



Johannes Kepler
1571-1630

En utilisant les observations de Tycho Brahe, Kepler a déterminé des points de l'orbite de Mars. Les observations de Brahe étaient les plus précises jamais accumulées grâce aux grandes dimensions de ses instruments et celles-ci indiquaient que l'orbite de Mars n'était pas circulaire.

Johannes Kepler

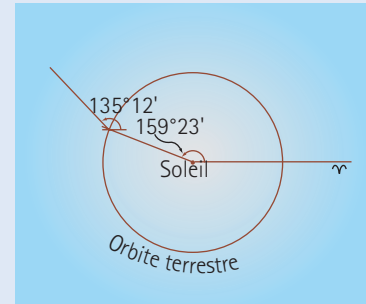
L'orbite de Mars

Les observations de la planète Mars héritées de Tycho Brahe ont été particulièrement utiles à Kepler pour déterminer la trajectoire elliptique de Mars. Nous allons illustrer comment en considérant les données du tableau suivant. Notons que Mars prend deux ans pour parcourir son orbite.

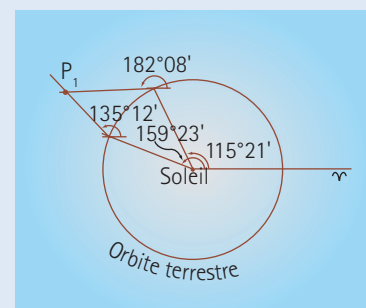
Observations de Mars par Tycho Brahe		
Date de l'observation	Terre Longitude héliocentrique	Mars Longitude géocentrique
17 février 1585 5 janvier 1587	159°23' 115°21'	135°12' 182°08'
19 sept 1591 6 août 1593	5°47' 323°26'	284°18' 346°56°
7 décembre 1593 25 octobre 1595	85°23' 41°42'	3°04' 49°42'
28 mars 1587 12 février 1589	196°50' 153°42'	168°12' 218°48°
10 mars 1585 26 janvier 1587	179°41' 136°06'	131°48' 184°42'

En utilisant ces observations, on peut déterminer cinq points de l'orbite de Mars. Voici comment. Considérons le Soleil au centre de l'orbite terrestre et prenons le point vernal (équinoxe de printemps) comme la direction 0°. En reportant la longitude héliocentrique de 159°23' de

la Terre, on détermine la position de la Terre par rapport au Soleil. Puis, à partir de cette position, on peut tracer la droite donnant la direction de la planète Mars puisque sa longitude par rapport à la Terre est alors de 135°12'.

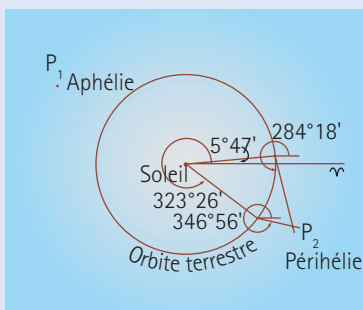


En procédant de la même façon pour les données du 5 janvier 1587, soit 115°21' pour la longitude héliocentrique de la Terre et 182°08' pour la longitude géocentrique de Mars, on obtient la direction de Mars à cette date.

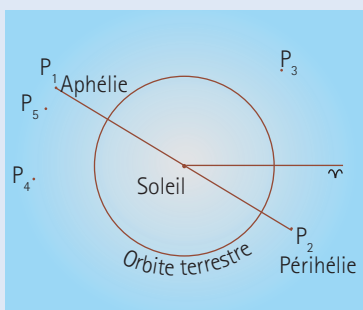


Le point de rencontre des directions de Mars du 17 février 1585 et du 5 janvier 1587 donne alors un premier point P_1 de l'orbite de la planète.

En procédant de la même façon pour les données du 15 septembre 1591, et celles du 6 août 1593, on peut déterminer un deuxième point P_2 de l'orbite de Mars. Ces deux points sont ceux choisis par Kepler pour l'aphélie¹ et le périhélie² de Mars.



En procédant de la même façon pour les autres données, on obtient cinq points de l'orbite de Mars. Le segment de droite joignant le périhélie et l'aphélie de Mars devrait être le diamètre de l'orbite de Mars si celle-ci est bien circulaire.



On peut alors déterminer le point milieu de ce diamètre et tracer le cercle passant par l'aphélie et le périhélie. Mais, ce cercle ne passe pas par tous les points de l'orbite.

Puisque par trois points passe une et une

1. Aphélie : point de l'orbite d'une planète qui est le plus éloigné du Soleil.
2. Périhélie : point de l'orbite qui est le plus près du Soleil

seule circonférence, on peut choisir trois des points et tracer le cercle qu'ils déterminent. Aucune des dix circonférences ainsi tracées ne passe par les cinq points de l'orbite. L'orbite est-elle bien circulaire? En considérant plutôt une ellipse, le segment joignant le périhélie et l'aphélie est alors l'axe focal. En considérant que le Soleil occupe l'un des foyers de l'ellipse, le second est à égale distance de l'autre côté du centre. On peut alors tracer une ellipse dont le paramètre a est la distance moyenne de la planète Mars au Soleil.

L'ellipse dont l'axe focal est le segment joignant le périhélie et l'aphélie est une meilleure représentation, un meilleur modèle des points de l'orbite de la planète Mars.

Signalons toutefois que Kepler n'a pas procédé par une analyse graphique des données comme nous l'avons fait ici. C'est par des calculs échelonnés sur plusieurs années que Kepler est parvenu à montrer que les orbites des planètes étaient elliptiques.

On considère aujourd'hui que c'est un heureux hasard qu'il se soit attaqué d'abord à l'orbite de Mars, car c'est la planète dont la trajectoire elliptique présente la plus grande excentricité. S'il avait commencé son étude par une autre planète, les différences entre les valeurs observées et le modèle circulaire n'auraient probablement pas été assez significatives et auraient pu être attribuées à des erreurs de mesure. Signalons également que la précision et la quantité des observations de Tycho Brahe ont été des facteurs déterminants. Si Kepler n'avait pu situer que trois points de l'orbite, le modèle circulaire aurait probablement été retenu.

Kepler a communiqué les résultats de ses travaux sur l'orbite de Mars dans un ouvrage dédié à Rodolphe II. La page titre de cet ouvrage indique que les calculs sont basés sur les observations de Tycho Brahe.

