé. Les courbes ont été déterminées graphiquement comme il a été indiqué, au demi-degré près, ce qui est suffisant ici; dans les

[1] Dans un passage aussi rasant, il est inutile de calculer les contacts à plus de 0 m., 1 près.

[2] M. Crommelin (voir *Bull. de la Soc. Astr. de France*, 1936, p. 95) ayant calculé indépendamment le passage, trouve une entrée maxima de 10″,7 soit 3″ plus forte que celle donnée ici. Mais notre valeur (7″,7) est presque identique à celle donnée par le *N.A.* (7″,3) ou la *C.d.T.* (7″,8).

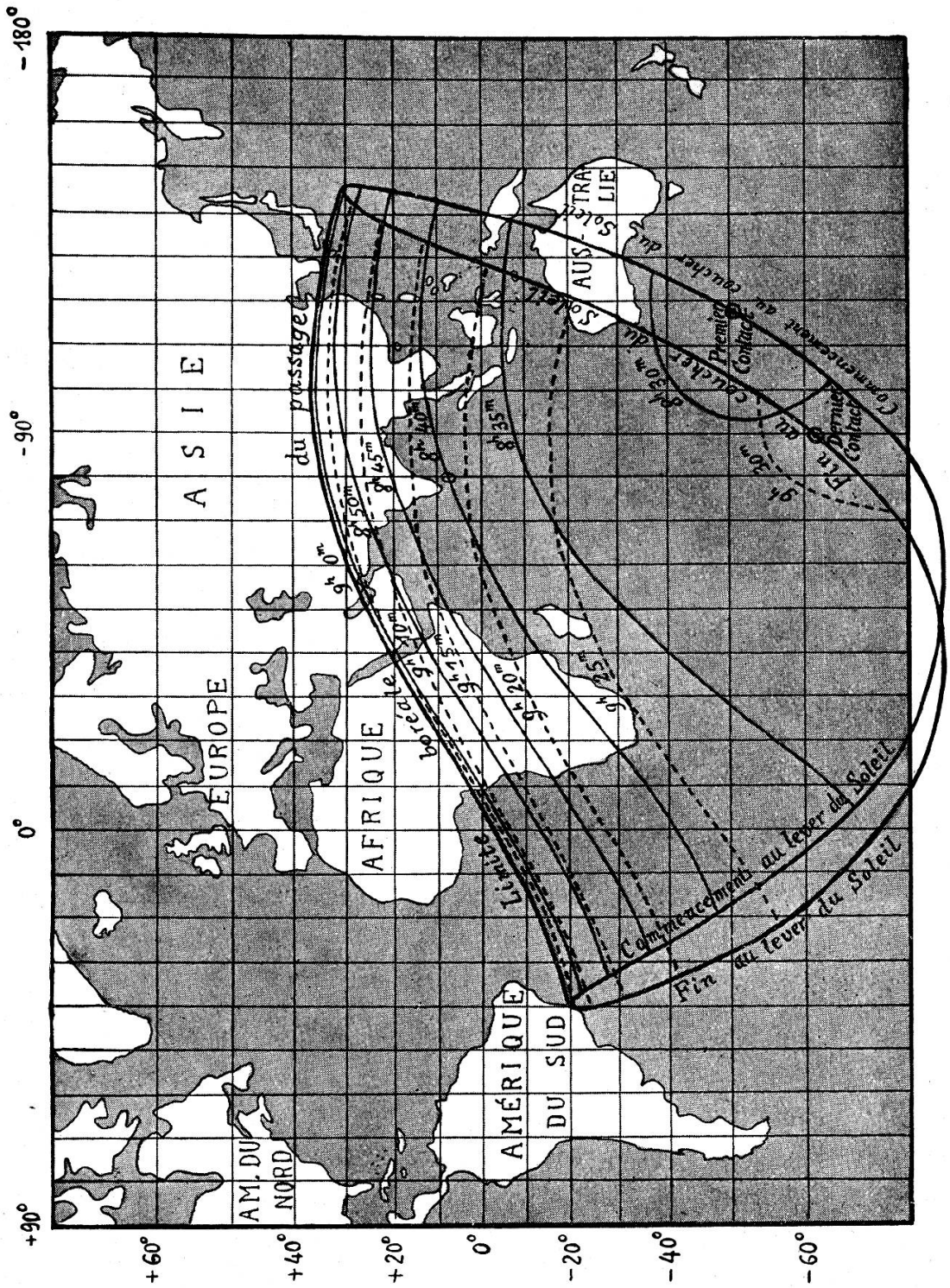

Fig. 4. — Carte générale du passage de Mercure du 11 mai 1937.

régions très australes, l'incertitude est plus grande, mais ces régions étant inhabitées cela n'a guère d'importance. L'isochrone de 9 h. 0 m. correspondant presque exactement au maximum général du phénomène, on l'a considérée comme limite boréale de visibilité.

Ayant donc lu sur la carte dans quel intervalle de 5 m. le contact aura lieu dans l'endroit intéressé, on entrera avec ceci dans le tableau des constantes, donné ci-après. On aurait pu donner directement les valeurs de log k sin φ', log k cos φ', et mk; mais les valeurs séparées données ici ont une allure beaucoup plus régulière, et k étant un facteur commun cela ne complique guère le calcul.

Tableau des constantes.

Intervalle	T_1	k	log sin φ'	log cos φ'	λ'	m
8 h. 30 m. – 8 h. 35 m.	8 h. 30 m.	— 16,0	9,906–	9,773	— 116°,2	+ 0,95
8 h. 35 m. – 8 h. 40 m.	8 h. 35 m.	— 18,9	9,912–	9,762	— 113°,9	+ 0,64
8 h. 40 m. – 8 h. 45 m.	8 h. 40 m.	— 24,0	9,917–	9,751	— 111°,6	+ 0,38
8 h. 45 m. – 8 h. 50 m.	8 h. 45 m.	— 36,3	9,922–	9,740	— 109°,2	+ 0,17
8 h. 50 m. – 8 h. 55 m.	8 h. 50 m.	— 55,5	9,927–	9,728	— 106°,7	+ 0,03
8 h. 55 m. – 9 h. 00 m.	8 h. 55 m.	— 254	9,932–	9,716	— 104°,2	— 0,05
9 h. 00 m. – 9 h. 05 m.	9 h. 00 m.	+ 137	9,936–	9,704	— 101°,6	— 0,07
9 h. 05 m. – 9 h. 10 m.	9 h. 05 m.	+ 59,2	9,940–	9,691	— 98°,9	— 0,03
9 h. 10 m. – 9 h. 15 m.	9 h. 10 m.	+ 33,5	9,944–	9,678	— 96°,1	+ 0,04
9 h. 15 m. – 9 h. 20 m.	9 h. 15 m.	+ 23,4	9,948–	9,665	— 93°,3	+ 0,19
9 h. 20 m. – 9 h. 25 m.	9 h. 20 m.	+ 19,1	9,951–	9,651	— 90°,3	+ 0,40
9 h. 25 m. – 9 h. 30 m.	9 h. 25 m.	+ 15,3	9,955–	9,638	— 87°,3	+ 0,67

La seule discontinuité numérique se trouve dans les valeurs de k vers 9 h. 0 m., provenant du changement de signe de cos ζ_2 — cos ζ_1 au dénominateur; ceci entraîne quelque incertitude dans les contacts au voisinage de cette époque, mais cela correspond à l'incertitude inévitable de la détermination des contacts près de la limite boréale de visibilité; ici l'exactitude de l'observation est aussi très faible.

A l'aide de ces nombres, on pourra calculer sans difficulté le contact cherché d'après l'équation (5). Quant à l'angle de position, on prendra simplement sa valeur géocentrique, comme

suit (compté sur le bord du Soleil dans le sens point nord, deuxième bord, point sud):

T	Angle
8 h. 30 m.	146°,9
8 h. 45 m.	150°,4
9 h. 00 m.	154°,0
9 h. 15 m.	157,°6
9 h. 30 m.	161°,1

Exemple. On demande les époques du contact extérieur d'entrée et du contact extérieur de sortie pour Madras (Indes), dont les coordonnées sont: $\varphi = +13°,1$ et $\lambda = -80°,2$. On voit par la carte que le contact d'entrée a lieu dans l'intervalle 8 h. 40 m. à 8 h. 45 m. et celui de sortie dans l'intervalle 9 h. 15 m. à 9 h. 20 m. Prenant dans le tableau des constantes les valeurs qui correspondent à ces intervalles on obtient par (5) pour le contact d'entrée l'époque 8 h. 42 m., 4 et pour celui de sortie 9 h. 16 m., 1.

Pour contrôler ces nombres nous avons effectué un calcul des positions apparentes, affectées de la parallaxe, des deux astres à ces instants; il en résulte une distance des centres à 8 h. 42 m., 4 de 955″,85, à 9 h. 16 m., 1 de 955″,90, alors que la somme des rayons est 955″,88. L'accord est très satisfaisant. Les angles de position sont 149°,8 et 157°,8.

Les annuaires anglais et allemand donnent l'entrée pour Madras à 8 h. 44 m. et la sortie à 9 h. 16 m. En général il faut remarquer que nos chiffres, d'après une comparaison de 5 stations, diffèrent relativement à ceux de ces annuaires, en moyenne de — 2 m., 1 pour les entrées et + 0 m., 2 pour les sorties. Ces différences proviennent sans doute des petits écarts entre les positions des astres adoptées par le *Nautical Almanac* et le *Berliner Jahrbuch*, et celles données par la *Connaissance des Temps* sur lesquelles nos calculs sont basés. Il a déjà été remarqué que dans le cas présent la moindre altération des positions peut entraîner une variation assez considérable dans les époques calculées.

En résumé: le procédé décrit ici permet de calculer un passage rasant (quand Δt est choisi suffisamment petit) avec une exactitude et une simplicité de calcul analogues à celles de la méthode originale de Lagrange pour les passages ordinaires, qui est inapplicable ici. C'est là une solution plus simple que l'utilisation des formules des éclipses. Une illustration en est donnée par le cas du passage de Mercure de 1937, et en particulier par l'exemple de calcul pour Madras et sa vérification par le calcul des parallaxes.

* * *

Le phénomène sera donc visible des régions indiquées par la carte. En Europe le Soleil sera au-dessus de l'horizon, mais la planète n'entrera pas sur le disque solaire. Par contre, comme son bord s'approchera, à Genève, jusqu'à 4″,0 du bord solaire, on pourra la distinguer à l'aide d'un spectroscope (par exemple en utilisant la raie rouge Hα de l'hydrogène), se détachant en noir sur la chromosphère solaire, de la même façon qu'on observe les protubérances. Peut-être sera-t-il possible de mesurer ainsi la distance des bords, afin de remplacer l'observation des contacts, impossible dans nos régions.

Bâle, novembre 1935.