

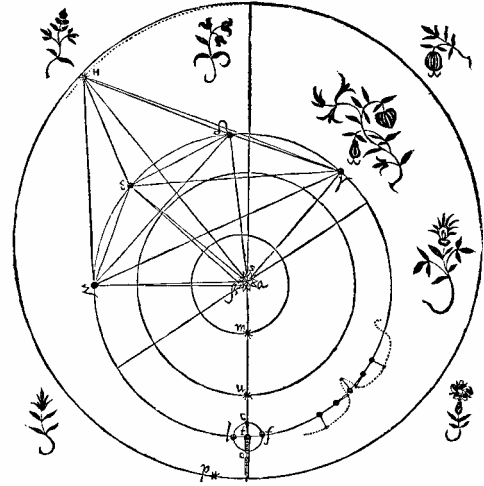
A propos de la période synodique d'une planète

Quand on étudie les mouvements des planètes, les lois fondamentales sont celles établies par Kepler au XVII^{ème} siècle. Tout naturellement on est alors amené à s'interroger sur la démarche suivie par Kepler pour établir la forme elliptique des trajectoires des planètes.

Pour trouver la forme de la trajectoire de Mars, Kepler a utilisé la méthode de la triangulation qui consiste à viser la planète chaque fois qu'elle a fait un tour complet et se retrouve ainsi à la même position dans un repère héliocentrique. La Terre n'occupe pas alors la même place sur son orbite, ce qui permet de trouver la distance de la planète par la méthode des parallaxes.

L'intervalle de temps qui sépare deux passages consécutifs d'une planète en un point de son orbite est appelé « période sidérale ». Mais comment peut-on connaître sa valeur quand on observe la planète depuis la Terre ?

CAP.
XXVII.



The triangulation that revealed the non-circular orbit of Mars, from the *Astronomia nova*.

Dans tous les bons ouvrages traitant de l'astronomie, une définition et une relation semble répondre à la question :

- l'intervalle de temps que l'on peut observer entre deux passages successifs d'une planète dans une situation déterminée par rapport au Soleil et à la Terre, est appelé « période de révolution synodique » de la planète (pour Mars la valeur indiquée est de 779,94 jours)
- la période sidérale P et la période synodique τ de la planète sont liées à la période sidérale T de la Terre par la relation :

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{T} - \frac{1}{\tau}$$

Si l'on peut mesurer, par l'observation, la période synodique τ , on connaîtra alors la période sidérale P.

Deux situations particulières peuvent être facilement identifiables par l'observateur : la conjonction et l'opposition de la planète avec le Soleil.

Il est quasiment impossible d'observer avec des élèves de tels phénomènes dans la réalité, mais heureusement il existe maintenant des logiciels qui reproduisent l'aspect du ciel et permettent de faire des mesures de positions d'étoiles ou de planètes comme si on était sous un beau ciel étoilé...

On peut ainsi les initier à une méthode d'observation avec relevés et mesures, certes virtuels, mais toutefois conformes aux faits qui se sont réellement produits.

Un logiciel de simulation des mouvements célestes permet de repérer facilement les instants où une planète est en opposition avec le Soleil. En effet au voisinage d'une opposition, la planète passe au méridien Sud (au-dessus de l'horizon) quand le Soleil se trouve dans le méridien Nord (en dessous de l'horizon) c'est-à-dire vers le minuit local.

Les deux dernières oppositions de Mars ont eu lieu le 15 juin 2001 et le 31 août 2003. Entre ces deux oppositions il s'est écoulé 807 jours. Ceci devrait être la période synodique de Mars, d'après la définition ci-dessus énoncée. Or elle est différente de la valeur 779,94 jours indiquée dans les livres !

En recherchant les oppositions qui ont eu lieu au cours du dernier demi siècle, on obtient le tableau suivant où figurent les dates ainsi que les constellations dans lesquelles l'observateur a vu la planète à ce moment là et l'intervalle de temps écoulé entre deux passages successifs :

<i>date des oppositions</i>	<i>constellations</i>	intervalle de temps
23 mars 1950	Vierge (début)	
1 ^{er} mai 1952	Balance	770 jours
24 juin 1954	Sagittaire	784 jours
10 septembre 1956	Verseau	809 jours
16 novembre 1958	Bélier-Taureau	797 jours
30 décembre 1960	Gémeaux	775 jours
4 février 1963	Cancer-Lion	766 jours
9 mars 1965	Lion	764 jours
15 avril 1967	Vierge	767 jours
31 mai 1969	Ophiucus	777 jours
10 août 1971	Capricorne	800 jours
25 octobre 1973	Poissons-Bélier	808 jours
15 décembre 1975	Taureau	782 jours
22 janvier 1978	Cancer	768 jours
25 février 1980	Lion	766 jours
31 mars 1982	Vierge	766 jours
11 mai 1984	Balance	772 jours
10 juillet 1986	Sagittaire	789 jours
28 septembre 1988	Poissons	811 jours
27 novembre 1990	Taureau	791 jours
7 janvier 1993	Gémeaux	772 jours
12 février 1995	Lion	765 jours
17 mars 1997	Vierge (début)	765 jours
24 avril 1999	Vierge (fin)	768 jours
13 juin 2001	Ophiucus	781 jours
28 août 2003	Verseau	806 jours

Une étude détaillée du tableau permet de prendre conscience des mouvements de Mars et de la Terre pendant ce demi siècle.

La Terre fait un tour autour du Soleil en un an et, d'année en année, retrouve la même position pour un jour donné du calendrier. Les dates permettent donc de déterminer, à chaque opposition, la position de la Terre sur son orbite.

Au moment d'une opposition la Terre, Mars et le Soleil sont alignés. A partir de la position de la Terre on connaîtra donc la direction de Mars.

On observe qu'à chaque opposition, la Terre et Mars n'occupent pas, sur leurs orbites respectives, les positions qu'elles avaient à l'opposition précédente. Entre deux oppositions successives, les deux planètes ne font donc pas un nombre entier de tours sur leurs orbites respectives.

Première opposition après celle du 23 mars 1950

Le 23 mars 1950, le Soleil, la Terre et Mars sont alignés.

L'observateur terrien voit Mars dans la direction de la constellation de la Vierge.

Le 1^{er} mai 1952, le Soleil, la Terre et Mars sont à nouveau alignés et l'observateur terrien voit la planète dans la direction de la constellation de la Balance.

Entre temps quel a été le déplacement de la Terre ?

Du 23 mars 1950 au 23 mars 1952 la Terre a fait 2 tours.

Du 23 mars 1952 au 1^{er} mai 1952 il s'est écoulé 39 jours pendant lesquels la Terre a avancé d'une fraction de tour équivalent à $39/365,25 = 0,11$ tour.

Au total la Terre a fait :

$$(2 + 0,11) \text{ tours} = 2,11 \text{ tours}$$

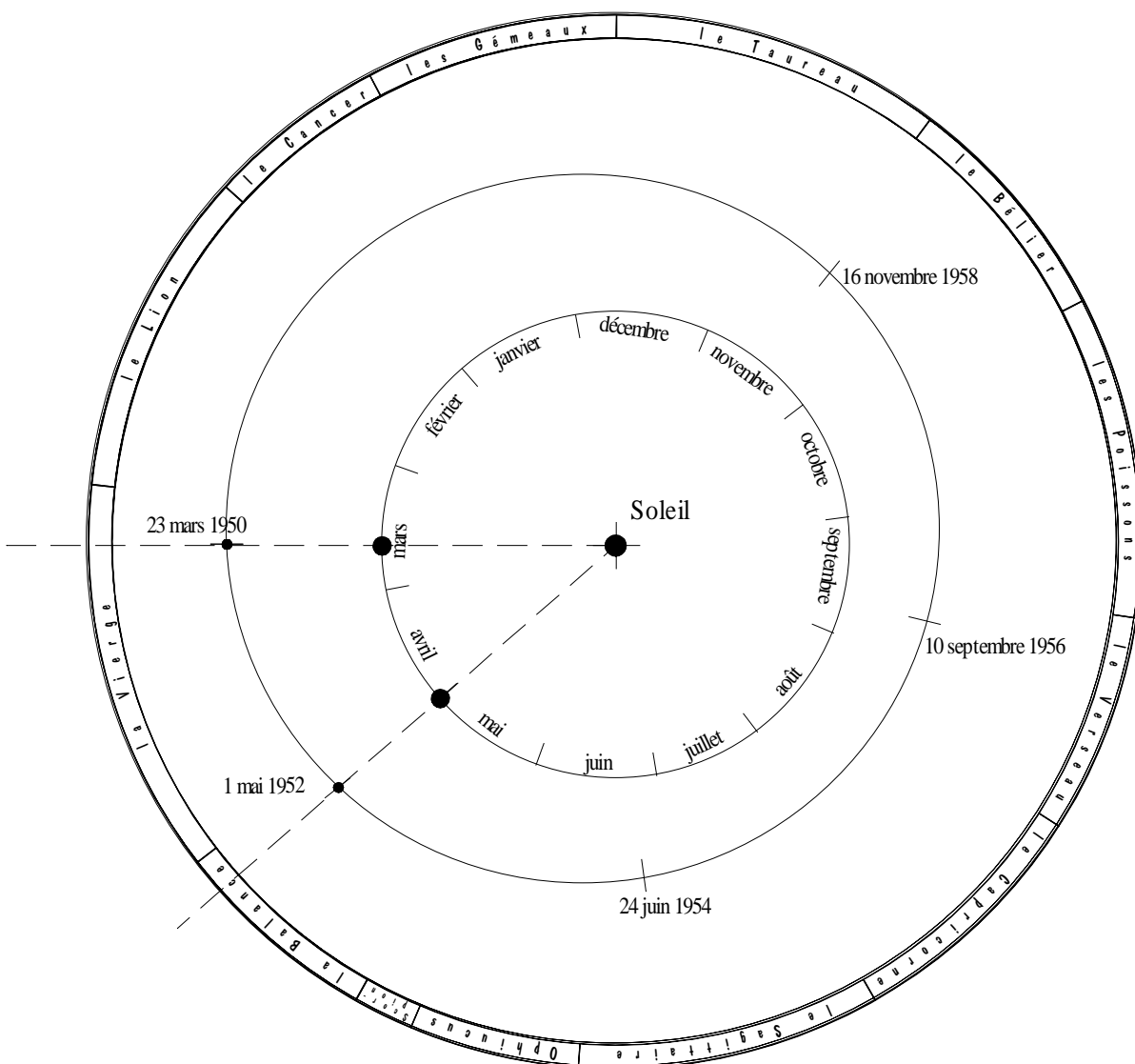
Pendant ce temps-là combien de tours Mars a-t-il fait sur son orbite ?

La fraction de tour qui est au-delà d'un nombre entier est la même que pour la Terre puisque Mars est à nouveau aligné avec le Soleil et la Terre.

Mais Mars va moins vite que la Terre : il aura donc fait 1 tour de moins que celle-ci.

Au total il aura donc fait :

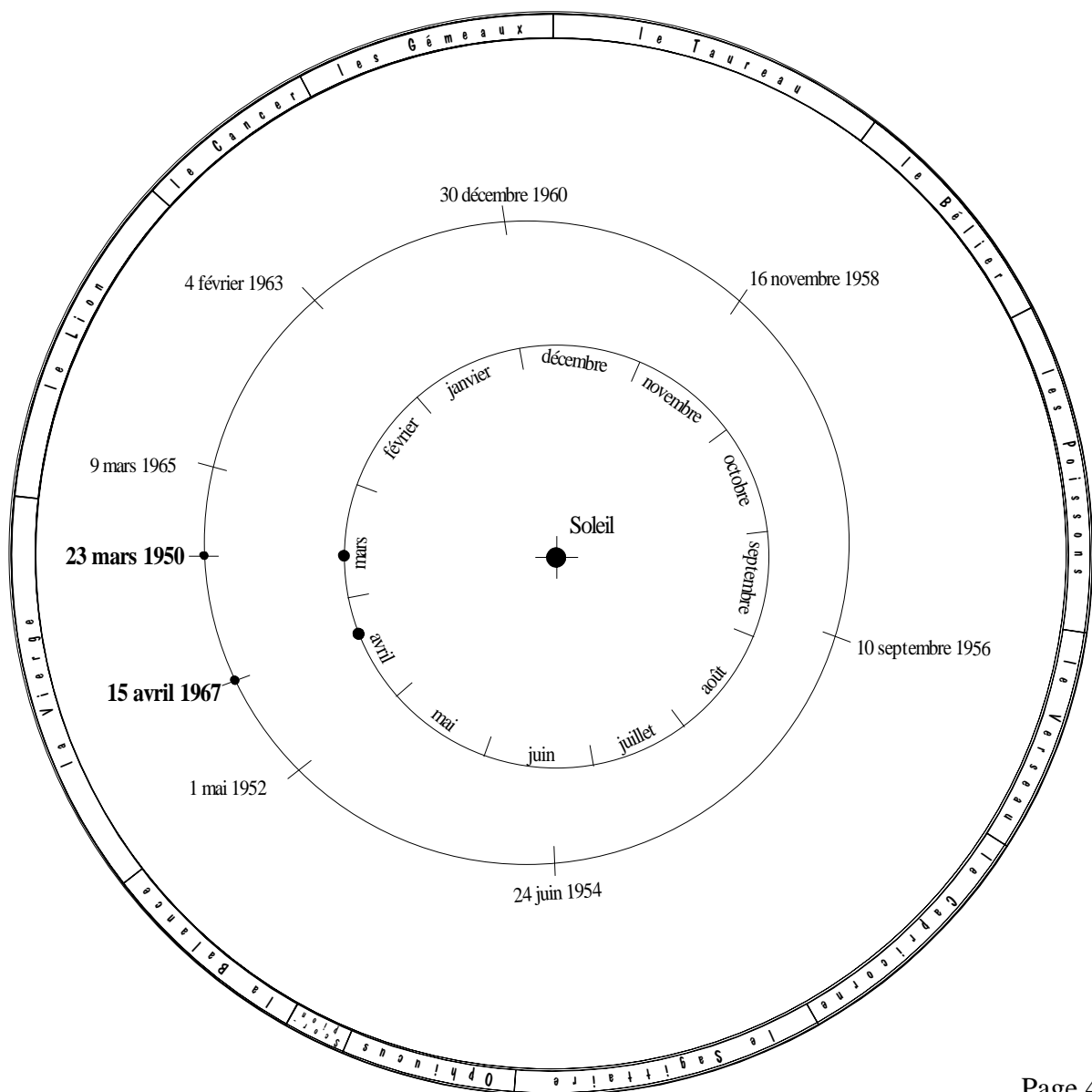
$$2,11 - 1 = 1,11 \text{ tours.}$$



Les oppositions du 23 mars 1950 au 15 avril 1967

En raisonnant de la manière précédente pour les oppositions suivantes, on obtient le tableau ci-dessous où figurent les nombres de tours effectués par la Terre et par Mars d'une opposition à l'autre.

<i>date des oppositions</i>	<i>intervalle de temps</i>	<i>Nombre de tours effectués par la Terre</i>	<i>Fraction de tour au-delà d'un nombre entier</i>	Nombre de tours effectués par Mars
23 mars 1950				
1 ^{er} mai 1952	770 jours	2,11	0,11	1,11
24 juin 1954	784 jours	2,15	0,15	1,15
10 septembre 1956	809 jours	2,21	0,21	1,21
16 novembre 1958	797 jours	2,18	0,18	1,18
30 décembre 1960	775 jours	2,12	0,12	1,12
4 février 1963	766 jours	2,10	0,10	1,10
9 mars 1965	764 jours	2,09	0,09	1,09
15 avril 1967	767 jours	2,10	0,10	1,10



Entre les oppositions du 10 septembre 1956 et du 16 novembre 1958, la fraction de tour au-delà d'un nombre entier vaut 0,21 ; elle est beaucoup plus grande que celle observée entre le 4 février 1963 et le 9 mars 1965 où elle ne vaut que 0,09.

Vers les mois d'août et septembre, Mars a sa vitesse la plus grande sur son orbite car il est proche de son périhélie, là où il est le plus près du Soleil. La Terre met alors plus longtemps à rattraper la planète que lorsque l'opposition se produit au voisinage de l'aphélie.

Du 23 mars 1950 au 15 avril 1967, l'addition de toutes les fractions de tour répertoriées dans la 4^{ème} colonne du tableau donne 1,06. Elle correspond donc à environ 1 tour supplémentaire ce qui est en accord avec le fait que la Terre retrouve, à l'opposition du 15 avril 1967, une position voisine de celle qu'elle avait le 23 mars 1950 (les deux dates du calendrier étant proches) et, que Mars est à nouveau observé dans la constellation de la Vierge.

Entre 23 mars 1950 et le 15 avril 1967, il s'est écoulé 17 ans et 22 jours soit **17,06 ans** :
la Terre a donc effectué **17,06 tours**

Cette durée correspond à **8** intervalles d'oppositions et, comme entre chaque opposition Mars fait un tour de moins que la Terre,

Mars a fait **(17,06 – 8) tours = 9,06 tours** en 17,06 ans soit 6 232 jours

Avec ces valeurs on trouve que pour faire un tour sur son orbite, Mars met :
 $6\,232 / 9,06 = 687,86$ jours

L'intervalle de temps qui sépare deux passages consécutifs d'une planète en un point de son orbite est sa « période sidérale ». C'est une grandeur constante dont la valeur est donnée dans les ouvrages relatifs aux planètes. La valeur indiquée pour Mars est de **686,980** jours.

La différence que l'on observe entre la valeur calculée ci-dessus et la valeur officielle peut s'expliquer par le fait qu'entre les deux oppositions du 15 avril 1967 et du 23 mars 1950 la Terre ainsi que Mars n'ont pas fait un nombre entier de tours. Le calcul effectué suppose en effet que pendant les 22 jours qui séparent le 23 mars du 15 avril la Terre et Mars se sont déplacées à vitesse constante ce qui n'est pas le cas dans la réalité. Pour obtenir un meilleur résultat il faut trouver des oppositions se produisant à des dates du calendrier plus proches.

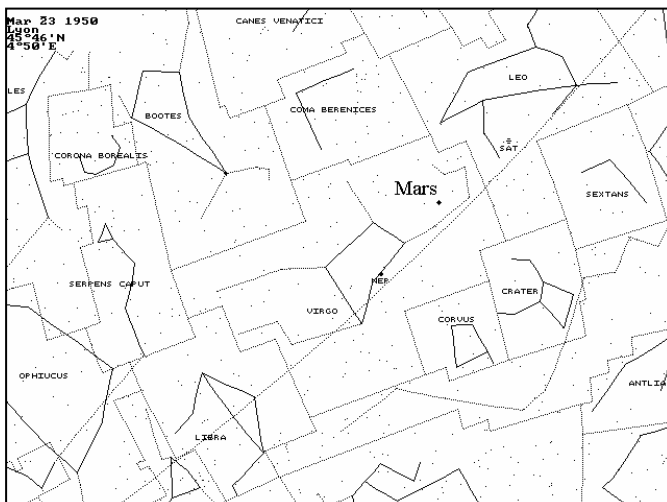
Les oppositions du 23 mars 1950 et du 17 mars 1997

Entre le 23 mars 1950 et le 17 mars 1997 il y a eu deux passages de Mars dans la constellation de la Vierge correspondant aux oppositions du 15 avril 1967 puis du 31 mars 1982.

A l'opposition du 17 mars 1997, la position de Mars est plus proche de celle du 23 mars 1950 qu'aux deux oppositions précédentes puisque la Terre n'est qu'à 6 jours de son passage au 23 mars.

Position de Mars parmi les étoiles

le 23 mars 1950



le 17 mars 1997



Entre le 23 mars 1950 et le 17 mars 1997, il s'est écoulé presque 47 ans, exactement **46,984 ans**, soit 17 161 jours pendant lesquels il y a eu **22 intervalles** d'oppositions.

La Terre a effectué alors 46,984 tours

Et Mars : $(46,984 - 22) = 24,984$ tours en **17 161** jours

ce qui correspond à

1 tour en 686,88 jours.

Cette valeur est plus proche de la valeur officielle que celle obtenue précédemment.

On obtiendrait certainement une meilleure précision en cherchant deux oppositions se produisant exactement à une même date de l'année. Ceci éliminerait les variations de vitesse de Mars sur son orbite, assez nettement elliptique, et également celles de la Terre qui sont moindres mais existent cependant au cours de l'année. Sur une longue période d'autres perturbations agissent également les mouvements des planètes étant loin d'être stables.

Et maintenant que peut-on dire de la « période synodique » de Mars, dont la valeur officielle est de 779,94 jours et pour laquelle on a observé des valeurs comprises entre 764 et 811 jours ?

On constate que

- si l'on calcule la moyenne de tous les intervalles de temps entre deux opposition consécutives en divisant le nombre total de jours compris entre le 23 mars 1950 et le 28 août 2003, soit 19 516 jours, par le nombre total d'intervalles, soit 25, on obtient un intervalle moyen de 780,64 jours

- en appliquant la formule $\frac{1}{P} = \frac{1}{T} - \frac{1}{\tau}$ avec la valeur trouvée précédemment pour la période sidérale P, on trouve 780,04 jours, valeur très proche de la valeur officielle.

La « période synodique » indiquée dans les livres apparaît donc comme une moyenne ; ne faudrait-il pas l'indiquer clairement ?

Conclusion

L'analyse détaillée du phénomène des oppositions de Mars avec le Soleil montre que :

- sa « période synodique » *n'est pas périodique*,

- la valeur 780 jours, qui lui est généralement attribuée *n'a pas de réalité physique*,

- la relation $\frac{1}{P} = \frac{1}{T} - \frac{1}{\tau}$, qui la lie à sa période sidérale P et à la période sidérale T de la Terre, est « *extrêmement troublante* » puisque P et T ont des valeurs parfaitement déterminées et que τ a varié au cours du dernier demi siècle entre 764 et 811 jours !

La notion de « période synodique », telle qu'elle est habituellement présentée correspond à un monde idéal où les planètes graviteraient sur des orbites circulaires centrées sur le Soleil.

La formule $\frac{1}{P} = \frac{1}{T} - \frac{1}{\tau}$ laisse croire que l'on peut facilement connaître la période sidérale P en mesurant tout simplement l'intervalle de temps τ qui s'écoule entre deux opposition consécutives, ce qui n'est pas le cas comme nous venons de le voir. Tout au contraire c'est à partir de la valeur de la période sidérale que la valeur de la « période synodique » vient d'être obtenue.

L'utilisation abusive de belles formules peut donc masquer une réalité beaucoup plus complexe que ne le laisse présager des théories présentées sans assez de discernement.

Apprendre à analyser un phénomène physique et à élaborer un raisonnement sans avoir recours systématiquement à une formulation mathématique, est sans nul doute plus enrichissant que d'apprendre en appliquant de savantes équations. Un autre avantage de cette démarche, loin d'être négligeable : éviter de décourager le néophyte et même parfois prévenir une interprétation erronée.