



DETERMINANDO A ÓRBITA DE MARTE

Bruno Eduardo Morgado
Vitorvani Soares



ORGANIZAÇÃO

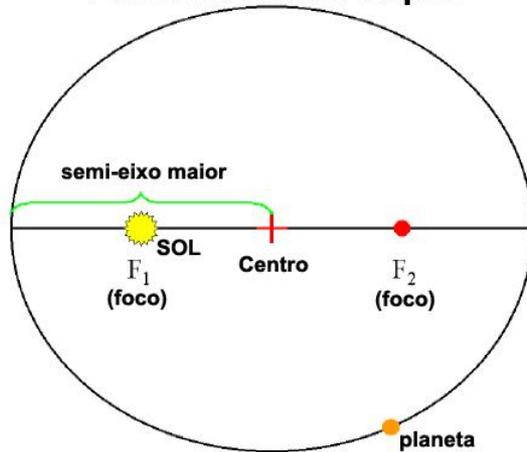
- ◉ Motivação e Objetivo
 - ◉ Introdução
 - ◉ Posições de Marte
 - ◉ A Circunferência
 - ◉ A Elipse
 - ◉
 - ◉ Conclusão

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

- **Existe uma confusão recorrente por parte dos alunos e educadores a respeito da excentricidade das órbitas planetárias (Canalle, 2003; Yu, 2010).**

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

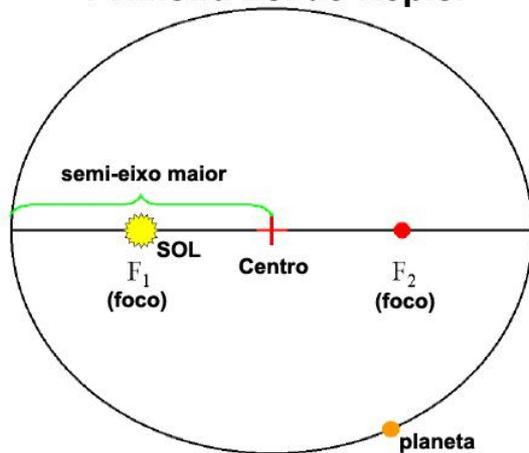
Primeira Lei de Kepler



Os livros didáticos nos mostram isso!

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

Primeira Lei de Kepler



Depois nos dizem isso...

09. (FEEPA) Se considerarmos que a órbita da Terra em torno do Sol seja uma circunferência de raio R e que V e G sejam, respectivamente, o módulo da velocidade orbital da Terra e a constante de gravitação universal, então a massa do Sol será dada por:

- a) $R V^2 / G$
- b) $G V^2 / R$
- c) $V^2 / R G$
- d) $R G / V^2$
- e) $V^2 R G$

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

- Confusão recorrente por parte dos alunos e educadores a respeito da excentricidade das órbitas planetárias (**Canalle, 2003; Yu, 2010**).
- A geometria é uma ferramenta que permite uma visualização imediata (**Faria, 2016**).

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

- Confusão recorrente por parte dos alunos e educadores a respeito da excentricidade das órbitas planetárias (**Canalle, 2003; Yu, 2010**).
- A geometria é uma ferramenta que permite uma visualização imediata (**Faria, 2016**).
- **Revisitar o método que Kepler utilizou para determinar a órbita de Marte.**

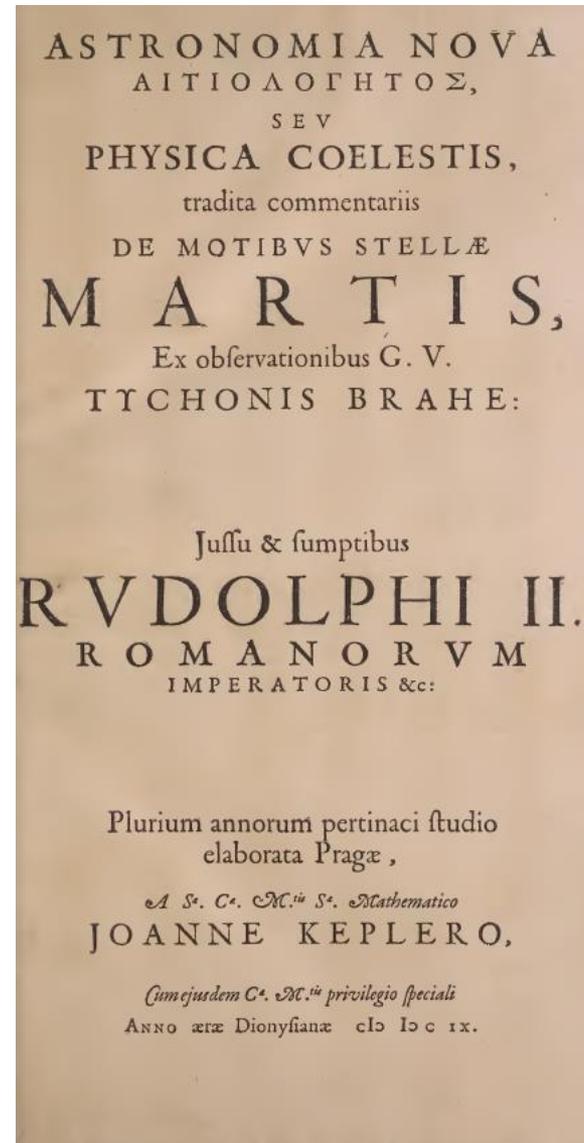
MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

Como fazer isso?

Indo atrás da fonte!

O **Astronomia Nova** de Kepler

E outras referências mais recentes
(**Gingerich, 1983**)



MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

MARTIS ex observatione				SOLIS ex calculo TYCHONIS.	
D.	H.	M.	♂	♂	♂
1590	4 Martii	10	24. 26	24.	0. 25 X.
1592	20 Januar.	6	9. 24	10.	17. 8
1593	7 Decemb.	6	3. 4	25.	53. 24
1595	25 Octob.	5	19. 42	11.	41. 34

Latim não é fácil,

1585.	17 Febru.	H. p. m.	10. 0	15.12.30	9.11.37
1587.	5 Januar.	H. p. m.	9.31	2. 8.30	25.21.16
1588.	22 Novemb.	H. p. m.	9. 2	2.35.40	10.55. 8
1590.	10 Octob.	H. p. m.	8.35	20.13.30	26.58.46
1600.	6 Mart.	H. p. m.	6.17	29.18.30	25.31.36

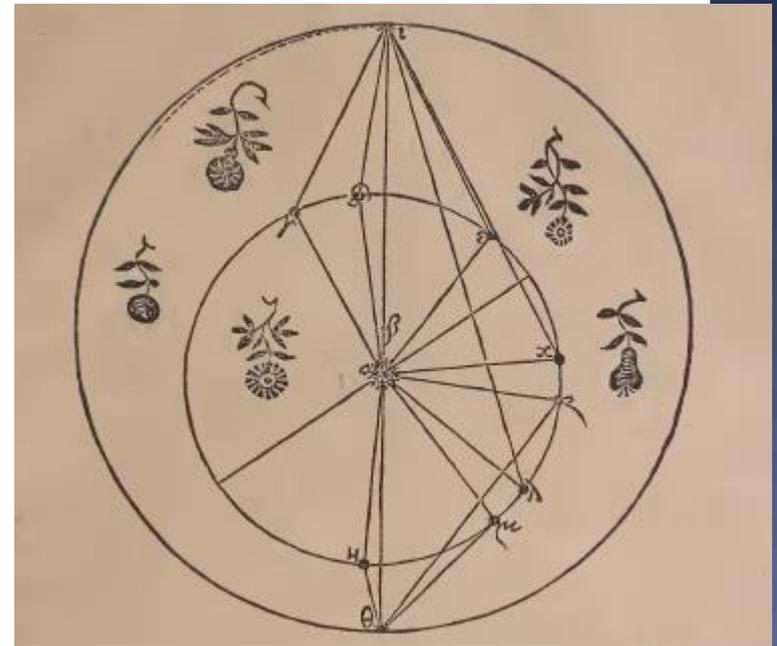
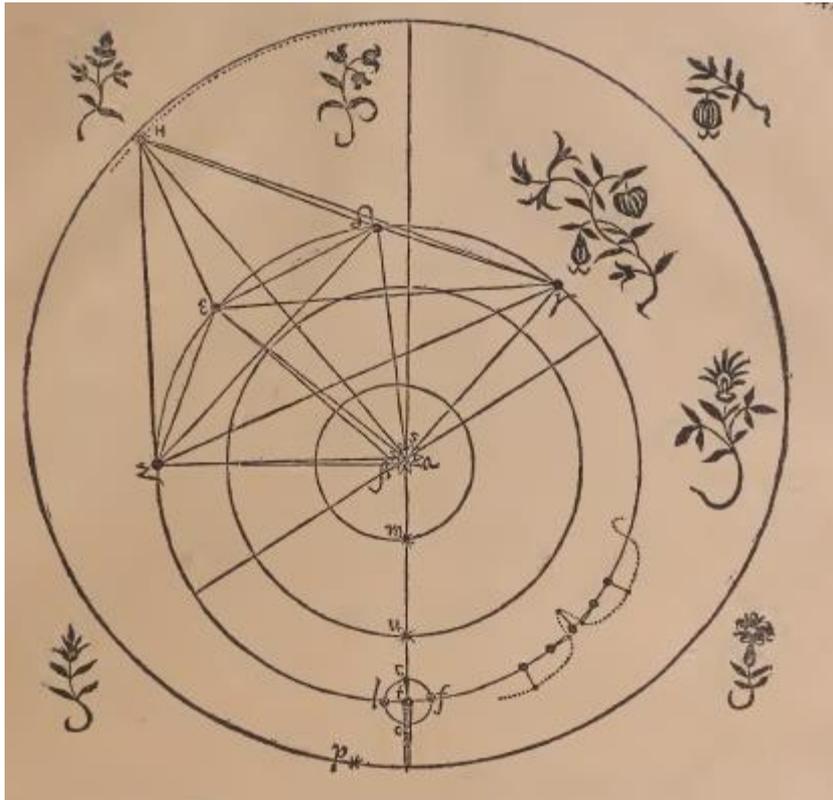
TEMPVS	mane	SOL	MARS
MDLXXXV. X Maji	H.VI. XI	28.55	26.54
MDLXXXVII. XXVIII Mart.	H.V. XLIII	16.50	18.12
MDLXXXIX. XII Febr.	H.V. XIII	3.41	8.46
MDXC. XXXI Dece.	H.IV. XLIV	19. 6	9.46

1589.	1 Novemb.	H. 6	P.M. 20.59	19.13.56
1591.	19 Septemb.	H. 5 M. 42	14. 2	3.47. 5
1591.	6 Augusti	H. 5 M. 14	16.56.	23.26.13

D.	H.	♂ in.	♂ in.
MDLXXXIII. XXIII Aprilis	VIII $\frac{1}{10}$	1.29	12.16. 3
MDLXXXV. X Martii	VII $\frac{1}{7}$	11.48	29.41. 4
MDLXXXVII. XXVI Januarii	VII $\frac{1}{7}$	4.41	16. 5.55
MDLXXXIX. XIII Decemb.	VI $\frac{1}{4}$	13.35	1.44.53
MDXC. XXXI Octobr.	VI $\frac{1}{4}$	2.57	17.28.33

mas com a ajuda de tabelas...

MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

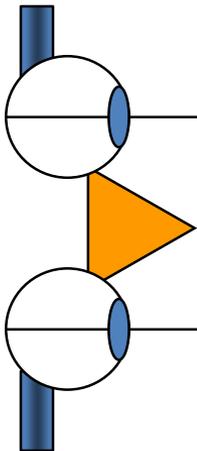


E de algumas figuras...

AS POSIÇÕES DE MARTE

ASTRONOMIA DE POSIÇÃO

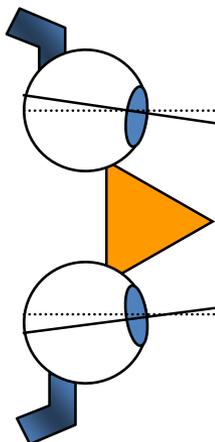
**Músculo
descontraído**



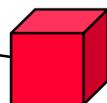
**Objeto
muito
distante**



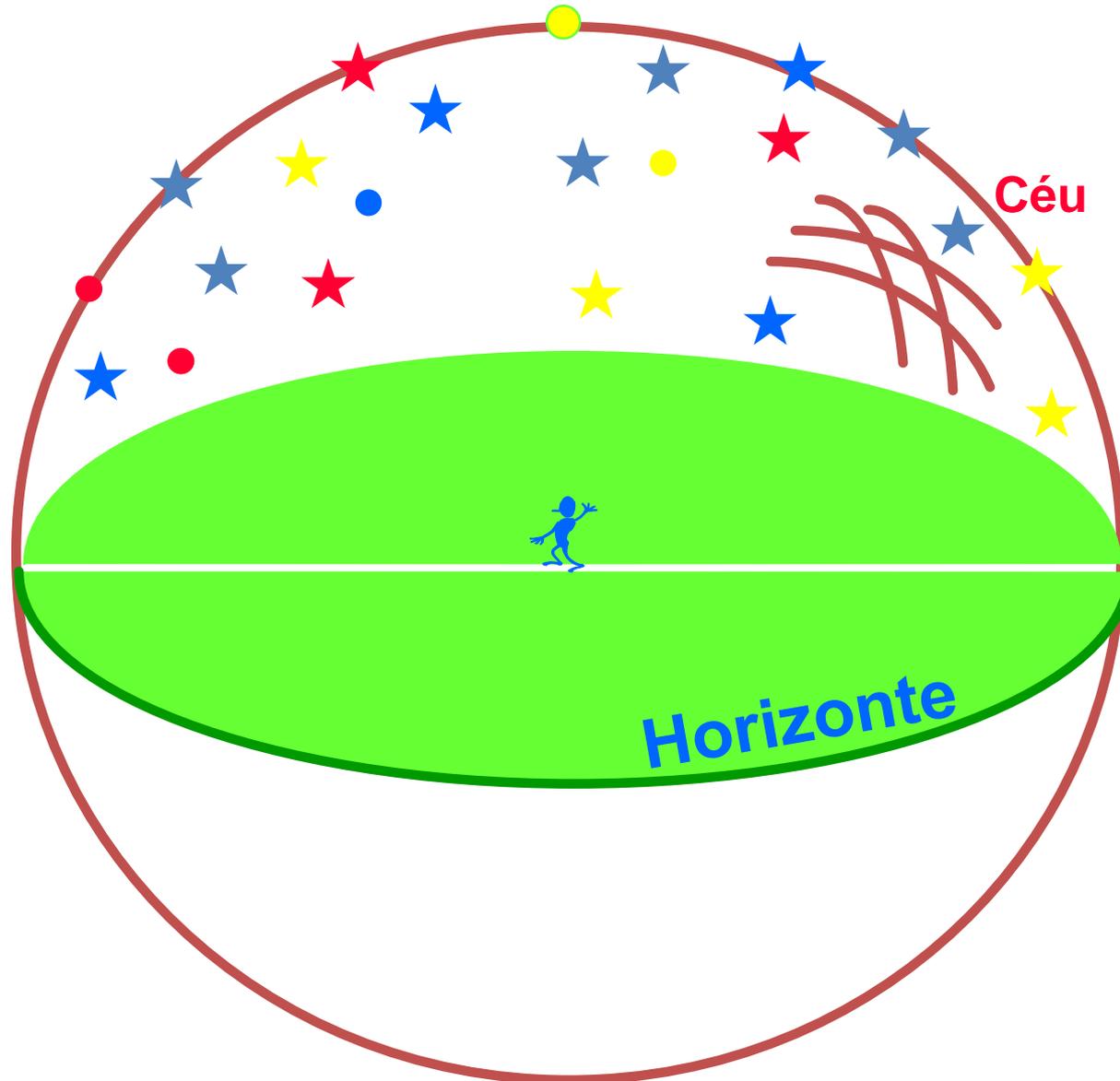
**Músculo
contraído**



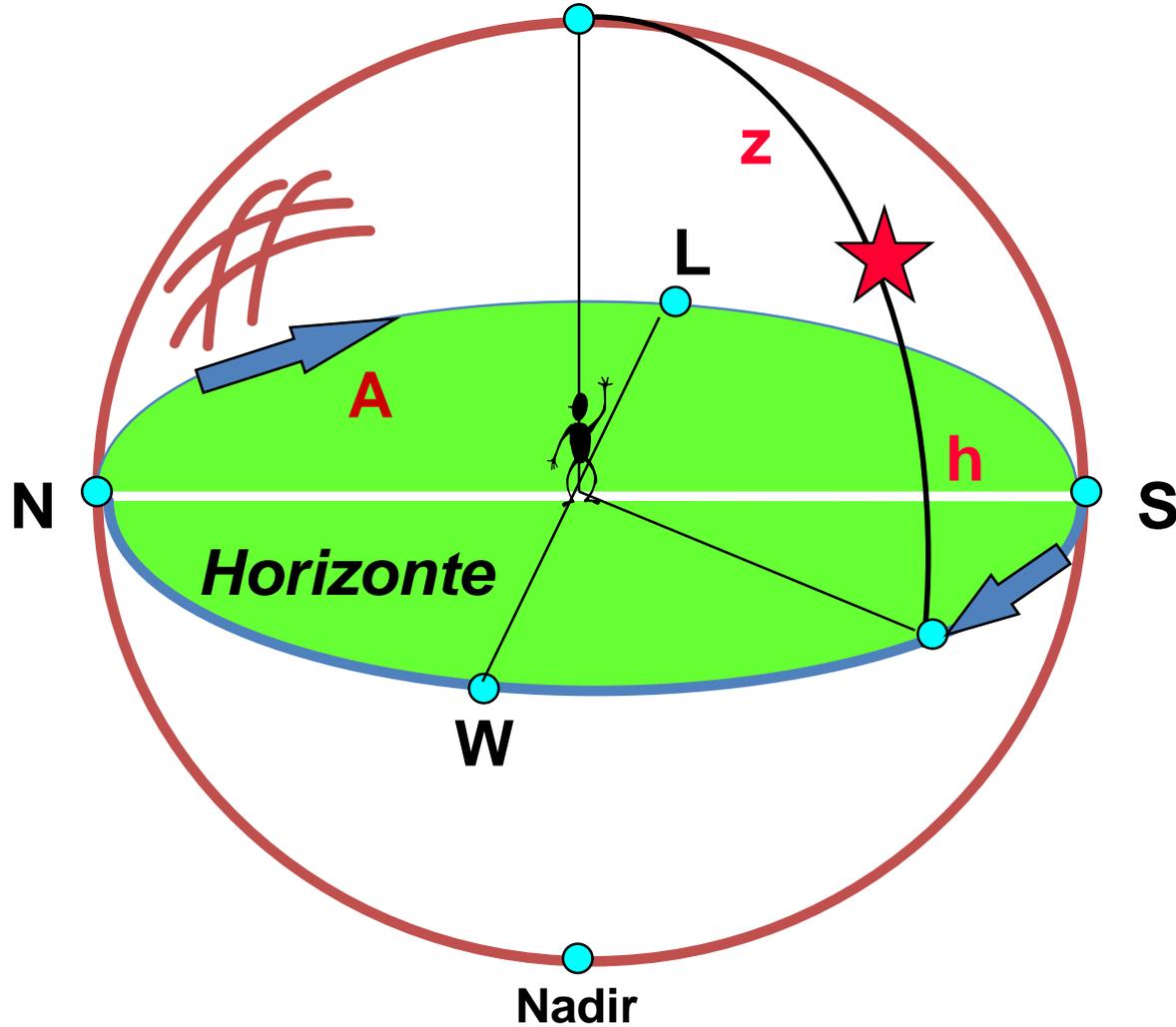
**Objeto
próximo**



A ESFERA CELESTE

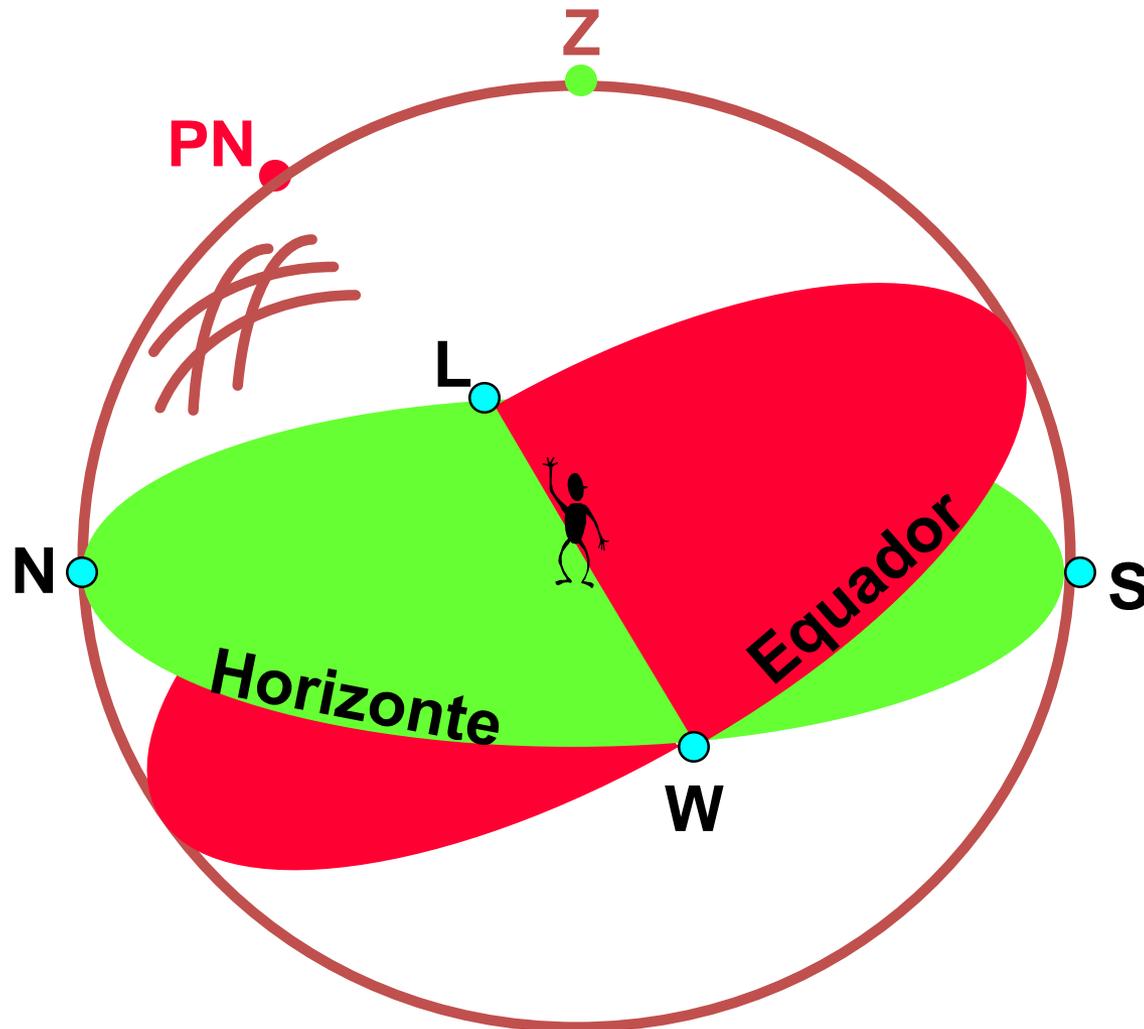


SISTEMA TOPOCÊNTRICO

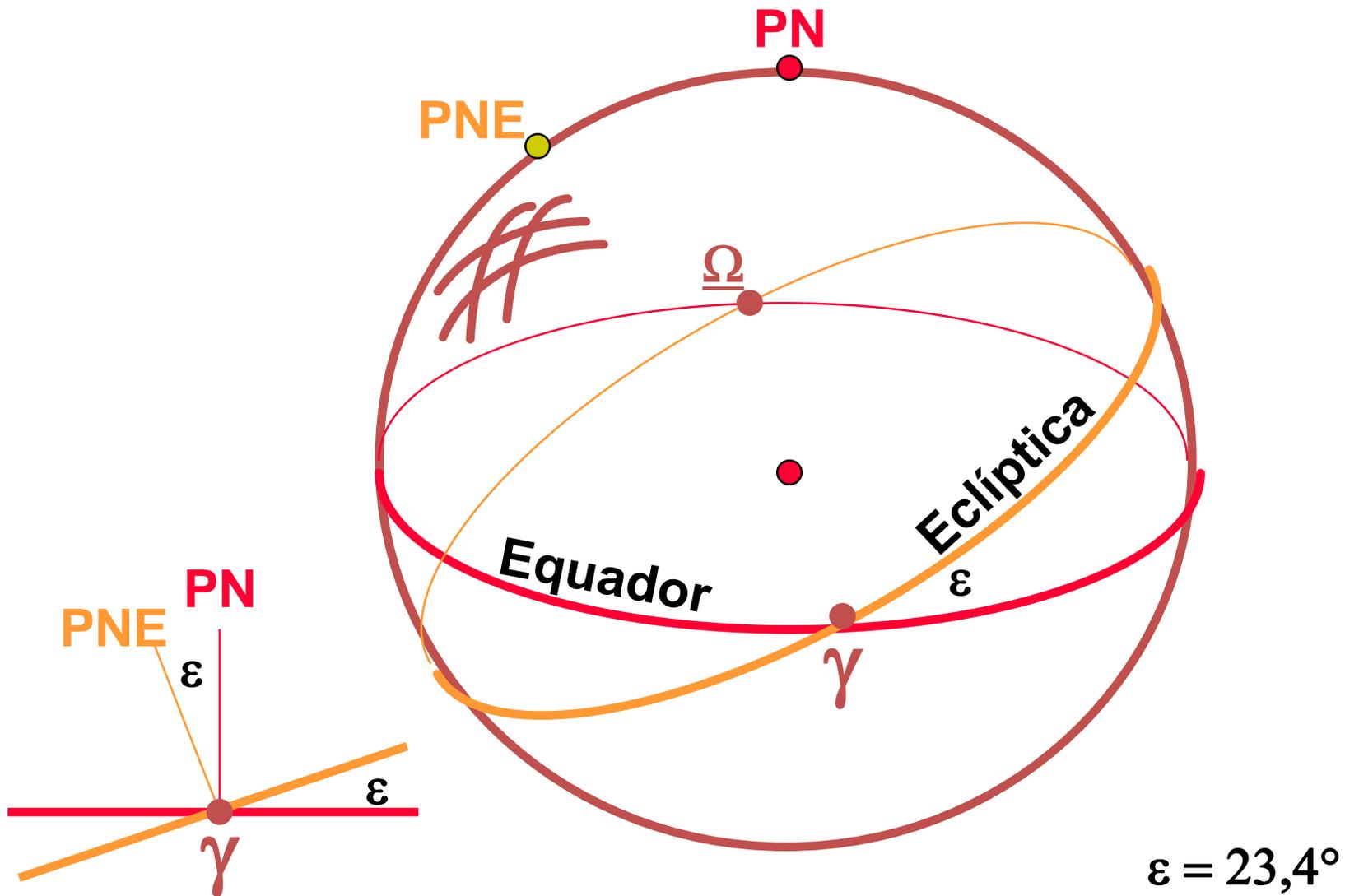


- ★ A,h
- ★ A,z

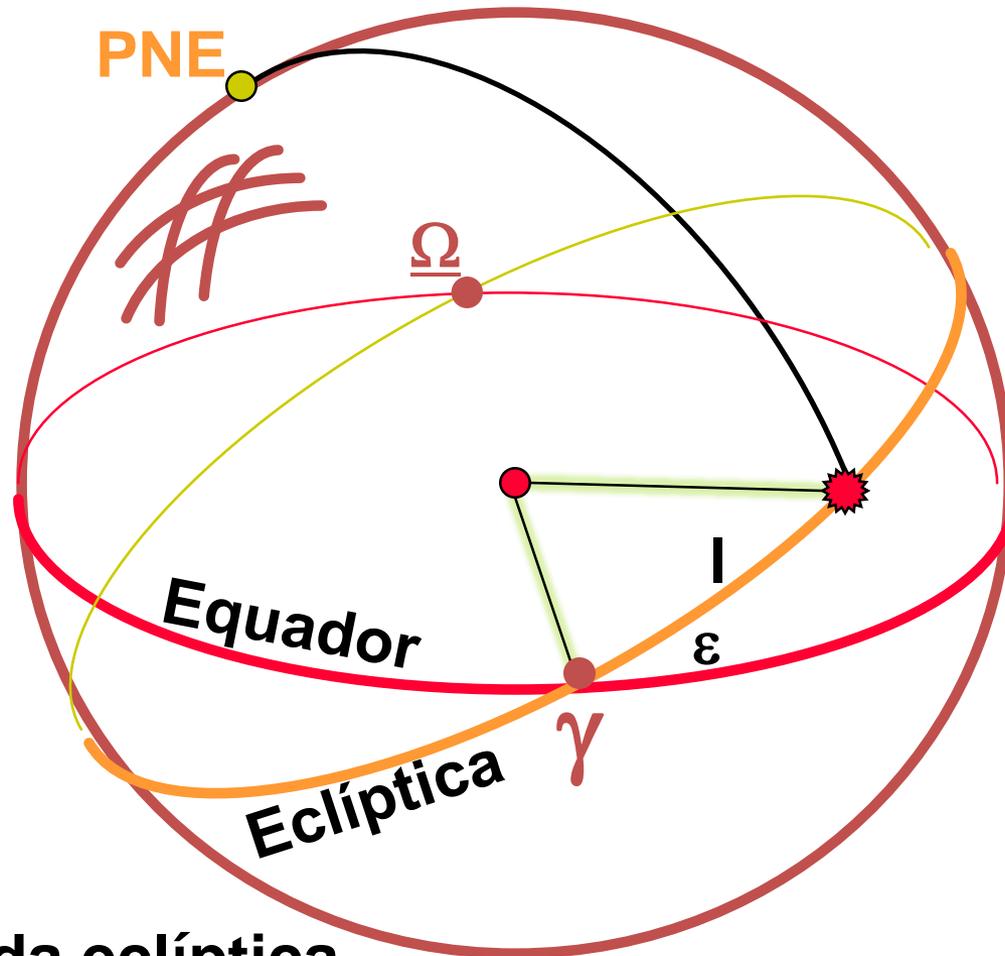
SISTEMA EQUATORIAL



SISTEMA DA ECLÍPTICA



A POSIÇÃO DE UM PLANETA



l = longitude da eclíptica

A POSIÇÃO DE UM PLANETA

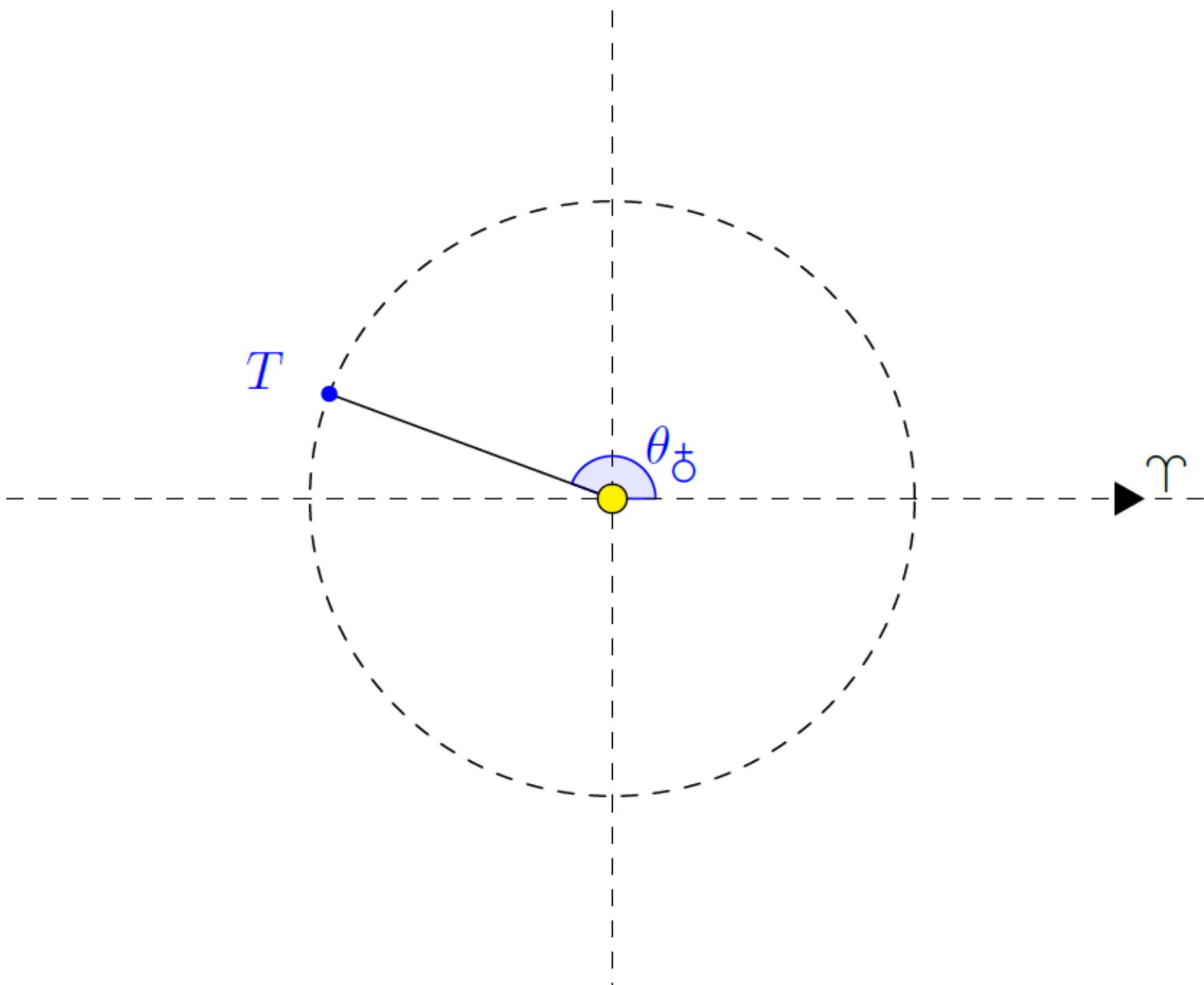
- Ainda assim temos apenas a direção de um planeta em um determinado momento em relação a um referencial.
- **O referencial das observações é a Terra!!**

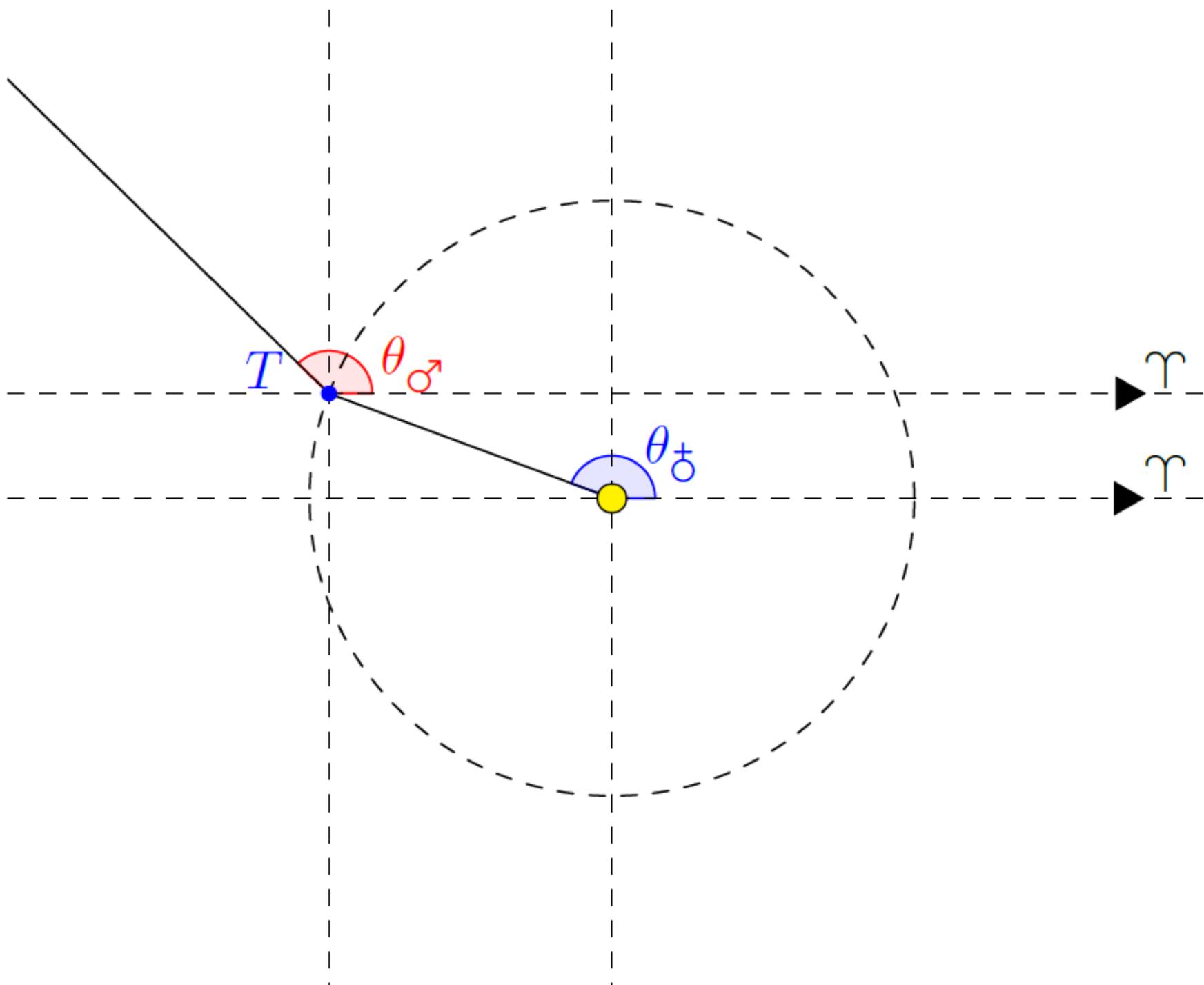
A POSIÇÃO DE UM PLANETA

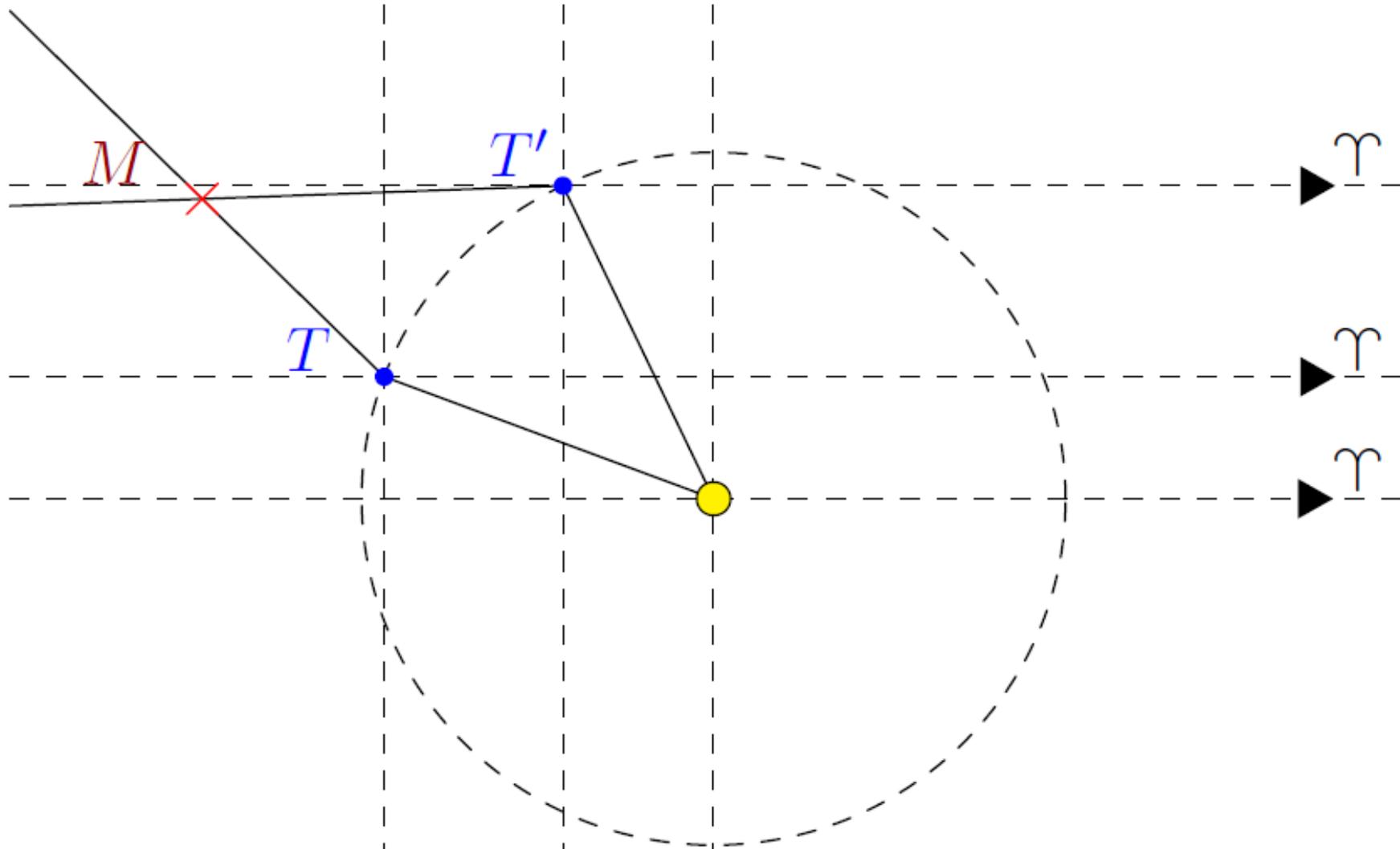
- Para definirmos a direção de Marte em relação ao Sol é necessário conhecermos a posição da Terra em relação ao Sol.
- Para definirmos a posição de Marte precisamos de duas observações de Marte separadas de 687 dias (período de Marte).

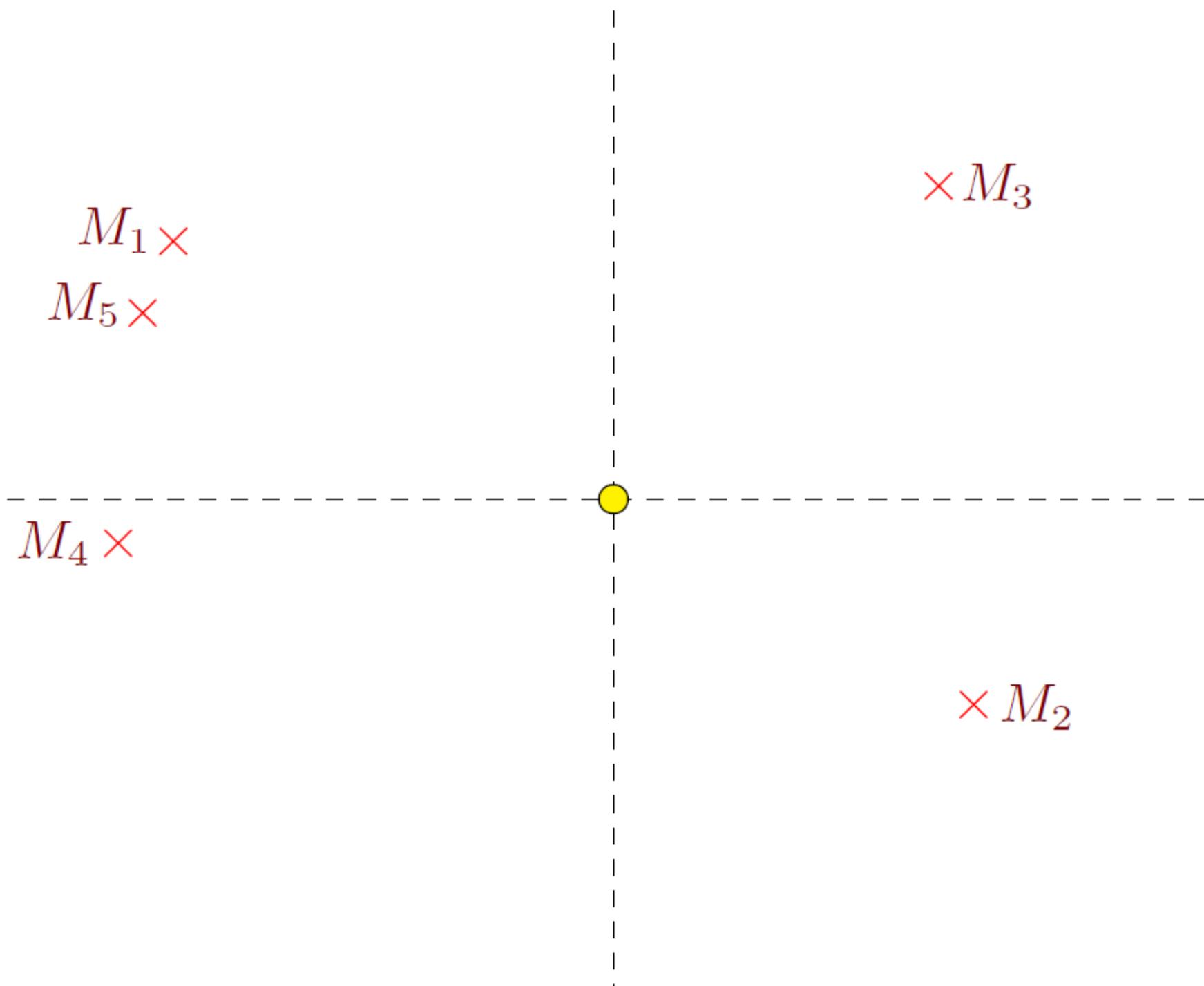
AS OBSERVAÇÕES DE TYCHO

Datas	Longitude heliocêntrica da Terra	Longitude geocêntrica de Marte
17/02/1585	159° 23'	135° 12'
05/01/1587	115° 21'	182° 08'
19/09/1591	5° 47'	284° 02'
06/08/1593	323° 26'	346° 56'
07/12/1593	85° 53'	3° 04'
25/10/1595	41° 42'	49° 42'
28/03/1587	196° 50'	168° 12'
12/02/1589	153° 42'	218° 48'
10/03/1585	179° 41'	131° 48'
26/01/1587	136° 06'	184° 42'

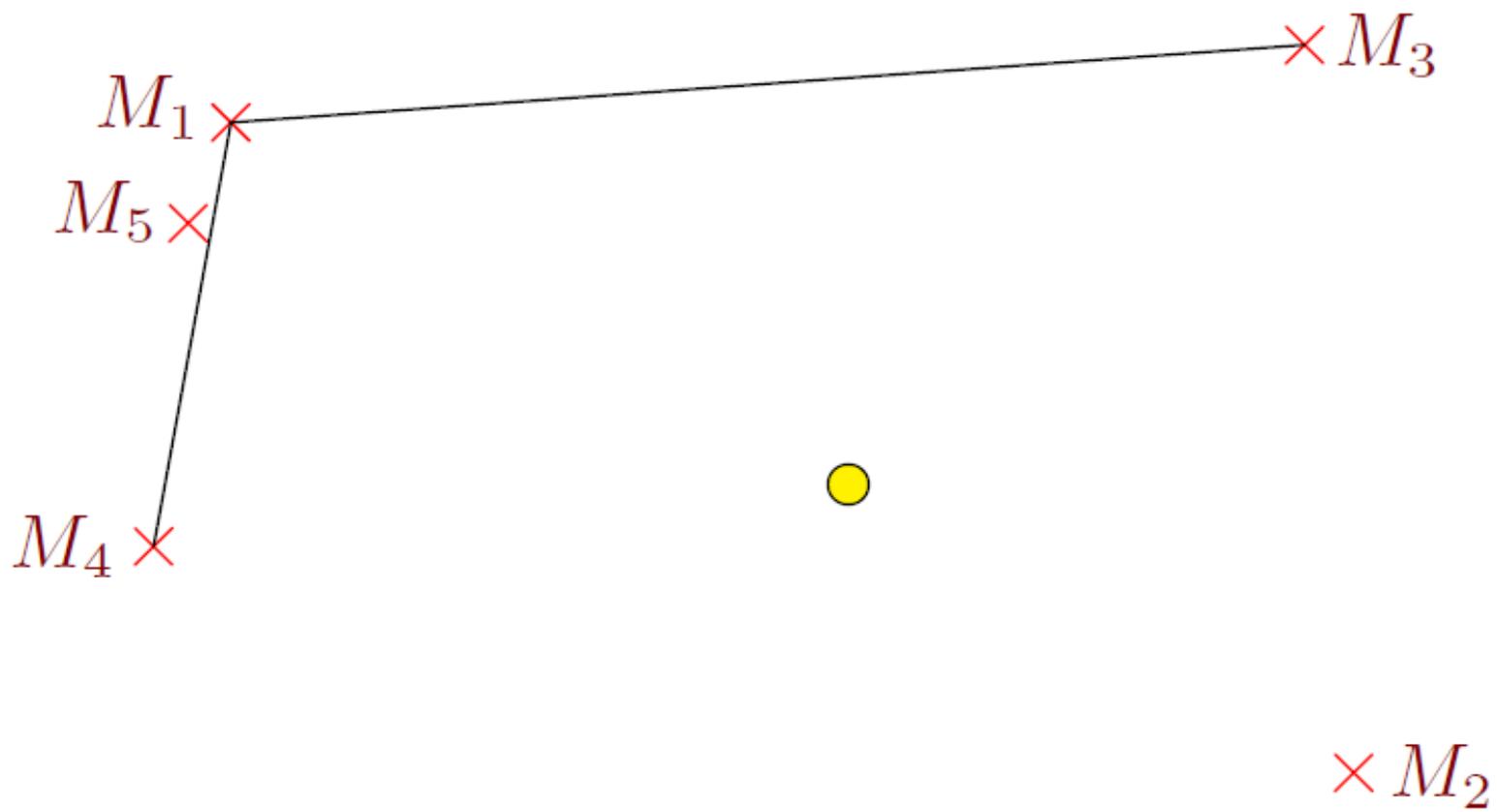


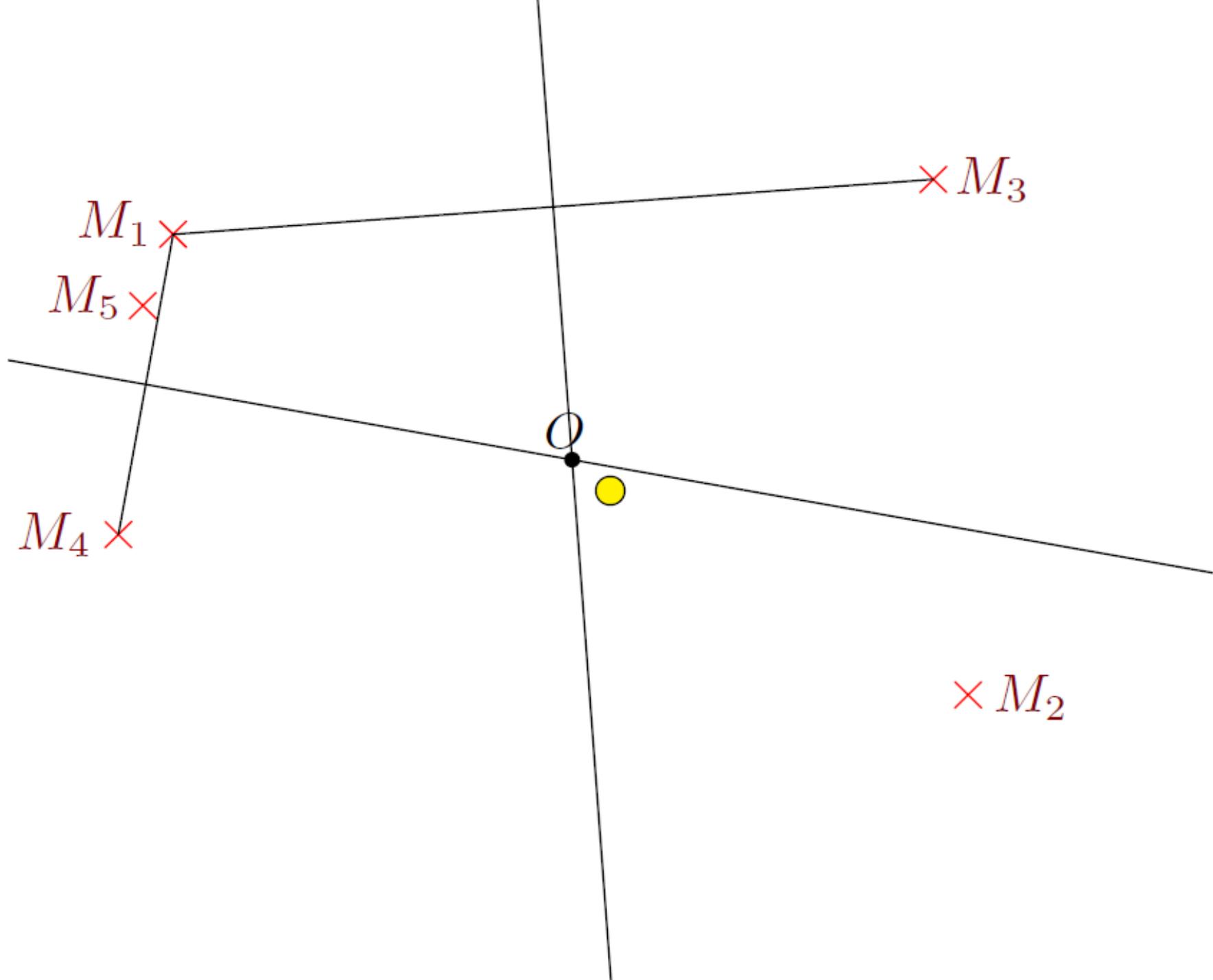


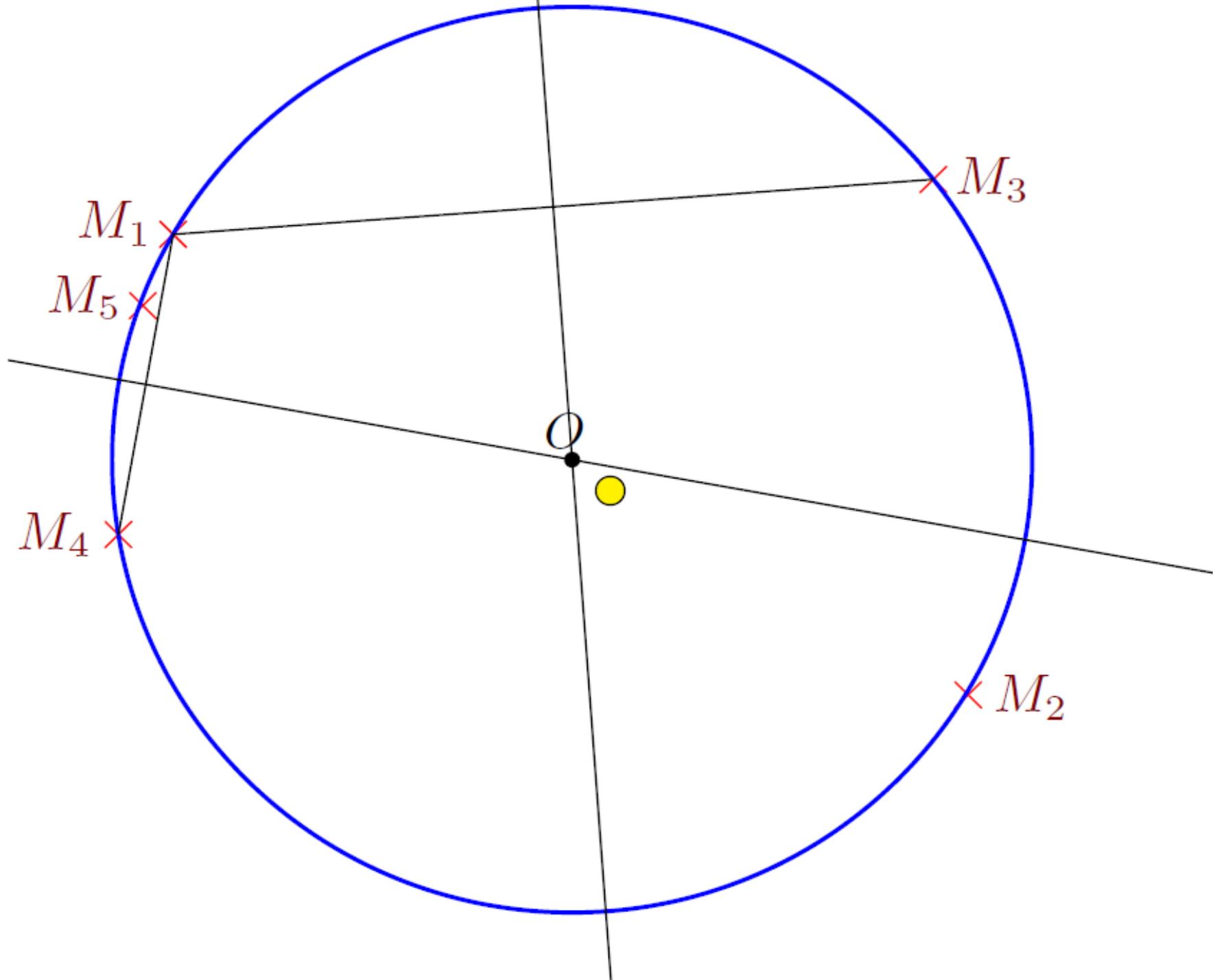


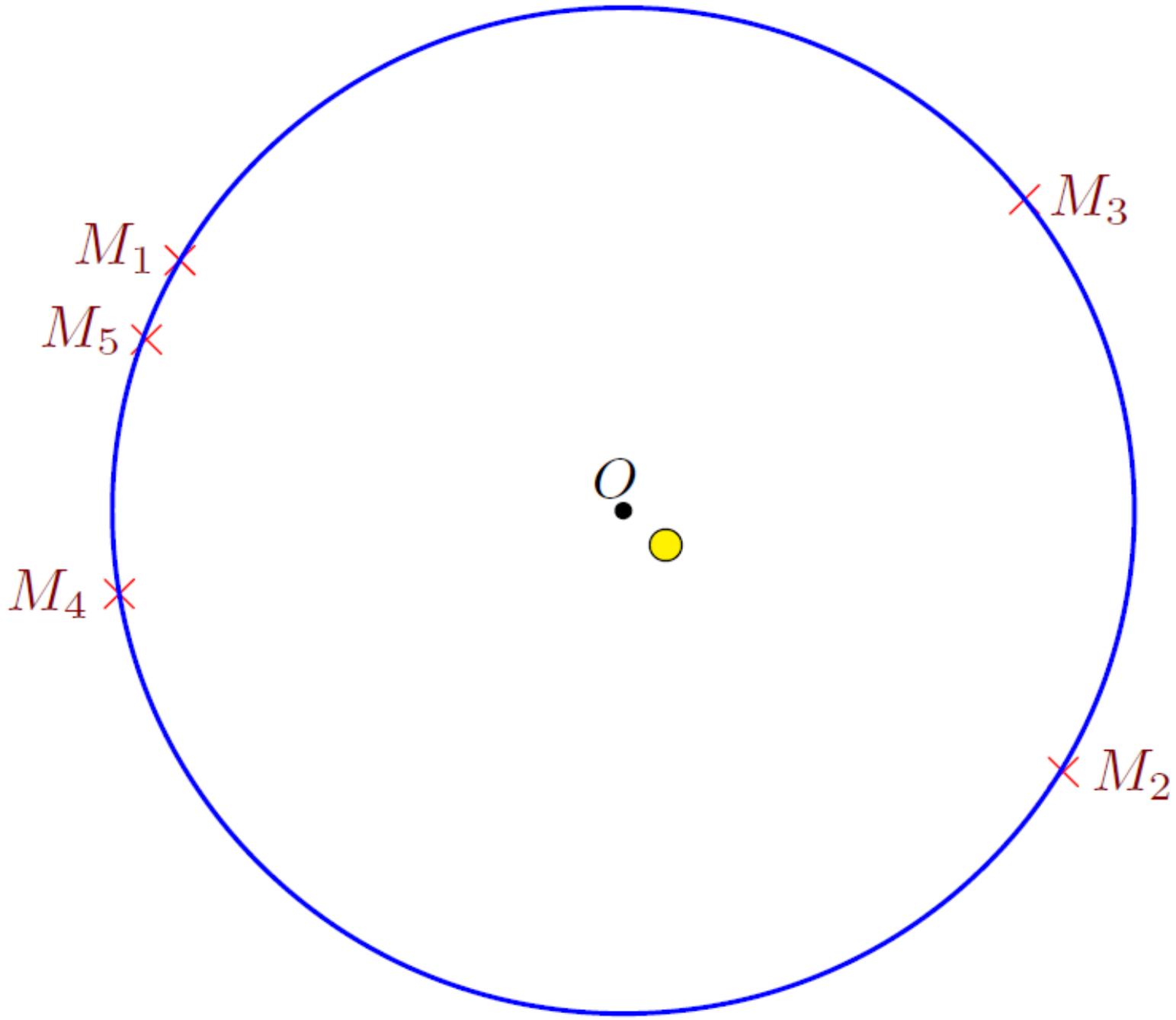


CIRCUNFERÊNCIA

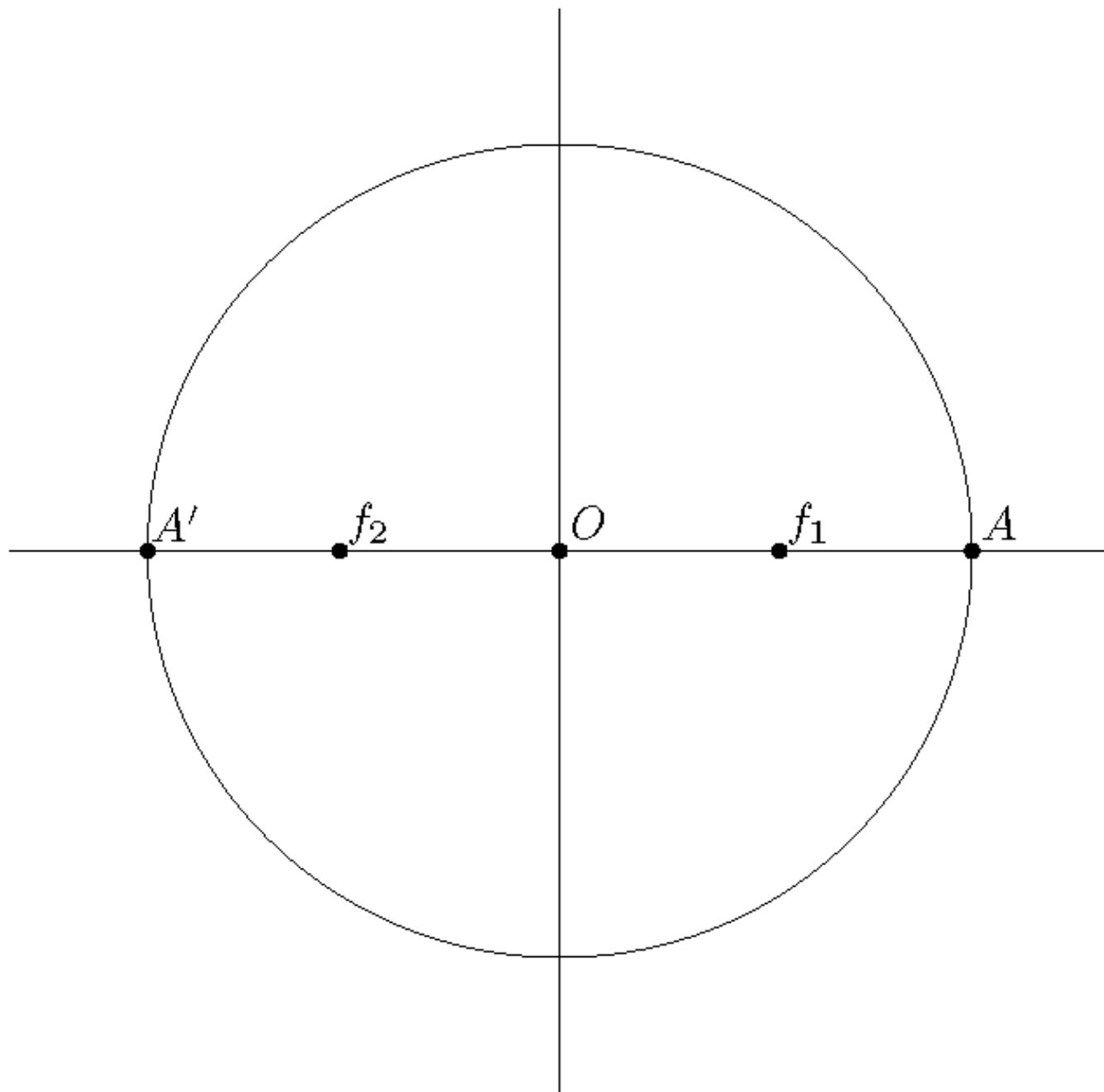


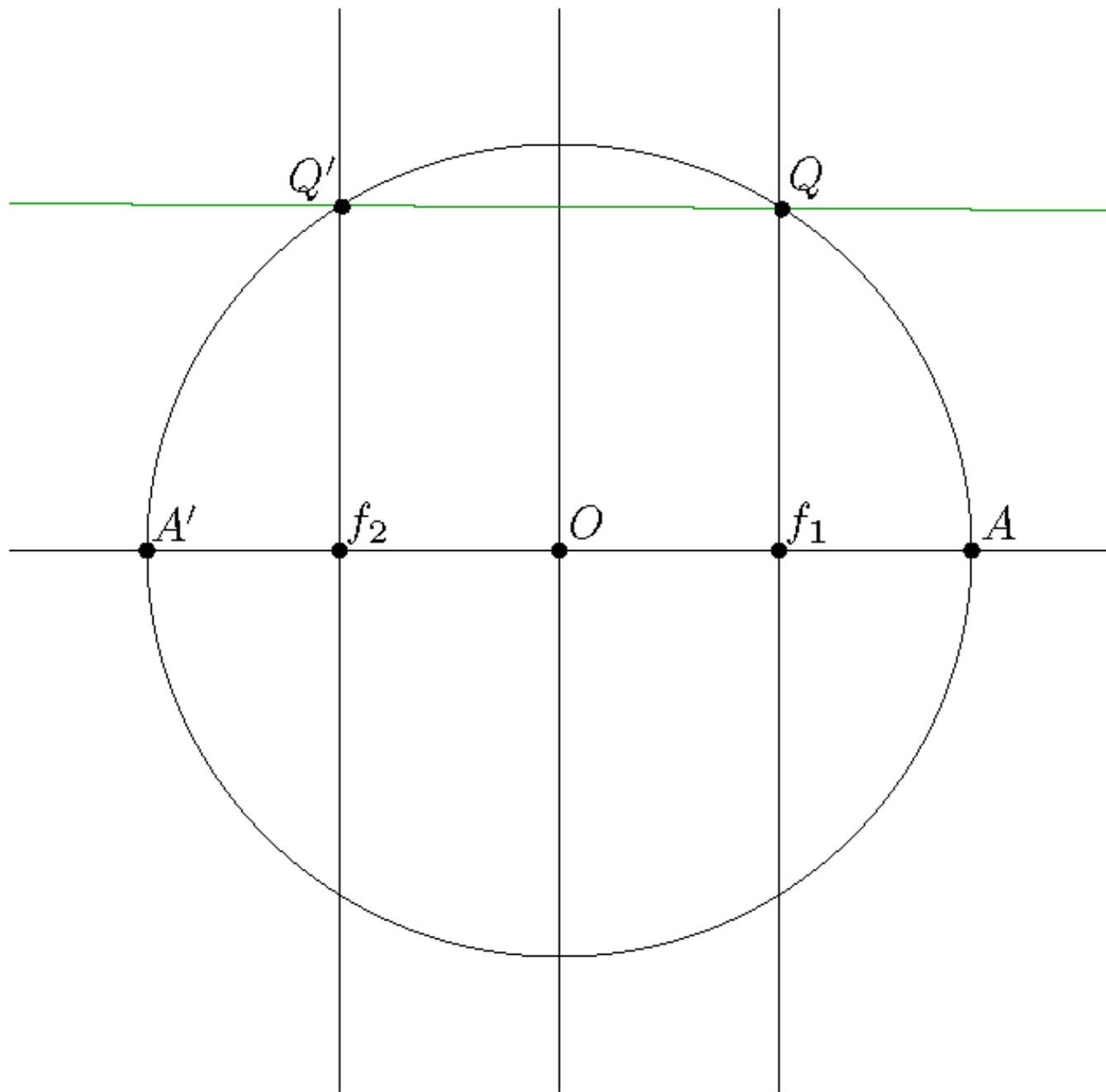


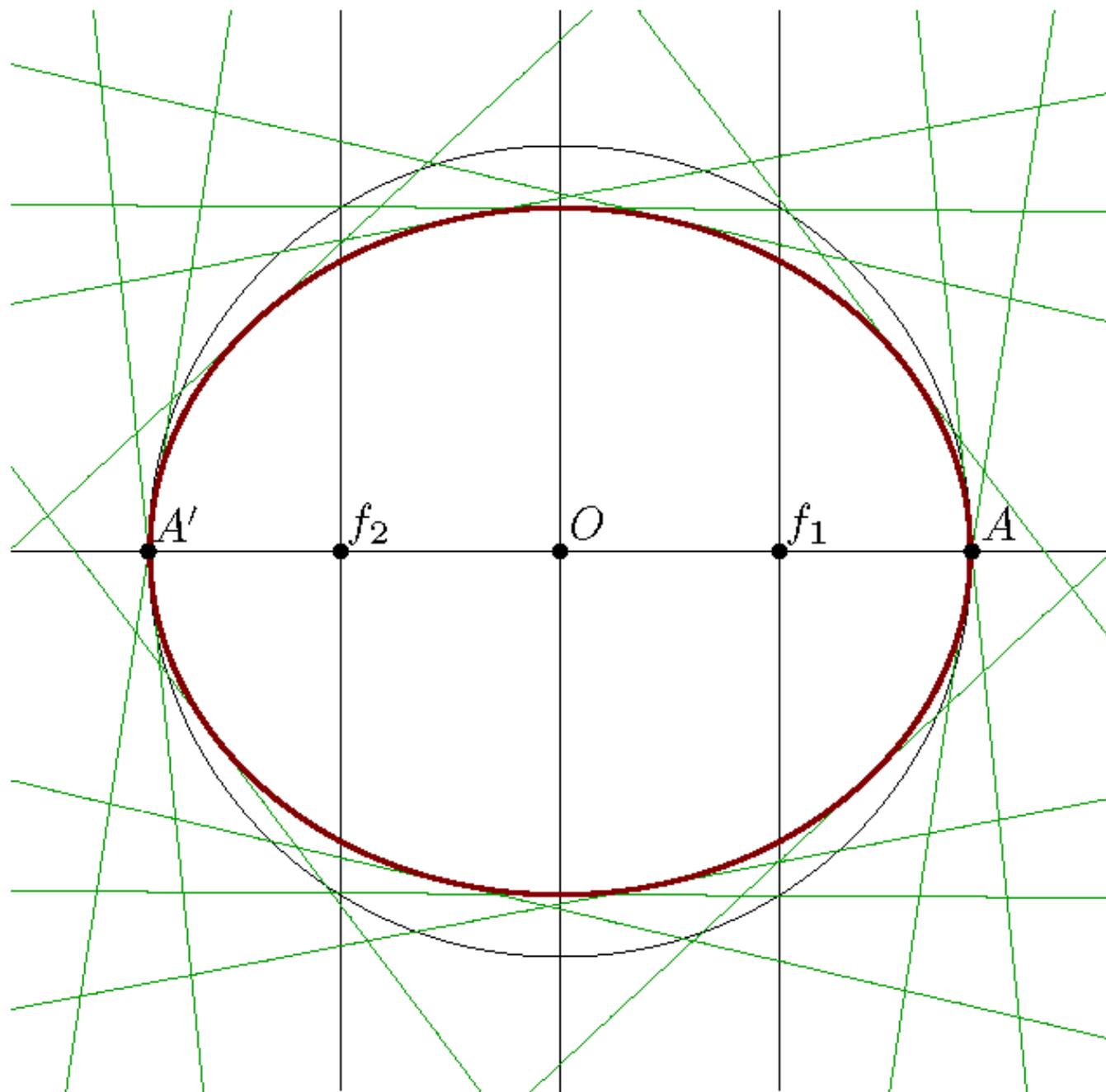




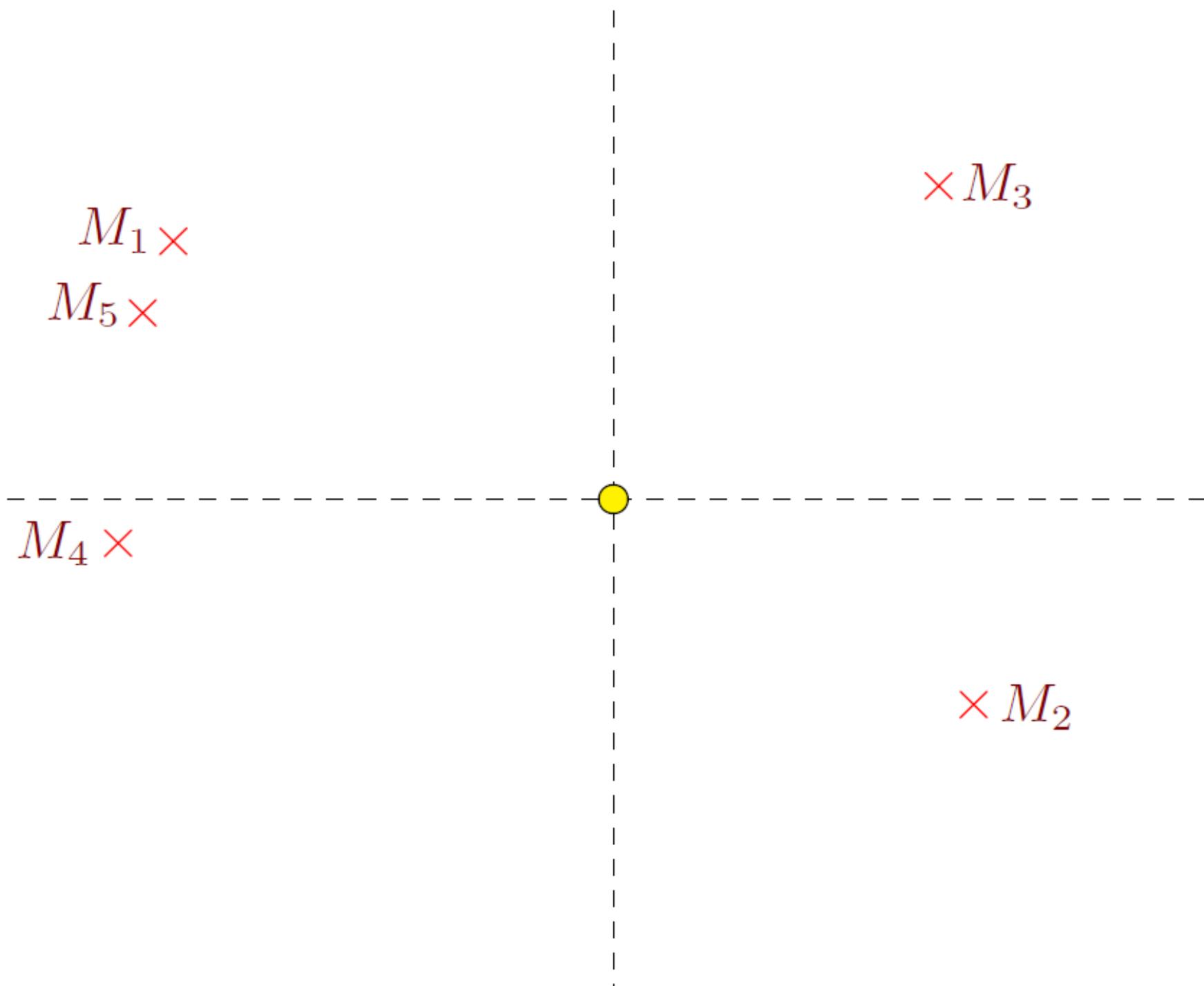
ELIPSE

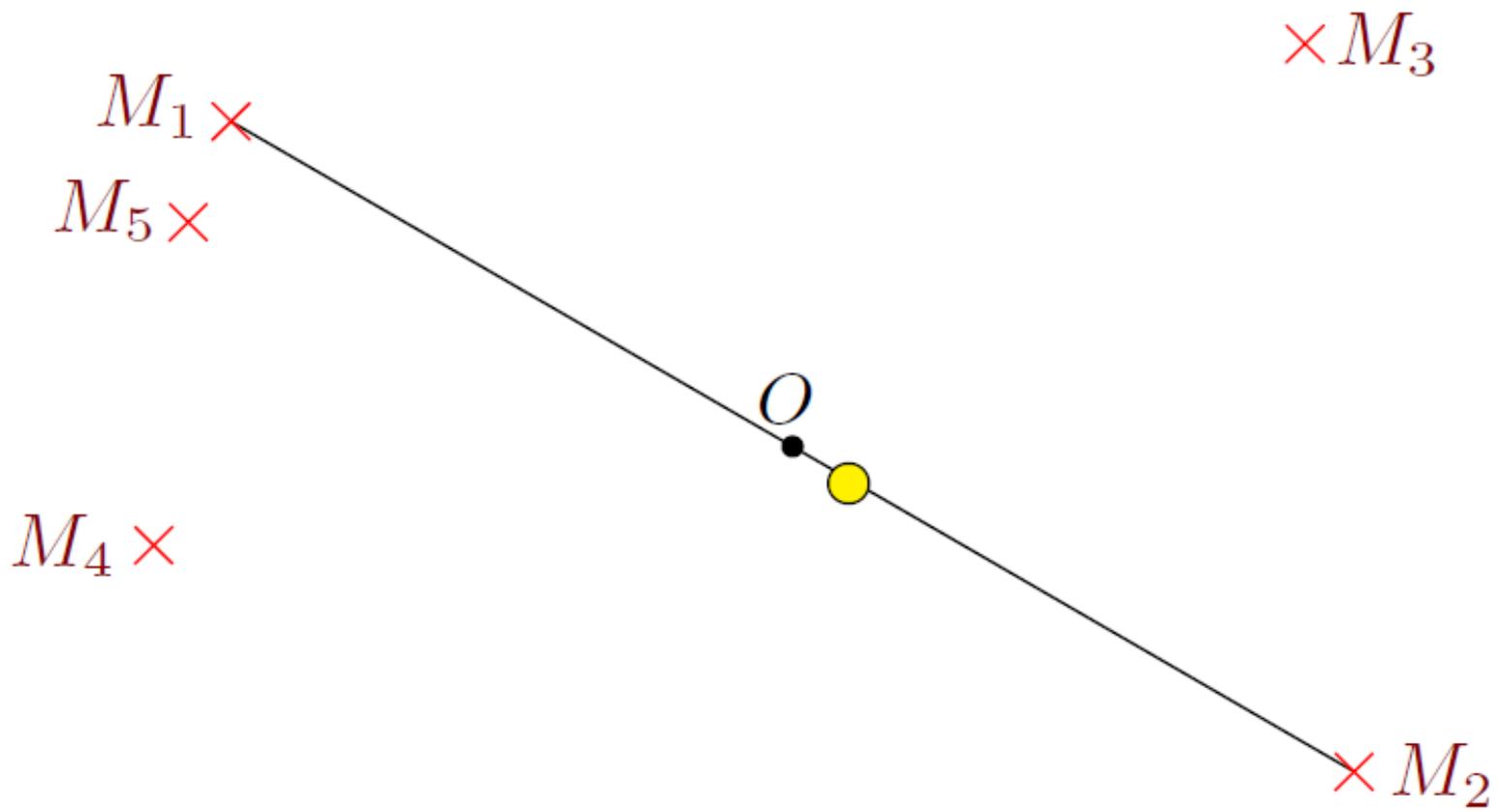


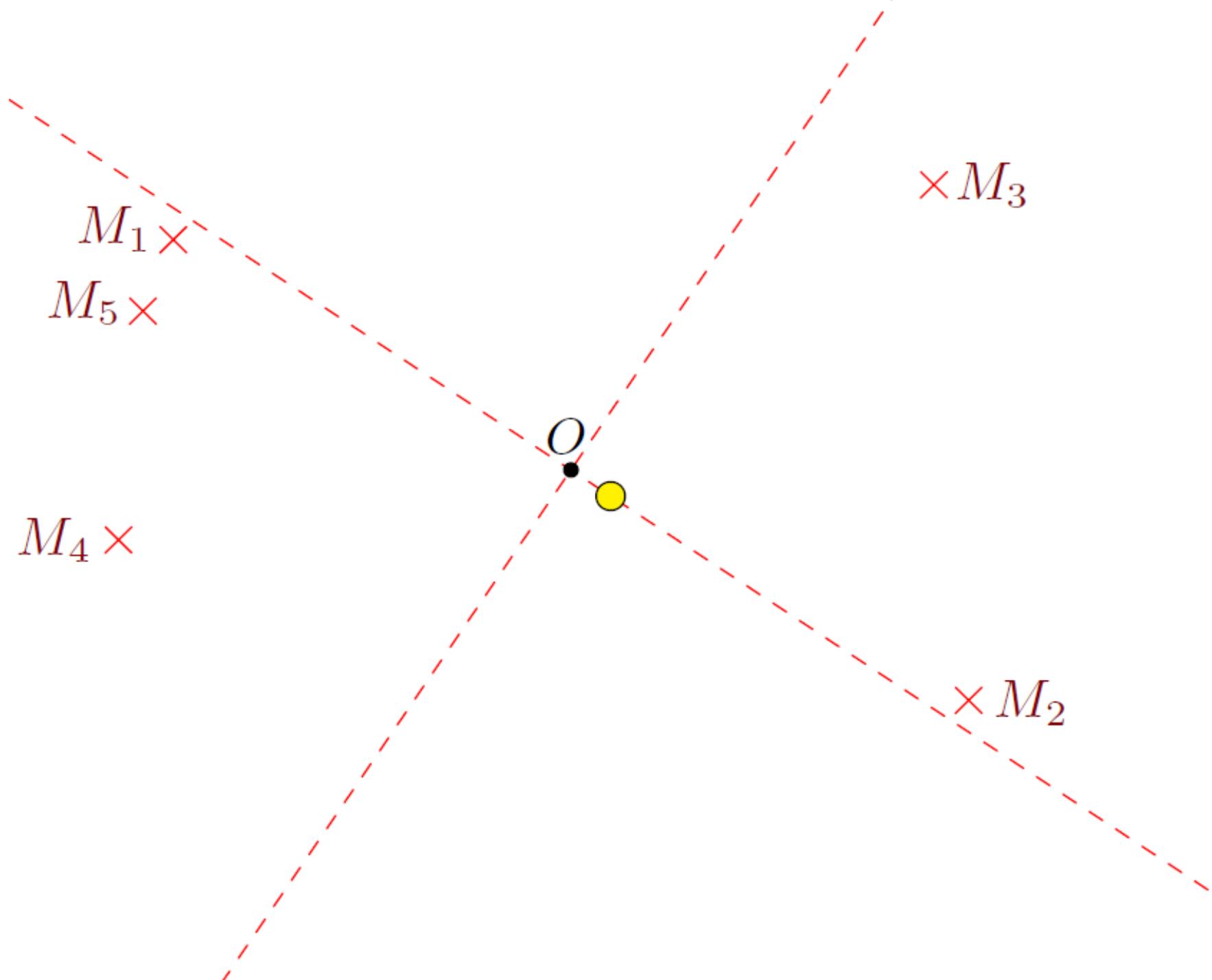


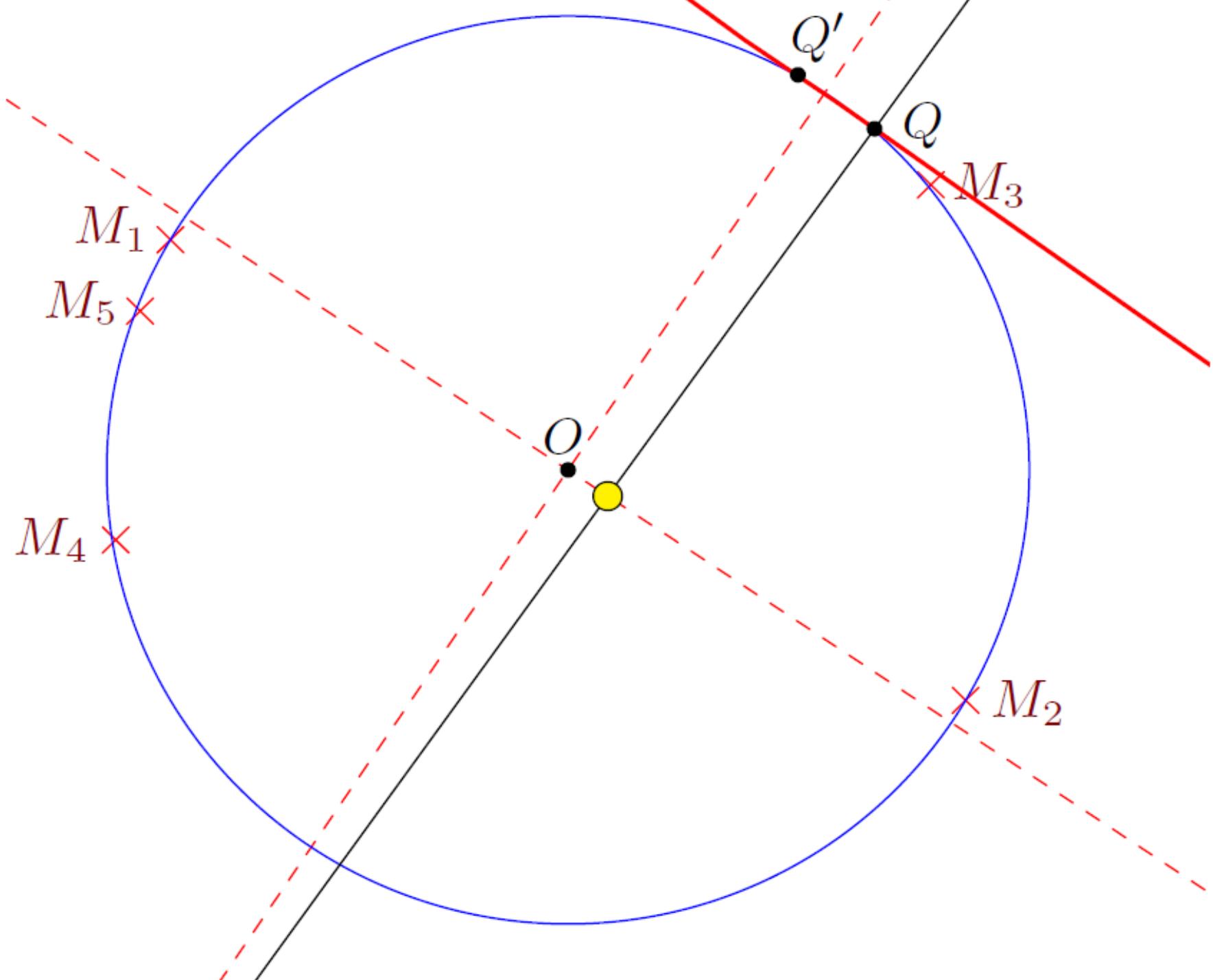


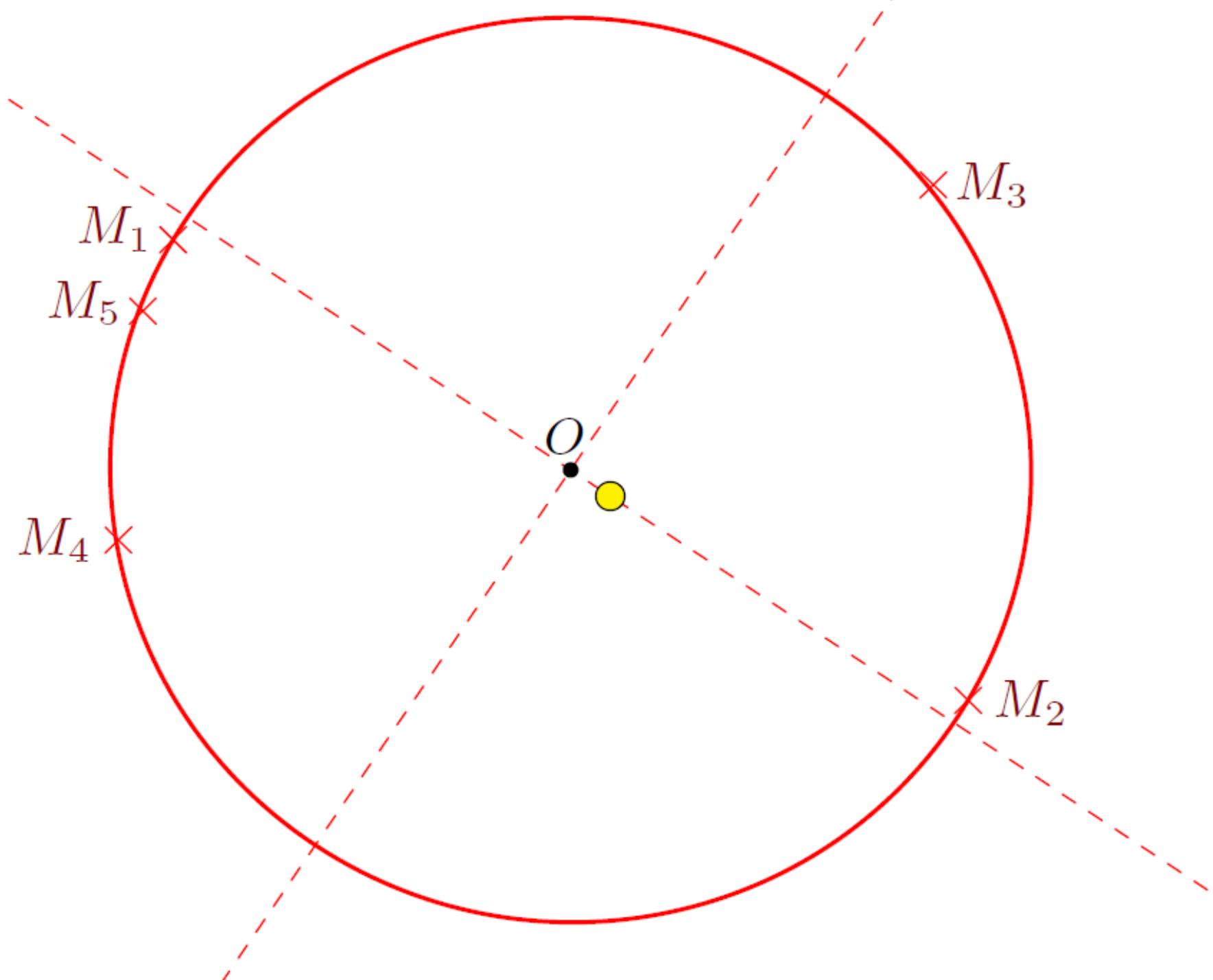
ELIPSE DE KEPLER











COMPARAÇÃO

➤ **NASA Planetary Fact Sheets**

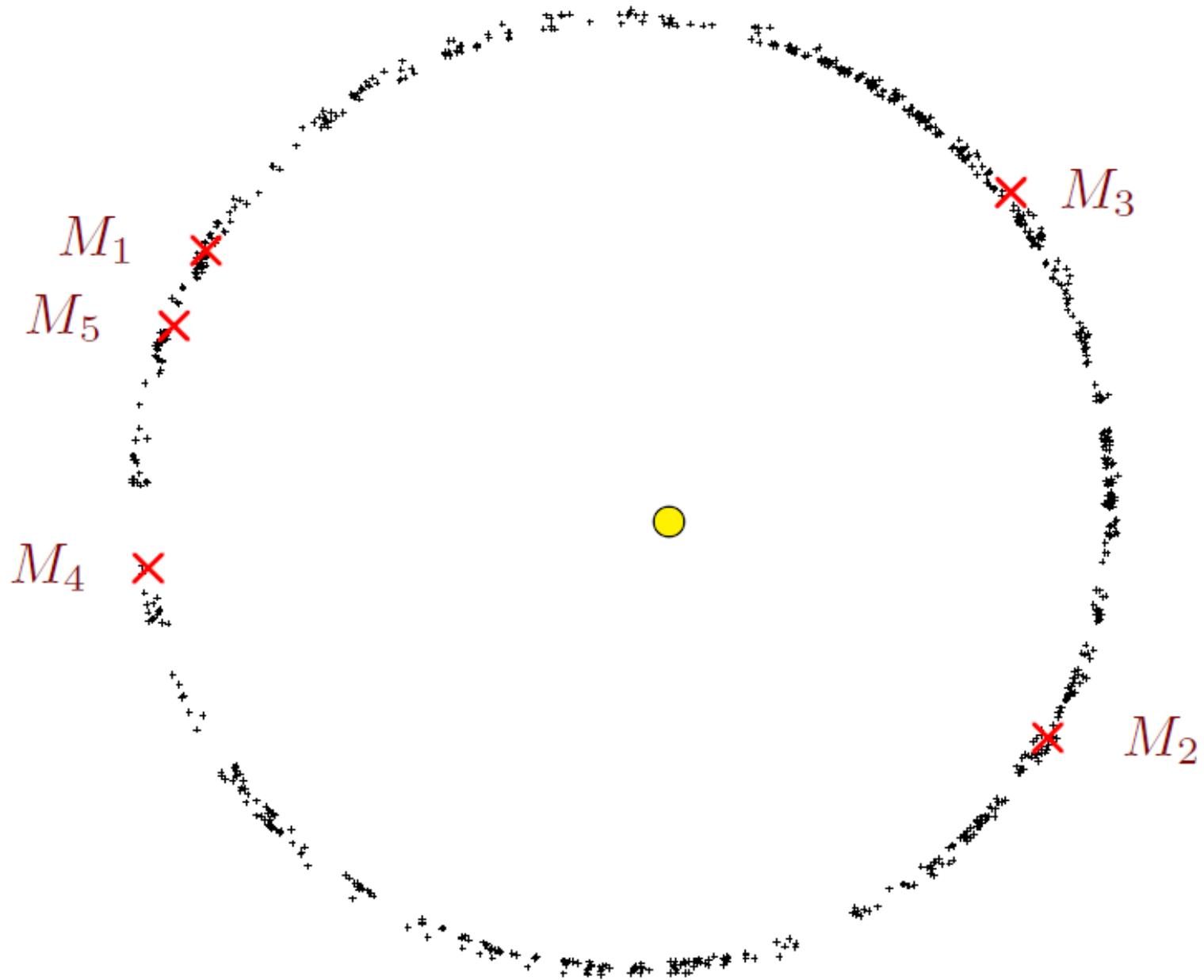
Parâmetro	NASA[11]	Análise geométrica	Discrepância
a	1,524	1,536(1)	0,8%
b	1,517	1,528(1)	0,7%
c	0,142	0,156(1)	9,8%
e	0,093	0,101(1)	8,6%

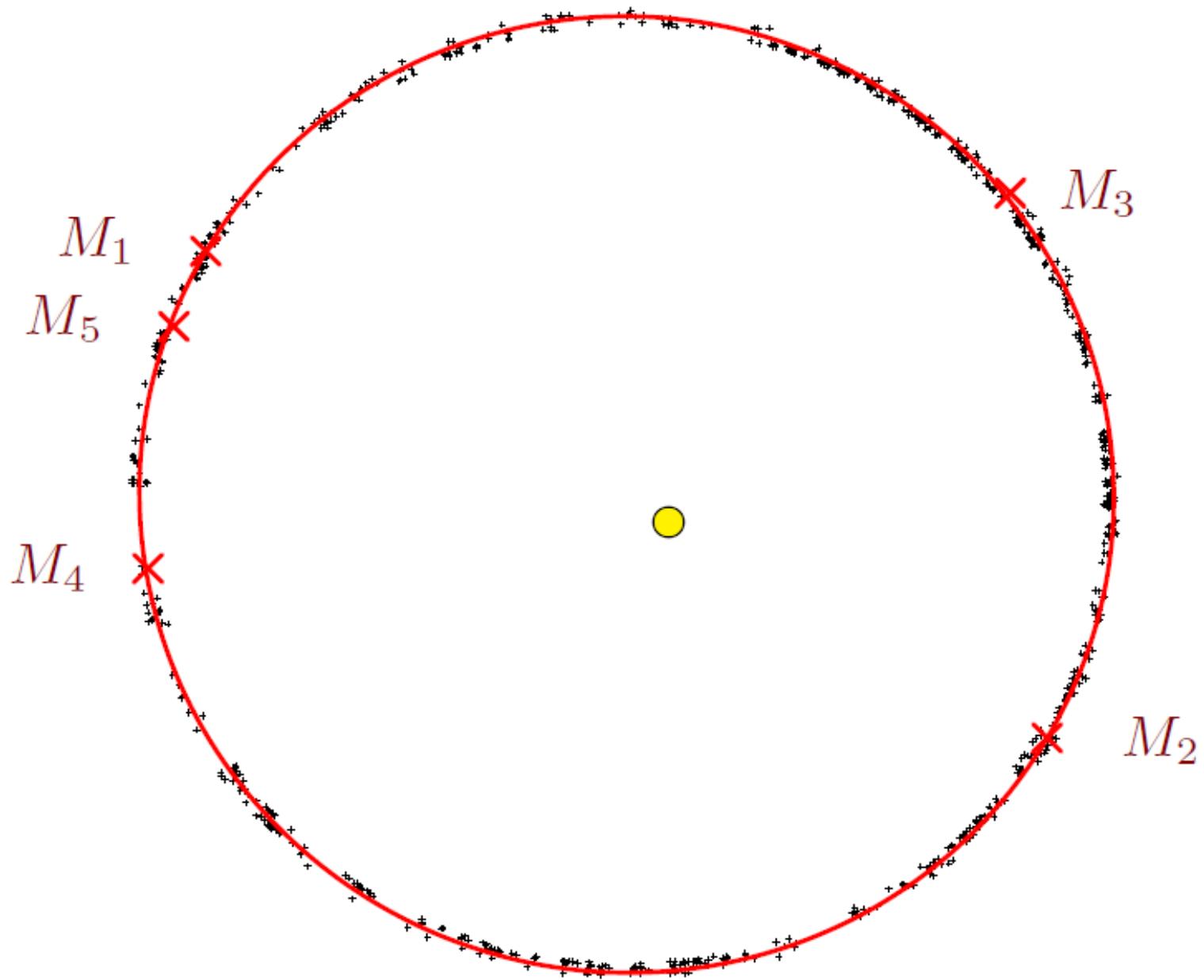


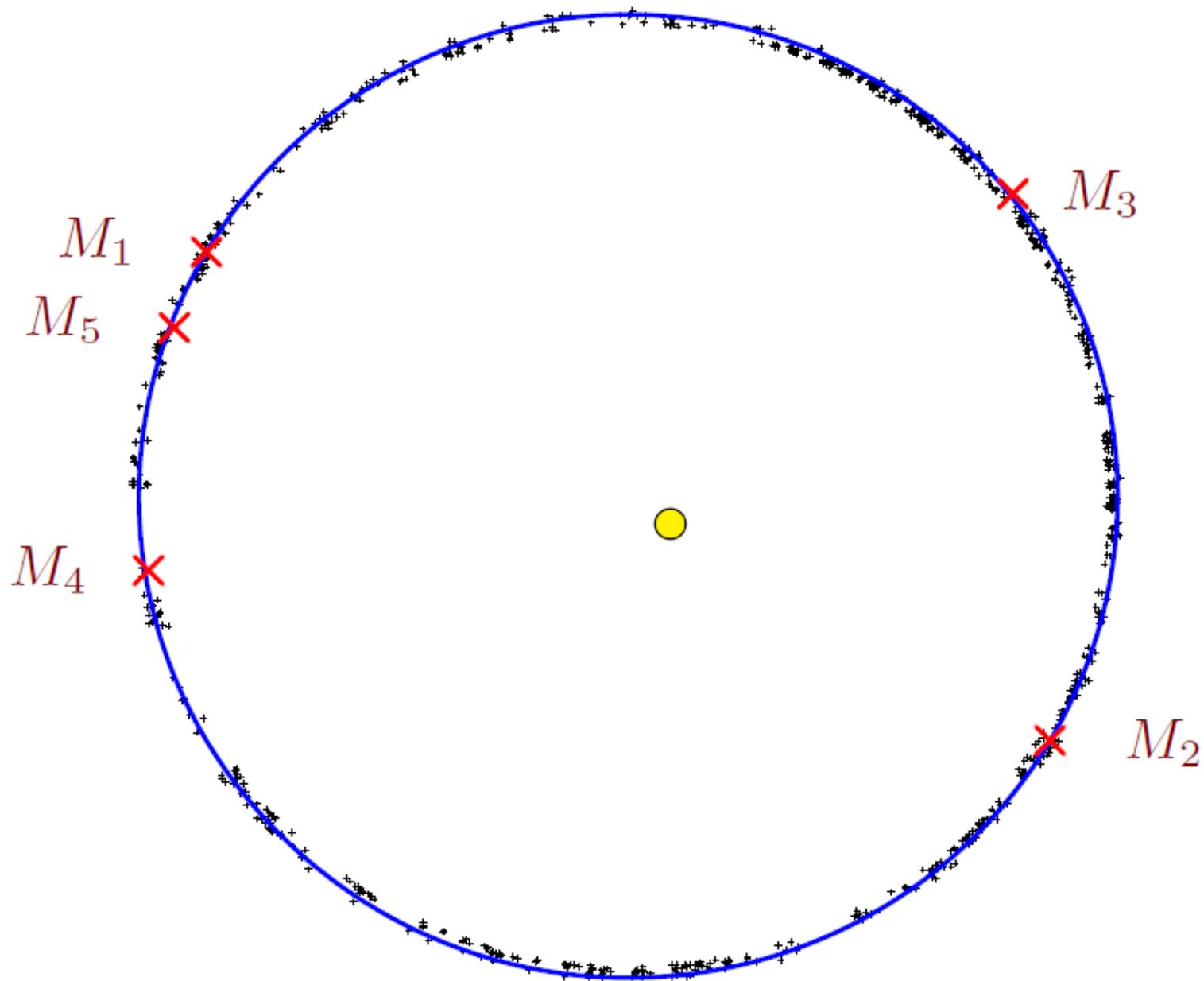
E SE UTILIZARMOS DADOS MAIS
RECENTES?

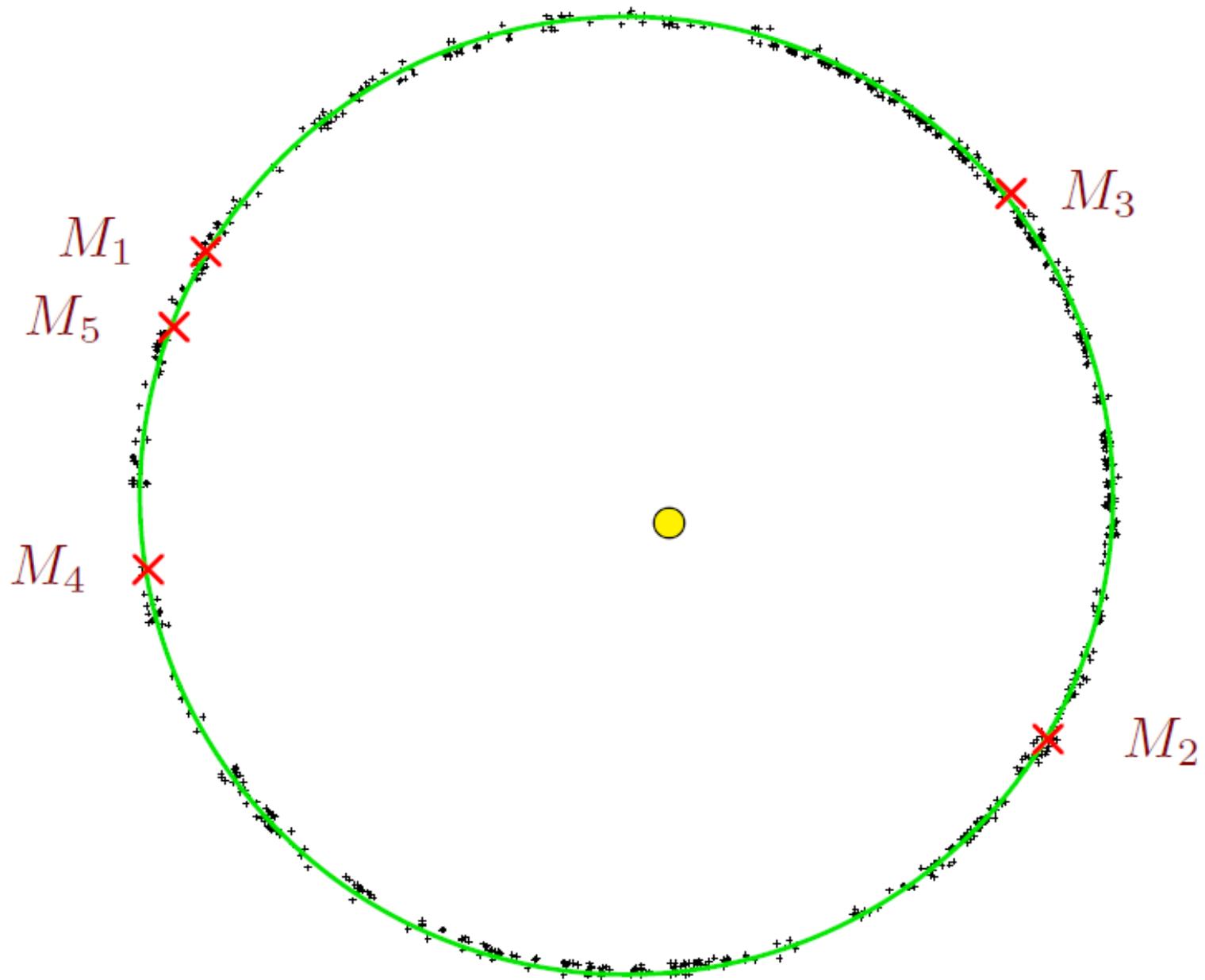
IMCCE DATABASE

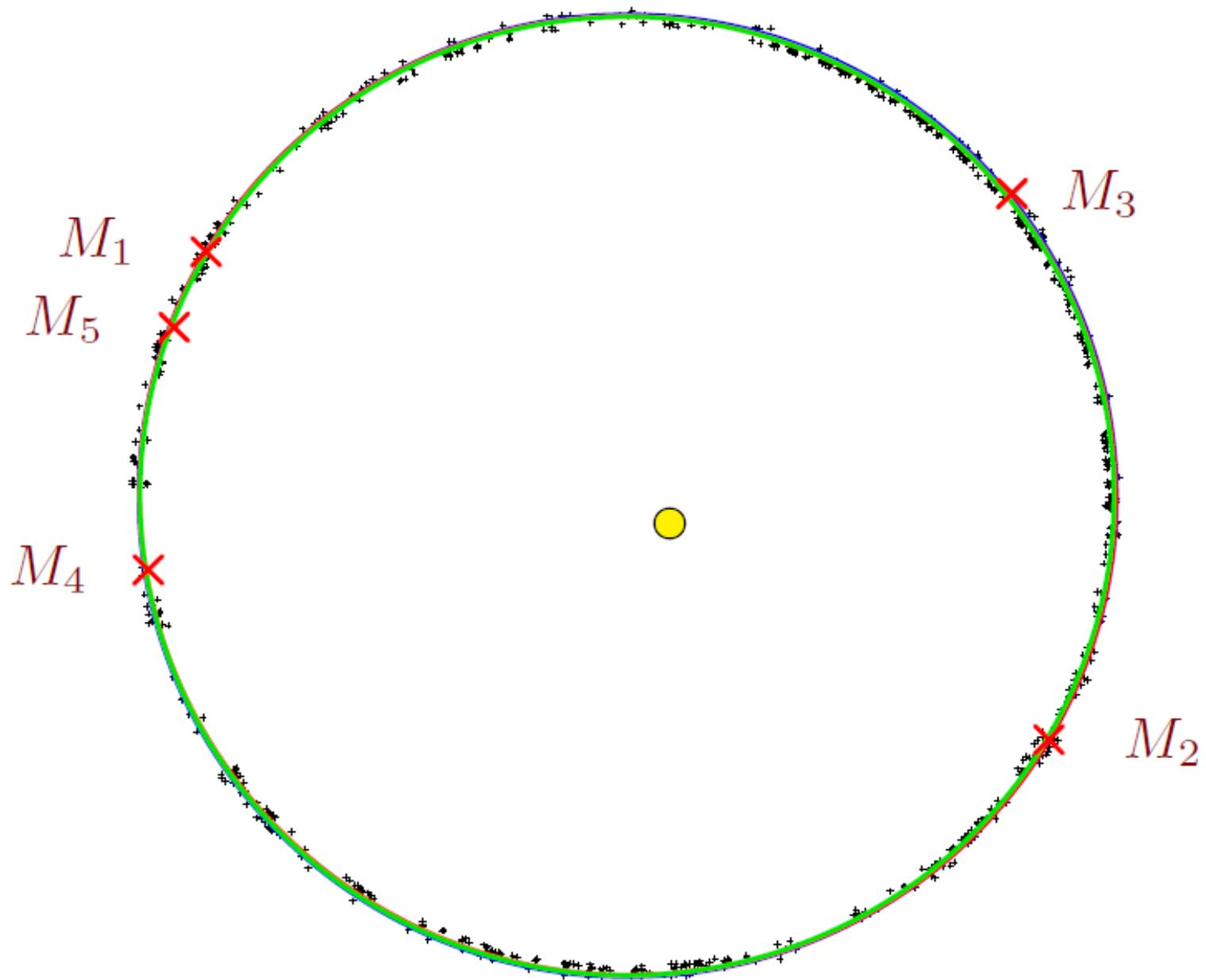
- Banco de dados de observações de Marte de diferentes sítios.
- 3814 posições de Marte entre 1774-1993 (α, δ).
- 751 pontos de Marte (X, Y)











SI TE hujus laboriosæ METHODI pertæsum fuerit, jure mei te mi-
fereat, qui eam ad minimum septuagies ivi cum plurima temporis jactura,
& mirari desines hunc quintum jam annum abire, ex quo Martem
aggressus sum, quamvis annus MDCIII pene totus Opticis inquisitioni-
bus fuit traductus.

Se você achou estes cálculos tediosos ('pertaesum'), então tenha piedade de mim: Eu os fiz ao menos 70 vezes, com uma grande perda de tempo ('ad minimum septuagies ivi cum plurima temporis jactura').

— KEPLER, *Astronomia Nova* (1609), p. 95.

OBRIGADO!

IOP Publishing

European Journal of Physics

Eur. J. Phys. 35 (2014) 025009 (6pp)

[doi:10.1088/0143-0807/35/2/025009](https://doi.org/10.1088/0143-0807/35/2/025009)

Kepler's ellipse, Cassini's oval and the trajectory of planets

B Morgado and V Soares¹

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 1, 1305 (2015)

www.sbfisica.org.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173711647>

Construção geométrica da órbita de Marte pelo método de Kepler
(Geometric construction of the Mars's orbit by the method of Kepler)

Bruno Eduardo Morgado¹, Vitorvani Soares²

morgado.fis@gmail.com