

Par Gilbert Gastebois

1. Historique

En 1676, Römer, un jeune astronome danois qui avait été recruté au cours d'un voyage au Danemark par l'adjoint de Cassini, l'astronome royal de Louis XIV, étudiait les éclipses de Io le satellite de Jupiter découvert au début du siècle par Galilée. Pour avoir une plus grande précision, il mesurait une vingtaine de périodes sur environ un mois, puis, il recommençait aussi longtemps qu'il le pouvait au cours d'une année .

A son grand désappointement, il découvrit qu'il obtenait à chaque fois des valeurs différentes .

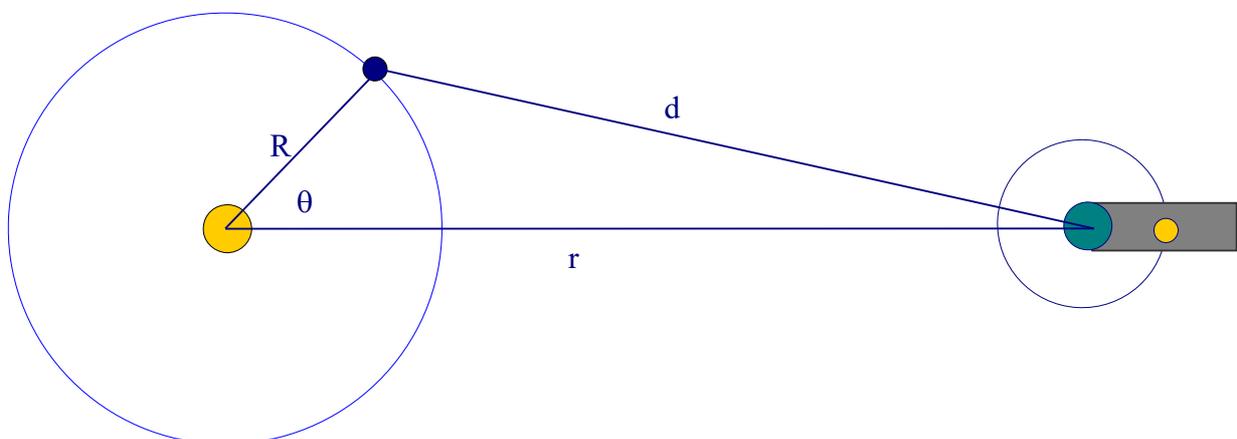
Io avait-elle une vitesse variable autour de Jupiter ? En adepte de la théorie de Kepler, cela ne lui semblait pas possible. En analysant ses résultats, il remarqua une certaine régularité dans les écarts observés. Quand la Terre se rapprochait de Jupiter, la période mesurée était plus courte et quand elle s'en éloignait, la période était plus longue. Il en déduisit que l'effet observé ne venait pas de Io, mais de son observation à partir de la Terre.

Il comprit alors que les résultats obtenus pouvaient s'expliquer si la vitesse de la lumière n'était pas infinie et que son temps de parcours depuis Jupiter était de quelques dizaines de minutes.

Il s'aperçut alors qu'il avait même un moyen de déterminer au moins approximativement la vitesse de la lumière compte tenu de la précision des horloges de son époque et surtout de la connaissance très approximative des dimensions du système solaire.

Si sa découverte fut en général bien acceptée par les astronomes européens comme Huygens, Halley ou Newton, elle fut rejetée par Cassini qui était son supérieur, il supposait plutôt que les écarts étaient dus à des « irrégularités inconnues » des trajectoires de Io et de Jupiter. Il est vrai qu'une partie des écarts est due à l'excentricité de l'orbite de Jupiter, mais il était difficile de justifier que ces irrégularités inconnues dépendent de la position de la Terre sur son orbite. Ces oppositions à la théorie de Römer étaient beaucoup plus personnelles que scientifiques . Cassini était jaloux de la notoriété soudaine de son jeune subordonné et craignait de perdre son poste prestigieux d'astronome royal et en Angleterre Hooke refusa la théorie au prétexte que la vitesse de la lumière obtenue était beaucoup trop grande ... En réalité c'était surtout une occasion de contredire Newton qu'il détestait.

2. Schéma



R Distance Soleil-Terre r Distance Soleil-Jupiter d Distance Terre-Jupiter
 θ Élongation de la Terre par rapport à la ligne de conjonction Terre-Jupiter.
 La durée séparant deux conjonctions (période synodique) est de 398,8 jours.
On néglige le rayon de l'orbite de Io devant r

3. Détermination de la vitesse de la lumière

On prend n périodes d'occultations de Io par Jupiter. La durée est donc de nT.

Au début la distance est d_1 et l'angle θ_1 , A la fin la distance est d_2 et l'angle θ_2

On a $d^2 = R^2 + r^2 - 2Rr \cos(\theta)$ donc

Le temps t, nécessaire pour l'arrivée de la lumière sur Terre est d/c

$$t_1 = d_1/c \quad \text{et} \quad t_2 = d_2/c$$

La durée apparente pour les n occultations sont donc

$$t_2 - t_1 = (d_2 - d_1)/c$$

L'écart observé est donc $\Delta t = t_2 - t_1 = (d_2 - d_1)/c$

avec $d_2 - d_1 = (R_2^2 + r_2^2 - 2R_2r_2 \cos(\theta_2))^{1/2} - (R_1^2 + r_1^2 - 2R_1r_1 \cos(\theta_1))^{1/2}$ donc

$$c = (d_2 - d_1)/\Delta t$$

Il suffit donc de bien connaître $R_1, R_2, r_1, r_2, \theta_1$ et θ_2 et la mesure de Δt détermine c.

Comment déterminer Δt sans connaître ni t_2 ni t_1 . Römer mesura une vingtaine de périodes apparentes et compara à la valeur qu'il attendait à partir de la valeur de T réelle. Δt était l'écart entre ces deux valeurs. Cela sachant que T n'était pas bien connu puisque c'est justement cette valeur que Römer cherchait à mesurer avec précision quand il s'est aperçu que cette valeur semblait fluctuer.

Sur un mois Δt n'excède pas 200 s, or l'occultation complète de Io dure 210 s... De plus, il faut que l'horloge ne se décale pas de plus d'une seconde par jour sinon la mesure est complètement faussée et cette précision n'était certainement pas courante à l'époque.

Pas simple de mesurer Δt avec précision dans ces conditions. Il n'est donc pas étonnant que Römer ait obtenu un résultat assez moyen malgré un grand soin dans ses mesures. Il a fini par estimer que la lumière mettait 22 minutes pour parcourir le diamètre de l'orbite terrestre. Ce qui donnait $c = 1,515 \cdot 10^3$ ua/s

Il ne pouvait guère aller plus loin car le diamètre de l'orbite terrestre était mal connu à l'époque. S'il avait connu précisément la valeur de l'unité astronomique, il aurait obtenu une vitesse voisine de 227000 km/s. Ce qui donne un bon ordre de grandeur...

Exemple de calcul approximatif : On considère des orbites circulaires de rayons :

$$R = 1 \text{ ua} \quad r = 5,2 \text{ ua} \quad \theta_1 = \pi/2 \quad n = 20 \quad T = 1,689 \text{ jours}$$

$$\theta_2 = \theta_1 + 2\pi nT/398,8 = 2,1 \text{ rd}$$

$$d_1 = 5,295 \text{ ua} \quad d_2 = 5,770 \text{ ua}$$

La mesure de Δt donne 250 s

On obtient : $c = 1,91 \text{ ua/s} = 286000 \text{ km/s}$

Pour avoir un meilleur résultat, il faudrait tenir compte des excentricités de la terre et de Jupiter