

# **Rapport Final Atelier de Recherche Encadrée** **La Parallaxe de Mars**

Suzanne Capillaire,  
Benjamin Gouner,  
Léa-Linh Liebard,  
Caroline Milcent

Enseignant :  
Serge Stinckwich  
Anne-Laure Melchior



## I. Introduction

Le phénomène de la parallaxe fut calculé pour la première fois en 1838 par Friedrich Bessel. Ce calcul apporta une preuve irréfutable de l'héliocentrisme de notre système solaire. Mais tout d'abord, qu'est ce que la parallaxe?

Sa signification dépend du domaine dans lequel on l'étudie. En astronomie cela représente le déplacement de la position apparente d'un corps (objet ou astre) en raison d'un déplacement de l'observateur. Dans notre cas, il s'agit donc du déplacement de Mars par rapport à la Terre.

Depuis l'Antiquité, les hommes se sont rendus compte de la trajectoire irrégulière de Mars sans lui trouver d'explication concluante. En effet cette dernière ne se déplace pas, dans le ciel de la Terre, comme les étoiles. Entre 1609 et 1618 Kepler, un mathématicien et astrophysicien, résolu ce problème grâce à ses trois lois. Elles permettent de comprendre que Mars a un mouvement rétrograde quand on la regarde depuis la Terre. Nous allons donc expliquer ce phénomène avec une approche physique et des modélisations informatiques sur le logiciel *Python*.

## II. Le Système Solaire

Pour comprendre la parallaxe et le mouvement rétrograde de Mars, nous devons d'abord commencer par décrire le Système Solaire. Ce dernier est situé sur l'un des bras de notre Galaxie, la Voie Lactée. Le Soleil se trouve à son centre et comme les masses des planètes le composant sont négligeables par rapport à celle du Soleil, le centre de masse est placé à proximité de l'étoile. Ainsi le Soleil tourne autour de ce centre de masse donnant l'impression qu'il tourne sur lui-même. Nous trouvons ensuite huit autres planètes qui tournent autour du Soleil (quatre planètes rocheuses, puis après une ceinture d'astéroïdes, deux planètes gazeuses et deux géantes des glaces). nous avons simulé à l'aide de la première kinesthésie le mouvement des planètes et des comètes (Encke et Halley) du Système Solaire. Mais dans notre cas, nous allons surtout nous intéresser à deux planètes rocheuses, la Terre et Mars, qui sont respectivement la troisième et quatrième planète du Système Solaire. Leur excentricité étant proche de 0, nous allons donc ici approximer leur orbite par des cercles et non pas des ellipses.

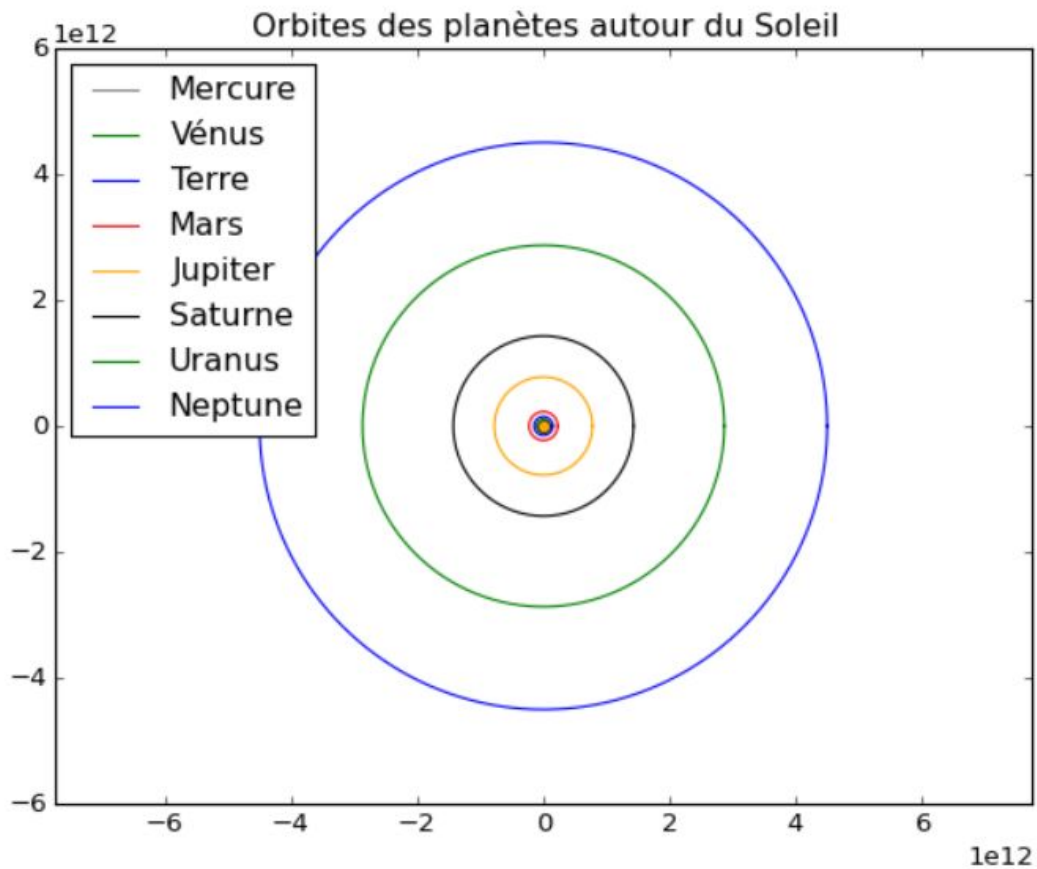
Avec ce modèle simplifié, et les équations du mouvement, nous avons approximé les positions relatives de la Terre et de Mars par rapport au Soleil puis des autres planètes:

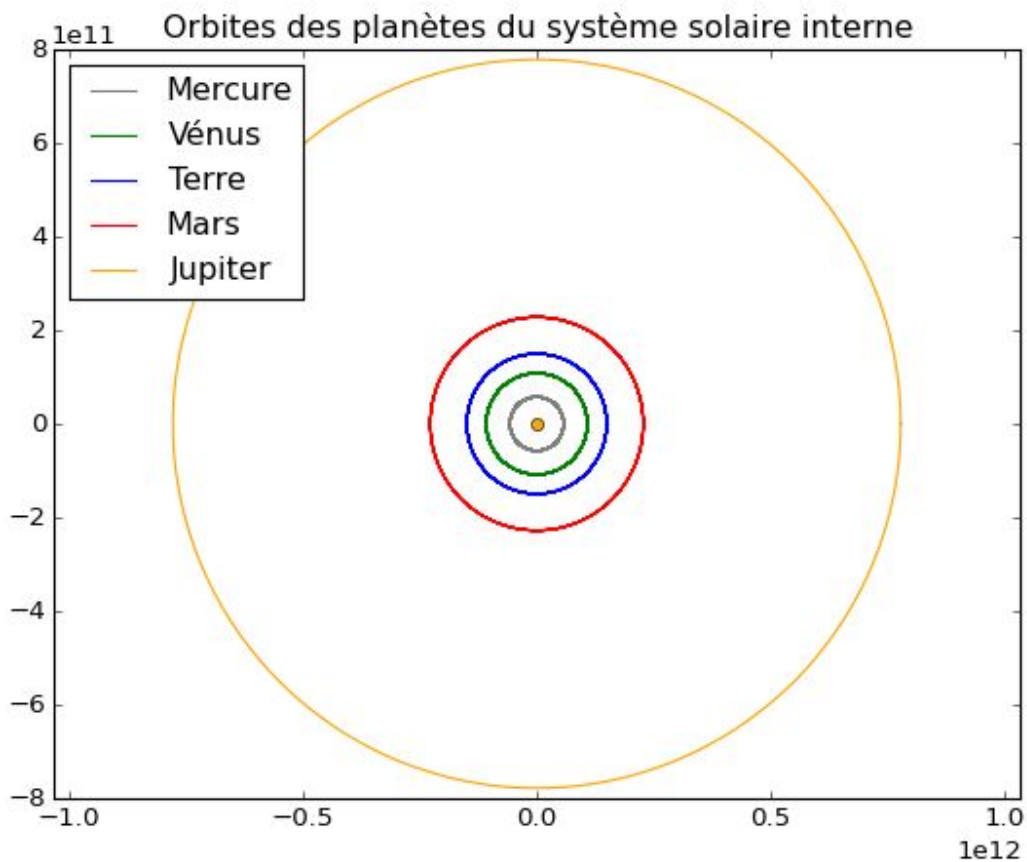
Equations du mouvement de la Terre dans le référentiel héliocentrique :

- $x_T(t) = R_T \cos \theta_T$
- $y_T(t) = R_T \sin \theta_T$
- $\theta_T(t) = \omega_T t + \theta_0 = \frac{2\pi}{T_T} t + \theta_0$

Equations du mouvement de Mars dans le référentiel héliocentrique :

- $x_M(t) = R_M \cos \theta_M$
- $y_M(t) = R_M \sin \theta_M$
- $\theta_M(t) = \omega_M t + \theta_0 = \frac{2\pi}{T_M} t + \theta_0$





De ce fait, leur vitesse orbitale est quasiment constante. Cependant la vitesse orbitale de Mars est plus faible que celle de la Terre soit environ  $24 \text{ km.s}^{-1}$  pour Mars avec un période de 686,97 jours et  $30 \text{ km.s}^{-1}$  avec une période de 365,25 jours pour notre planète. Ainsi, une année sur Mars dure presque deux fois plus longtemps que celle sur Terre. Donc la Terre a le temps de faire deux périodes de révolutions pendant que Mars est toujours sur sa première.

D'après ce principe, à un moment la Terre va doubler Mars, et c'est à ce moment que le mouvement de Mars devient rétrograde. C'est donc avec cette différence de vitesse que l'on peut observer la parallaxe de Mars que nous avons abordée dans un premier temps en kinesthésie.

photo soleil- terre-mars

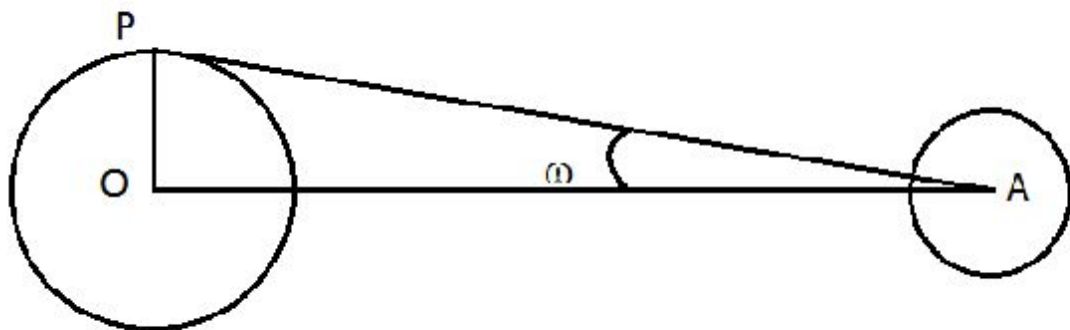
### III. La parallaxe

La parallaxe est l'incidence du changement de position de l'observateur sur l'observation d'un objet. En d'autres termes, la parallaxe est l'effet du changement de position de l'observateur sur ce qu'il perçoit. On peut l'utiliser dans de nombreux domaines tous différents comme la photographie (différence de cadrage entre le visé et l'enregistrement), ou encore la météorologie. Mais ici, nous verrons l'aspect astronomique de cette notion.

On peut distinguer deux types de parallaxe :

- Parallaxe diurne : Concerne les astres du Système Solaire. C'est l'angle où l'on peut voir le rayon de la Terre.

On place un observateur sur le centre de la Terre, un au Pôle Nord (au Pôle Sud) et le dernier sur l'un des astres intra Système Solaire. On peut ensuite grâce à Pythagore ou Al Kahi, on peut trouver l'angle qui est grâce au rayon de la Terre et la distance Pôle-astre.

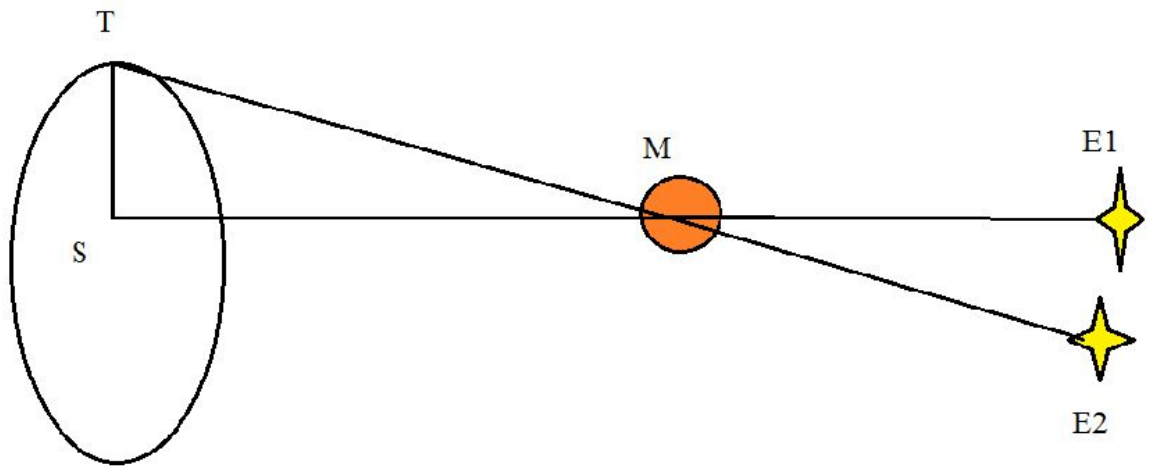


OP est le rayon de la Terre,  $\omega$  la parallaxe diurne en P

Dans notre exemple, OP est le rayon de la Terre, OA est la distance Terre-Mars.

- Parallaxe annuelle : Concerne elle les astres qui sont hors du système solaire. C'est l'angle où l'on peut voir le demi grand axe de l'orbite terrestre.

On place le premier point sur le Soleil, un autre sur le Pôle, et le troisième sur une étoile très lointaine.



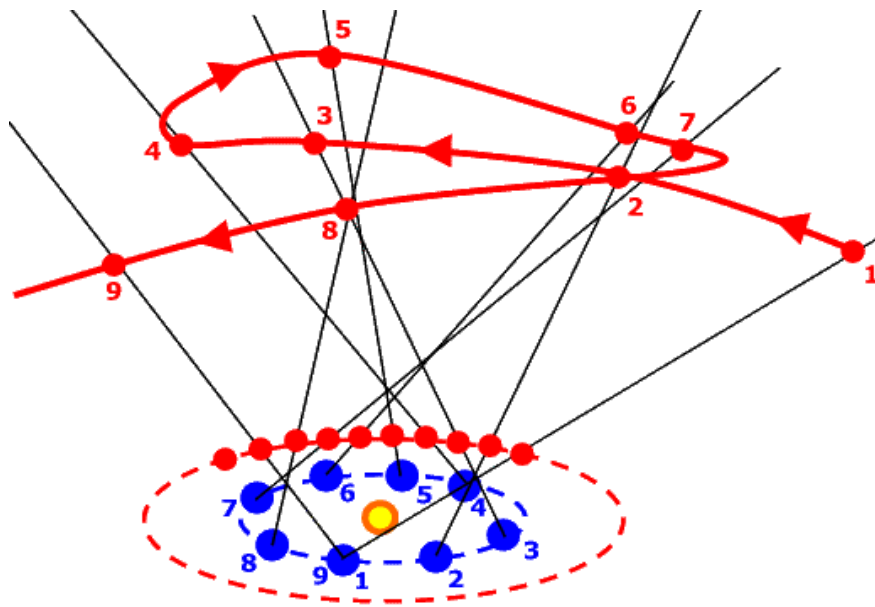
#### IV. La Kinesthésie et le mouvement rétrograde

Durant cette séance de kinesthésie, nous avons projeté les positions de Mars par rapport à la Terre. Un étudiant représentait la Terre un autre Mars et le reste la trajectoire de Mars dans le ciels de la Terre. Avec l'aide d'une corde, les étudiants (qui ne représentaient pas une planète) devaient se placer de telle sorte à ce que la corde reste alignée avec les deux planètes et la position de l'étudiant.

Nous avons alors remarqué que Mars avait une trajectoire insolite. En effet, cette dernière donne l'impression de reculer de temps en temps. Donc si l'on regarde Mars depuis la Terre, on constate que la planète rouge a un mouvement rétrograde car elle change de sens à un moment donné.

Avant de rentrer plus en détail dans les explications, il faut d'abord souligner qu'afin d'étudier le mouvement rétrograde de Mars, il faut choisir un référentiel fixe. On choisira l'ensemble des étoiles lointaines. C'est donc par rapport aux étoiles fixes que ce mouvement apparent est mesuré.

Voici un schéma:



source: original SVJ HS n°40 / réalisé par Olivier POCH

L'orbite bleue représente la trajectoire de la Terre et la rouge celle de Mars. Les points représentent les positions de ces deux planètes aux mêmes instants donnés. On remarque donc, que lorsqu'on place un observateur sur la Terre qui regarde directement Mars (représenté par le trait noir) alors l'image de Mars dans le ciel dépend de la position relative des 2 planètes et crée une boucle dans le ciel au fil des jours ( trajectoire rouge). C'est le mouvement rétrograde qui est du à une différence de vitesse angulaire entre les 2 planètes.

### photo simulation projection ciel

Grâce aux équations vu précédemment, on en a déduit que la *position relative* de Mars par rapport à la Terre est donnée par :

$$z_{M/T}(t) = z_{M/S}(t) - z_{T/S}(t) = 3 e^{+\pi i t} - 2 e^{+2\pi i t}$$

<http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=6598>

La parallaxe est l'incidence du changement de position de l'observateur sur l'observation d'un objet. En d'autres termes, la parallaxe est l'effet du changement de position de l'observateur sur ce qu'il perçoit.

Il existe plusieurs parallaxes:



- Parallaxe diurne : l'angle où l'on voit le rayon de la Terre. Elle concerne donc les astres du système solaire.
- Parallaxe annuelle : l'angle où l'on voit le demi grand axe de l'orbite terrestre. Elle concerne elle les astres qui sont hors du système solaire.