

DOSSIER: TRANSIT DE VENUS

Introduction

Quand vous lirez ces lignes, Vénus sera passée devant le Soleil. Mais au moment où nous écrivons, nous ne savons pas encore si les observations se seront bien déroulées. On peut espérer qu'il y aura eu quelques régions de ciel dégagé. En revanche, nous ne savons pas si le Soleil aura eu des taches. Si oui, la superposition de clichés pris au même moment depuis des sites distants sera relativement facile, les taches fournissant l'orientation du Soleil. Mais si le Soleil est immaculé, comment faire?

Nous publions ci-dessous une méthode due à Béatrice Sandré, méthode qui devrait permettre de faire cette superposition si le protocole CLEA a été suivi et

si, de ce fait, plusieurs clichés, pris à 30 minutes d'intervalle, sont disponibles.

Une autre difficulté peut apparaître. Si l'une des photos est prise au lever ou au coucher du Soleil, la réfraction peut intervenir. Les rayons lumineux s'incurvent en entrant dans l'atmosphère. L'effet est du second ordre car nous nous référons au bord du Soleil. Mais il faut penser que l'effet n'est pas seulement un déplacement global de l'image, il y a une déformation de l'image qui peut être préjudiciable à la mesure précise. Nous donnons une évaluation de cet effet dans un petit encadré ci-dessous.

Souhaitons la réussite à ceux qui essaieront d'évaluer la distance de l'astre solaire.

Comment superposer les photos en l'absence de taches solaires ?

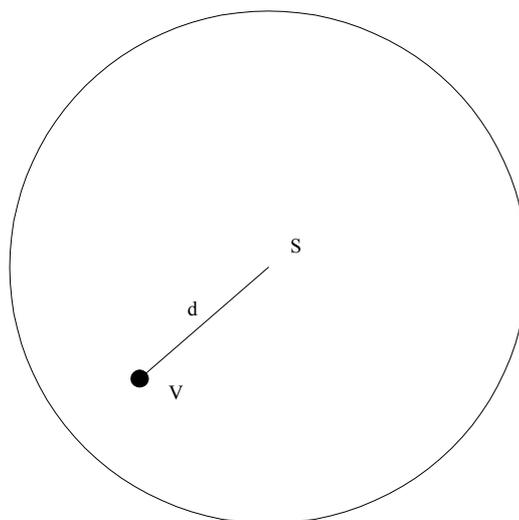
Béatrice Sandré

En l'absence de taches solaires, il est possible de superposer les photos à condition d'en avoir pris plusieurs à intervalles de temps réguliers.

Supposons par exemple qu'on prenne des photos du passage de Vénus depuis Bures sur Yvette (Essonne) et Saint Paul de la Réunion à 6 h, 7 h, 8 h, 9 h et 10 h T.U. le 8 Juin prochain (il faut au moins trois photos).

Sur chacune des photos, on aura le Soleil dont il est facile de déterminer le centre S (en traçant par exemple les médiatrices de deux cordes) et Vénus dont le centre sera noté V.

On mesure avec un maximum de précision et sur chaque photo la distance d entre S et V. Les valeurs de d exprimées en secondes d'arc sont données dans le tableau ci-dessous (simulation faite avec les éphémérides du bureau des longitudes) :



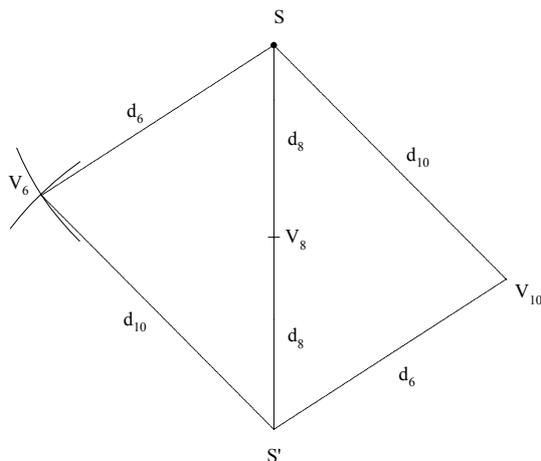
	Bures sur Yvette	Saint Paul
6 h	139,2	136,6
7 h	114,5	110,7
8 h	99,4	95,0
9 h	98,5	94,6
10 h	112,4	109,8

Superposition des photos vues de Bures sur Yvette :

Sur une feuille de papier, on place vers le centre le point V_8 représentant le centre de Vénus à 8 h T.U. On dessine ensuite un segment SS' de longueur $2 d_8$ dont V_8 est le milieu. Une des extrémités est le centre S du Soleil.

La figure formée par S, V_6, S', V_{10} est un parallélogramme de côtés d_6 et d_{10} et de diagonale $2 d_8$ dont V_8 est le milieu.

Pour placer V à la date 6 h T.U., il suffit donc de tracer deux arcs de cercle, l'un de centre S et de rayon d_6 , l'autre de centre S' et de rayon d_{10} . V_6 est à leur intersection. On peut de même placer V_{10} .



Puis, de la même façon V_7 et V_9 . Les points $V_6, V_7, V_8, V_9,$ et V_{10} doivent être alignés et représentent la corde décrite par Vénus sur le Soleil, vue depuis Bures sur Yvette.

Superposition des photos vues de Saint Paul de la Réunion :

On reprend le même travail avec les photos vues depuis Saint Paul de la Réunion mais sur une feuille de papier calque. Les points $V_6, V_7, V_8, V_9,$ et V_{10} doivent être alignés et représentent la corde décrite par Vénus sur le Soleil, vue depuis Saint Paul.

Superposition des photos vues depuis Bures sur Yvette et Saint Paul de la Réunion :

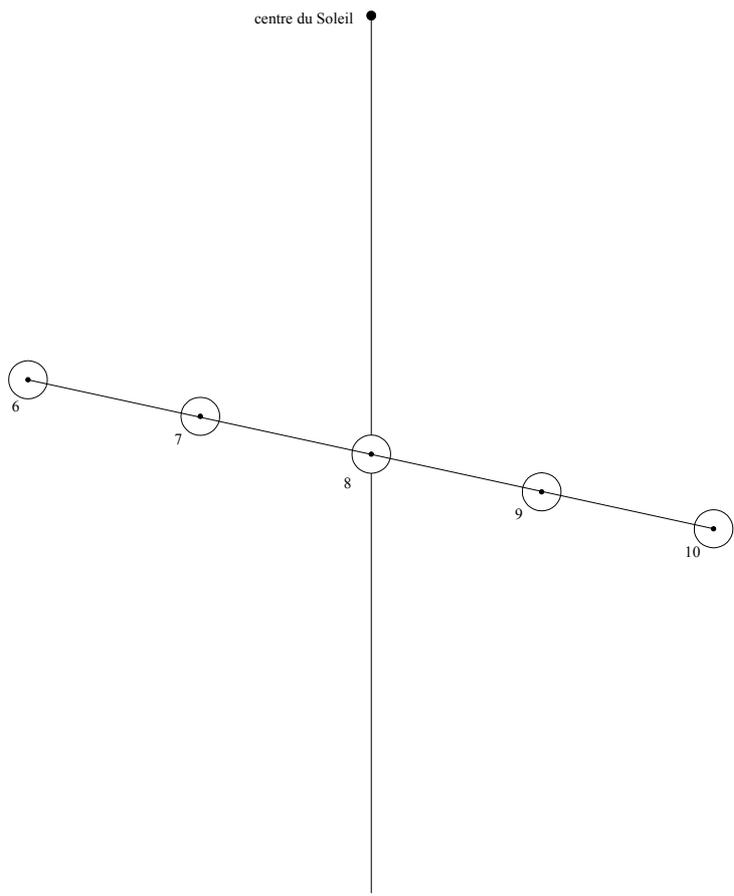
Les deux cordes décrites par Vénus vue depuis Bures sur Yvette et Saint Paul étant parallèles, il faut placer la feuille de calque (Saint Paul) sur la feuille de dessin (Bures) en faisant coïncider les deux points S (avec une épingle par exemple), et faire tourner la feuille de calque autour de l'épingle jusqu'à ce que les deux cordes soient parallèles. On peut alors définitivement fixer les deux figures l'une par rapport à l'autre.

On constate que l'écart angulaire entre les centres de Vénus à une même heure (quelle qu'elle soit) est égal au rayon apparent de Vénus soit environ $30''$.

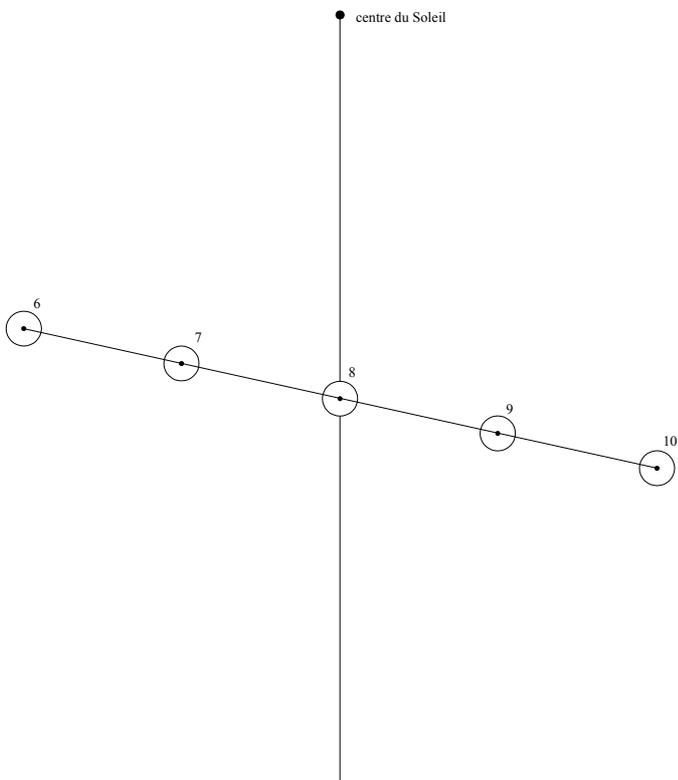
La réfraction atmosphérique

Nous voulons mettre en garde les utilisateurs contre un risque d'erreur, sournois, mais bien réel : la réfraction atmosphérique. Notons ζ la distance zénithale (distance angulaire entre le zénith et la ligne de visée réelle) d'une étoile et ζ_0 la distance zénithale apparente. On peut montrer qu'en première approximation on a :

$\zeta - \zeta_0 = 60,3 \tan \zeta_0$, le résultat étant en secondes d'angle. Cette relation n'est valable que pour $\zeta_0 \leq 75^\circ$. On voit qu'à 45 degrés, sur un objet de la taille du Soleil ($0,5^\circ$ de diamètre), l'aplatissement angulaire est de 1 seconde d'angle (1/20 de l'angle que l'on veut mesurer). Mais à 75° du zénith (15° au-dessus de l'horizon), l'écart atteint 8 secondes d'angle (1/3 de l'angle à mesurer). Pour la comparaison des paires de photographies du transit vénusien, il faudra prendre celles de plus faible distance zénithale possible. GP

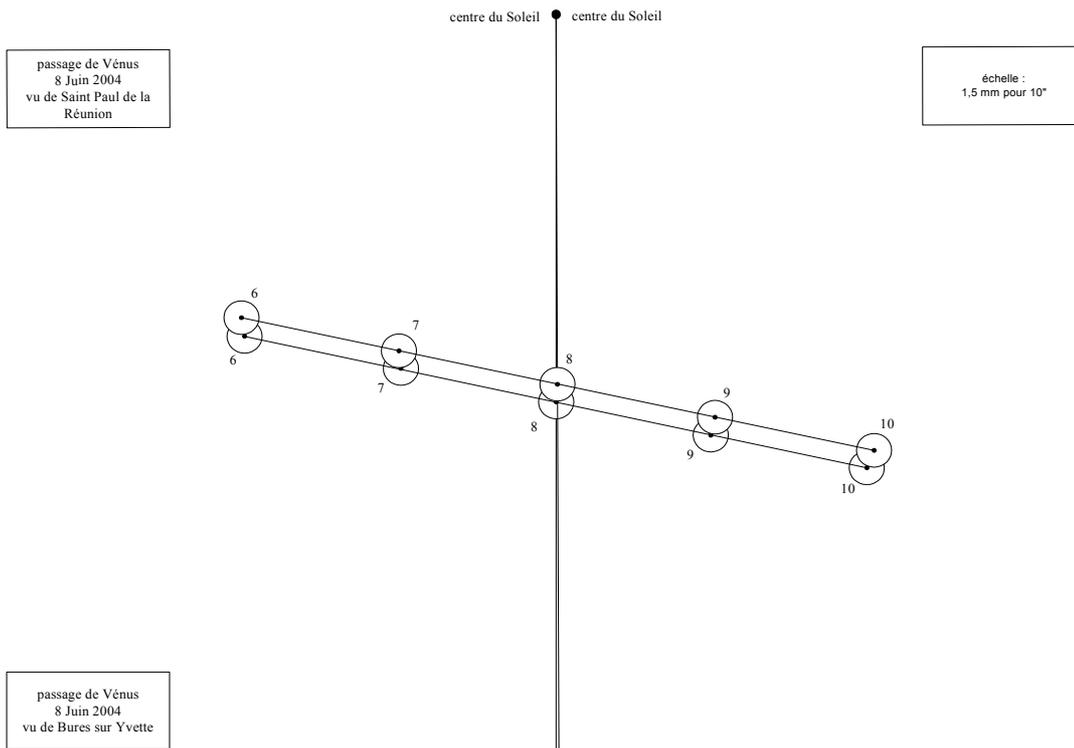


passage de Vénus
8 Juin 2004
vu de Bures sur Yvette



passage de Vénus
8 Juin 2004
vu de Saint Paul de la
Réunion

échelle :
1,5 mm pour 10"



Les documents anciens:

Astronomie des Dames G. Paturel, Observatoire de Lyon

En furetant dans une brocante je suis tombé tout à fait par hasard sur un livre de Camille Flammarion. Ce livre, intitulé "Astronomie des Dames - Précis d'Astronomie descriptive", fut publié pour la première fois en novembre 1903 et republié en 1933 chez l'éditeur Ernest Flammarion. Cet ouvrage, a été dédié à Madame C.-R. Cavaré, membre fondateur de la Société Astronomique de France (SAF) et première femme membre de cette "vaste Association".

Pourquoi une "Astronomie des Dames"⁶?

Camille Flammarion explique dans l'introduction qu'il refusa tout d'abord d'écrire un tel livre en posant la question : "Est-ce que le cerveau des dames et des demoiselles n'est pas fait comme le nôtre ?"

Il se laissa convaincre finalement sur l'argument que "non seulement elles [les dames et les demoiselles]

comprendront tout, mais encore s'y intéresseront". Et il conclut : "Oui, certes, l'Astronomie est faite pour la femme".

Les pages que j'ai choisies expliquent quelques méthodes de détermination de la distance Terre Soleil, dont, bien entendu, la méthode mettant à profit le transit de Vénus devant le Soleil. Mais attention, la formulation dans la dernière phrase de la page 332 prête à confusion ; il faudrait lire : "La mesure de cet angle permet de calculer la parallaxe du Soleil", car l'angle en question n'est pas la parallaxe du Soleil (voir CC n° 105).

⁶ Camille Flammarion eut un prédécesseur célèbre en la personne de Jérôme de Lalande qui écrivit au dix-huitième siècle une Astronomie des Dames à l'instigation de sa nièce, M^{me} Le Français de Lalande.

moins 8 ans, 8 ans 113 ans 1/2 plus 8 ans.

Ainsi, il y a eu un passage en juin 1761, puis un autre 8 ans après, en juin 1769. Le suivant à eu lieu 113 ans 1/2 moins 8 ans ou 105 ans 1/2 après le précédent, soit en décembre 1874, et le suivant en décembre 1882. Les prochains auront lieu en juin 2004 et juin 2012. Eh bien! à ces époques attendues avec impatience, les astronomes observent le passage de Vénus devant le Soleil, en deux stations de la Terre (*A* et *B*) aussi éloignées que possible l'une de l'autre, et marquent les deux points (*V*¹ et *V*²) où la planète, vue

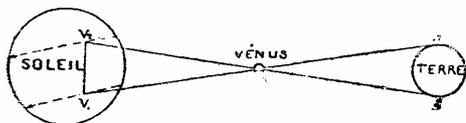


Fig. 85. — Mesure de la distance du Soleil.

de chacune de leurs stations, paraît se projeter au même moment sur le disque solaire. Cette mesure donne l'écartement d'un angle formé par deux lignes qui, partant de deux points différents de la Terre, se croisent sur Vénus et vont aboutir au Soleil. Vénus se trouve être ainsi le sommet de deux angles égaux, et la base de chacun d'eux repose l'une sur la Terre, l'autre sur le Soleil. La mesure de cet angle donne ce que l'on nomme la parallaxe du Soleil, c'est-à-dire la dimension sous

par d'autres moyens dont les résultats concordent parfaitement avec le précédent. Les deux principaux sont basés sur la vitesse de la lumière. La propagation de la lumière n'est pas instantanée, et malgré l'extrême rapidité de son mouvement, il lui faut un certain temps pour se transmettre d'un point à un autre. On a mesuré, sur la Terre même, que cette vitesse est de 300 000 kilomètres par seconde. Pour venir de Jupiter à la Terre, elle emploie de 30 à 40 minutes, selon la distance de la planète. Or, en examinant les éclipses des satellites de Jupiter, on a constaté qu'il y a 16 minutes 34 secondes de différence entre le moment où elles arrivent lorsque Jupiter se trouve d'un côté ou de l'autre du Soleil relativement à la Terre, au minimum et au maximum de distance. Si la lumière emploie 16 minutes 34 secondes pour traverser l'orbite terrestre, il lui faut moitié moins de temps ou 8 minutes 17 secondes pour nous venir du Soleil situé au centre. Connaissant la vitesse de la lumière, on trouve facilement la distance du Soleil en multipliant 300 000 par 8 minutes 17 secondes ou 497 secondes, ce qui donne 149 millions de kilomètres environ.

Une autre méthode, basée également sur la vitesse de la lumière, fournit un résultat confirmatif. Un exemple familier nous le fera comprendre : supposons-nous placés sous une pluie verticale ;

laquelle on verrait la Terre à la distance du Soleil. La loi de Kepler exposée plus loin établit que la distance AB est les $\frac{37}{100}$ de la ligne $V_1 V_2$.

La petite planète Eros a été également employée avec succès dans le même but.

Ainsi, on a trouvé que le demi-diamètre de la Terre vu du Soleil mesure 8''80. Or, nous savons qu'un objet présentant un angle d'un degré est éloigné à 57 fois sa longueur.

Le même objet, s'il sous-tend un angle d'une minute ou la 60^e partie d'un degré, indique par la mesure de son angle qu'il est 60 fois plus éloigné, soit à 3 438 fois.

Enfin, un objet qui mesure une seconde, ou la 60^e partie d'une minute, est éloigné à 206 265 fois sa longueur.

Nous trouvons par cela même que la Terre est éloignée du Soleil à $\frac{206.265}{8.821}$, soit à 23 439 fois son demi-diamètre, c'est-à-dire à 149 millions de kilomètre en nombre rond. Cette mesure est aussi précise que celle de la distance de la Lune.

J'espère que mes lectrices ont aisément compris cette méthode fort simple des triangulations, qui nous ont fait connaître avec une certitude absolue la distance de deux grands flambeaux célestes auxquels nous devons la radieuse lumière du jour et la douce illumination de nos nuits.

D'ailleurs, la distance du Soleil a été confirmée

le degré d'inclinaison de notre parapluie dépendra du rapport de notre marche avec celle des gouttes de pluie. Plus nous courrons vite, plus nous devons incliner notre parapluie pour ne pas recevoir les gouttes d'eau. Eh bien, le même fait se produit pour la lumière. Disséminées dans l'espace, les étoiles versent dans les cieux des flots de lumière. Si la Terre était immobile, les rayons lumineux nous arriveraient directement. Mais notre planète court, vole avec une grande vitesse, et dans nos observations astronomiques, nous sommes obligés de suivre son mouvement et d'incliner nos télescopes dans la direction de sa marche. Ce phénomène, connu sous le nom d'*aberration* de la lumière, est le résultat des effets combinés de la vitesse de la lumière et du mouvement de la Terre. Il montre que la vitesse de notre globe égale 1/10 000 de celle de la lumière, c'est-à-dire qu'elle est en nombre rond de 30 kilomètres par seconde. Notre planète accomplit donc sa révolution autour du Soleil le long d'une orbite qu'elle parcourt en raison de 30 kilomètres par seconde, ou 1786 kilomètres par minute, ou 107 000 kilomètres à l'heure, ou 2 572 000 kilomètres en un jour, ou 939 millions de kilomètres en un an. Telle est la longueur de la route elliptique décrite par la Terre dans sa translation annuelle.

La longueur de l'orbite étant ainsi trouvée, on

Un peu d'histoire: I - Les premières observations du transit de Vénus

Jean-Noël Terry

Résumé : *Cette série d'articles sur les transits de Vénus est sans prétention : son seul but est de vous faire partager le plaisir que j'ai eu à « écouter » les passionnés d'astronomie des siècles précédents. Ils ont tenté l'observation, ont souvent échoué... et ont recommencé ! Allons à leur rencontre.*

Mots-clefs : HISTOIRE - SYSTEME SOLAIRE - ECLIPSE

Vénus est plus grosse et plus proche de nous que Mercure et son transit peut être observé à l'œil nu. Une première observation par **un astronome arabe** daterait de 639, à moins qu'il ne s'agisse d'une tache solaire.

Kepler avait annoncé un transit de Vénus pour le 6 décembre 1631 (de notre calendrier). **Gassendi** avait observé le transit de Mercure de cette année, il voulut faire de même et, prudent, observa du 5 décembre au 7 décembre, entre les nuages... en vain. Il ne savait pas que le transit avait eu lieu dans la nuit du 6 au 7 décembre (Soleil sous l'horizon en France) ! Kepler n'avait pas prévu de transit avant 1761, ignorant qu'ils allaient par paires séparées de 8 ans.

Heureusement, **Jeremiah Horrocks** (1619-1641), mathématicien, né près de Liverpool en 1619, repéra la possibilité, en étudiant les calculs de Kepler, en octobre 1639, d'un transit le dimanche 4 décembre 1639 à 15h.

Fils de fermier, Horrocks entre à 13 ans dans un collège de Cambridge, il y apprend seul l'astronomie. Il serait devenu clergyman (ce point est discuté). Toujours est-il qu'en 1635 il retourne à Toxteth, sa ville natale. Il utilise les lois de Kepler pour prouver que l'orbite de la Lune autour de la Terre est une ellipse.

Il observa le transit par projection avec une lunette galiléenne, comme Gassendi, obtenant une image de 15 cm de diamètre du Soleil. Il nota que Vénus était beaucoup plus noire que les taches solaires. Il commença à observer la veille.

Puis de 9h à midi sans interruption, puis par alternance jusqu'à 13h. Mais il rata le début du phénomène car il s'était absenté « pour aller à des obligations de la plus haute importance » (religieuses ?). Il fit 3 repérages avant le coucher du Soleil. Il semble ignorer le problème de la réfraction atmosphérique. Il fit l'erreur

de considérer que toutes les planètes sous-tendent le même angle depuis le centre du Soleil. Il rédigea ses observations dans « Venus in Sole Visa » publié par Hevelius en 1662. D'autres parties de son travail sur Vénus seront éditées par John Wallis en 1672.

Horrocks calcula la position du nœud de l'orbite de Vénus, estima le diamètre apparent à moins d'une minute d'arc, une parallaxe solaire à 14'', soit une distance Terre-Soleil d'environ 14 700 rayons terrestres.

Mais il meurt le 2 janvier 1641, à 22 ans. Horrocks est représenté sur deux vitraux de l'église St-Michel à Hoole.

En 1677, **Edmond Halley** (1656-1742) va orienter les observations à venir. Le 7 novembre de cette année-là, il était à l'île de Ste-Hélène pour dresser un catalogue d'étoiles. Il nota, pour calculer la parallaxe du Soleil, l'entrée de Mercure dans le limbe, mais remarqua que la petite taille de Mercure empêchait d'atteindre une précision suffisante. Vénus était plus adaptée. Mais le transit de Vénus à venir était en 1761 : Halley aurait eu 108 ans. Il se limita à décrire la procédure à suivre dans un article publié dans les Philosophical transactions of the Royal Society en 1691, 1694 et 1716.

La méthode consistait à comparer les temps de passage de Vénus, entre le premier et le dernier contact intérieurs, mesurés depuis plusieurs lieux situés à des latitudes différentes, ce qui donne accès à la parallaxe de Vénus, puis du Soleil. Il exclut Mercure pour cause de parallaxe trop faible.

Halley espérait une parallaxe solaire à 1/500 près à condition d'observer les contacts à 2 secondes près. Mais il fallait se rendre sur des lieux d'observation éloignés, et déterminer avant, avec précision, leur latitude et leur longitude.

Il est intéressant de donner ce passage du papier de Halley, où il souhaite « bonne chance » aux générations futures d'astronomes, en 1716 :

« We therefore recommend again and again, to the curious investigators of the stars to whom, when our lives are over, these observations are entrusted, that they, mindful of our advice, apply themselves to the undertaking of these observations vigorously. And for them we desire and pray for all good luck, especially that they be not deprived of this coveted spectacle by the unfortunate obscuration of cloudy heavens, and that the immensities of the celestial spheres, compelled to more precise boundaries, may at last yield to their glory and eternal fame. »

(Nous recommandons encore et encore aux explorateurs curieux des étoiles à qui, quand nos vies seront terminées, ces observations sont destinées, de s'appliquer eux-mêmes à entreprendre ces observations avec détermination, en étant attentifs à nos conseils. Nous prions pour eux et nous leur souhaitons bonne chance afin que l'infortune d'un ciel nuageux ne les prive pas de ce spectacle convoité, et pour que les immensités des sphères célestes, circonscrites dans des limites plus précises, puissent en fin de compte leur procurer de la gloire et une renommée éternelle.)

Curieusement la méthode de Halley eut du mal à s'imposer. En particulier, **William Whiston** donna la liste des transits de Mercure et Vénus pour deux siècles, en estimant que Mercure était plus adaptée car on connaissait mieux son orbite. Il fut écouté par les astronomes français qui tentèrent des mesures en 1723 et 1753, pour conclure... qu'il avait tort !

■