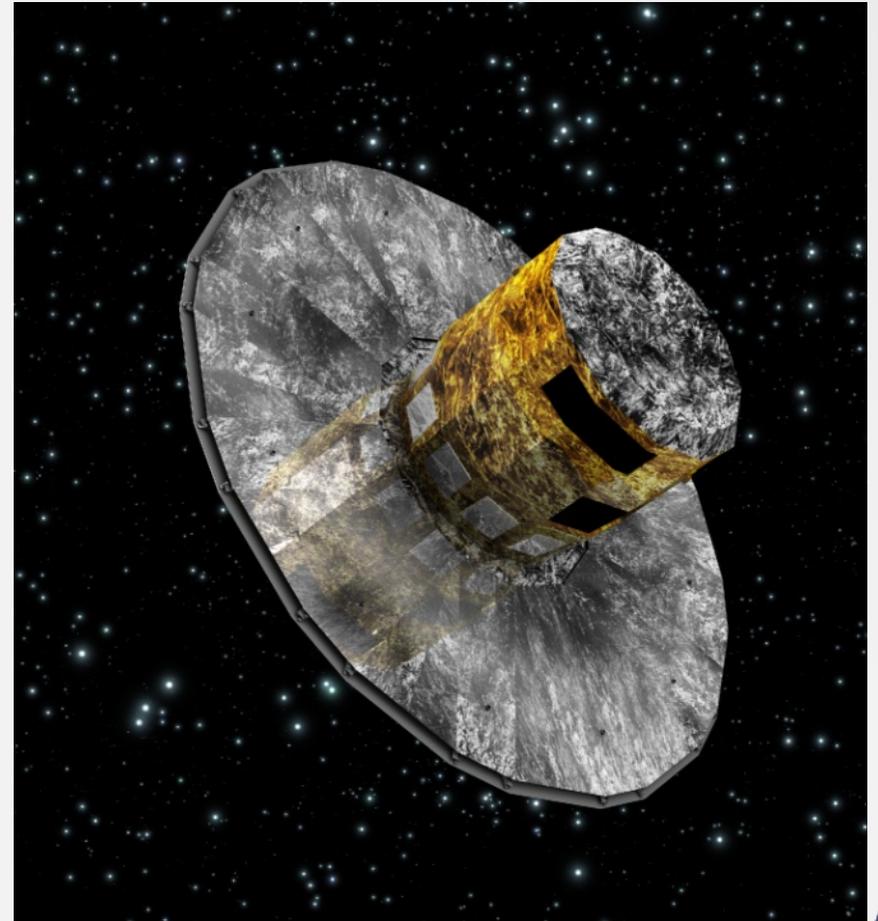


Gaia au point L2 – Une orbite très spéciale

Cette activité a pour but:

- ★ De comprendre le phénomène de la gravitation et son utilité pour les orbites des satellites.
- ★ De modéliser les orbites et de déterminer la relation entre la distance orbitale et la période.
- ★ De comprendre pourquoi Gaïa a besoin d'une orbite très spéciale et d'expliquer comment cette orbite est atteinte.



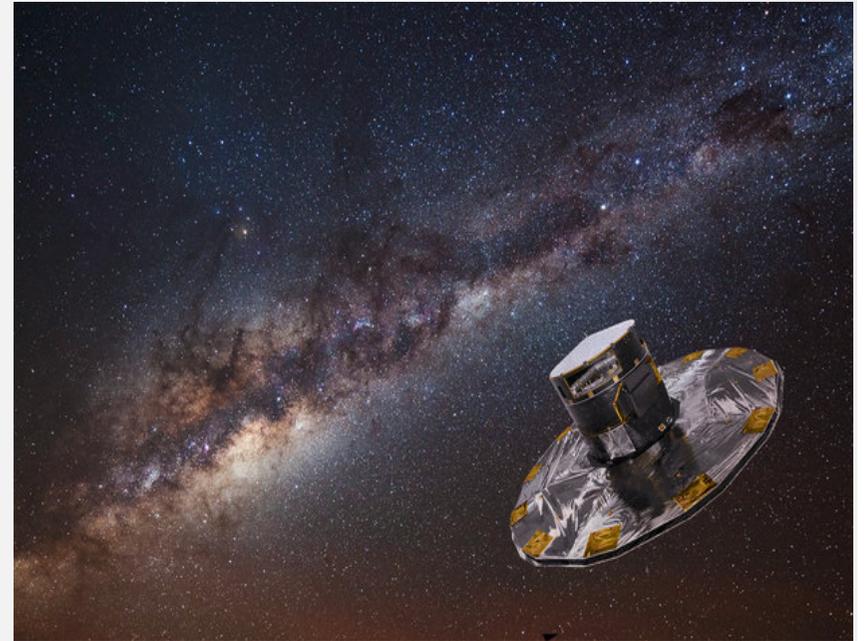
Le Satellite Gaia

Points clés:

- ★ Mission spatiale succédant à celle d'Hipparcos lancée en octobre 2013.
- ★ Il surveillera chacune de ses étoiles cibles environ 70 fois sur une période de cinq ans, cartographiant précisément leurs positions (200 fois plus précises que Hipparcos), distances, mouvements et changements de luminosité.
- ★ On s'attend à découvrir des centaines de milliers de nouveaux objets, tels que des exoplanètes et des naines brunes.

http://spaceinvideos.esa.int/Videos/2013/06/Gaia_scanning_the_sky

(vidéo présentant l'intérieur et l'extérieur de GAIA et son balayage du ciel)



Qu'est ce qu'une orbite?

Pourquoi un objet est-il en orbite?

Une orbite est le parcours d'un objet autour d'un autre objet dans l'espace

Un objet est en orbite à cause de la gravité !

Mais pour comprendre cela, nous devons réfléchir à ces questions :

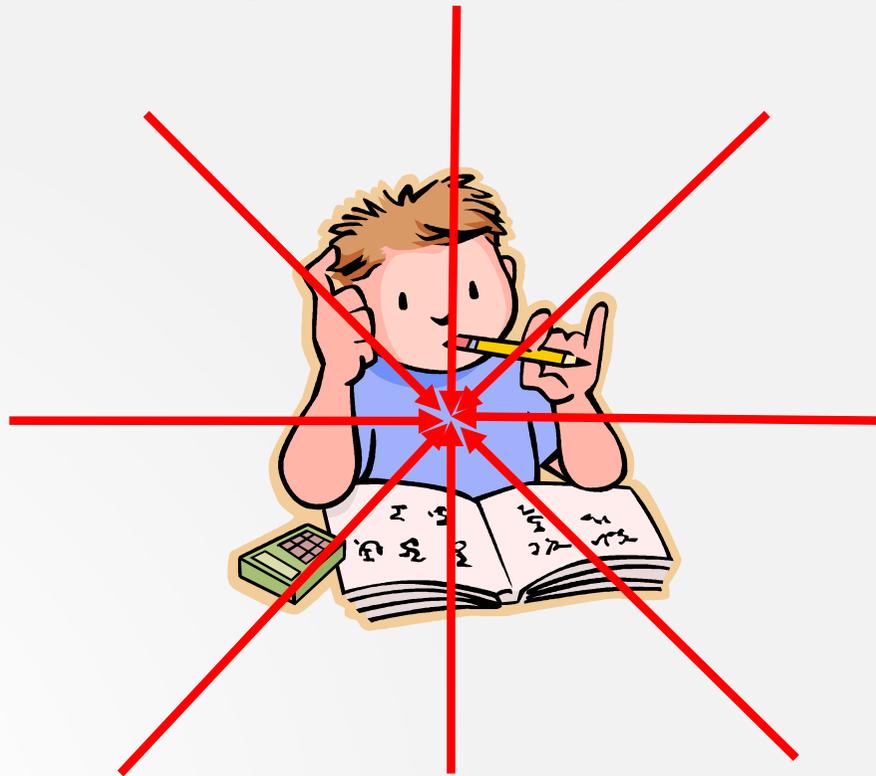
- ★ Quelles sont les causes de la gravité?
- ★ Jusqu'où dans l'espace la gravité se manifeste-t-elle?
- ★ Quelles sont les équations de la gravité?



Définition de la gravité

La gravité est une force qui attire les objets les uns vers les autres - tout objet avec une masse exerce une attraction gravitationnelle sur tout autre objet ayant une masse.

Donc vous attirez tout autour de vous!



VOUS avez un
effet
gravitationnel
sur chaque
particule de
masse dans
l'Univers!

La force gravitationnelle

La force exercée par la Terre sur un Humain est égale au poids :

$$P = m.g$$



$r = 1\text{m}$

$$m_1 = 60\text{kg} \quad m_2 = 70\text{kg}$$

La force gravitationnelle exercée par un objet 1 sur un objet 2 séparés d'une distance r :

$$F = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

G est la constante gravitationnelle universelle - une mesure de la force de gravité dans l'Univers

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

A vous de jouer :

Comparer le poids de chaque fille et la force gravitationnelle entre les 2

Variation de la force gravitationnelle

Masse m:

Plus la masse d'un objet est grande, plus la force gravitationnelle qu'il exerce sera grande

Distance r entre les objets:

Plus vous êtes loin d'un objet de masse M , moins la force gravitationnelle que vous ressentez de l'objet est grande

En fait, nous ne remarquons l'effet de la gravité que lorsque nous avons des objets d'une très grande masse - comme une planète

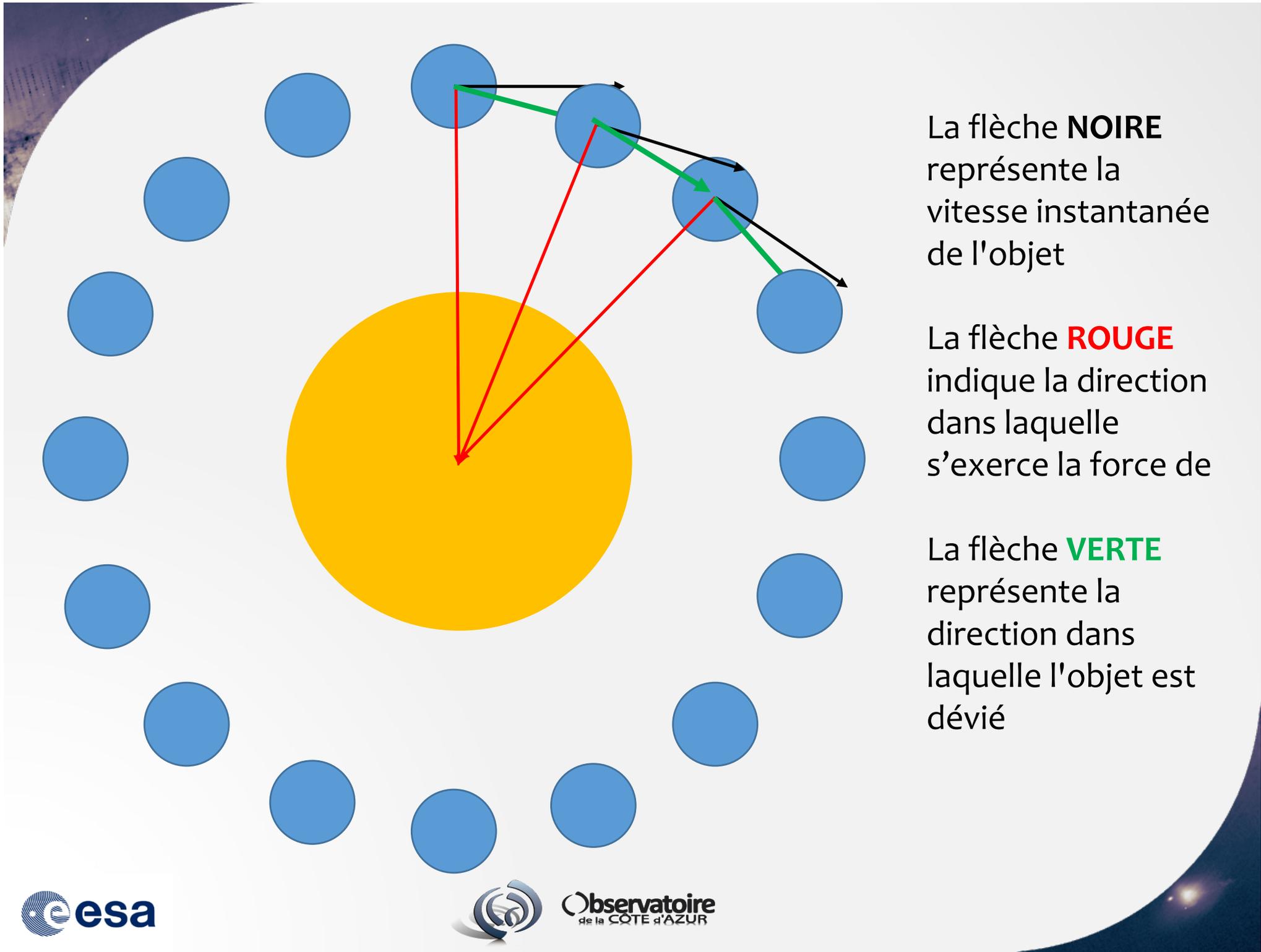
Les Orbites

Définition :

Trajectoire fermée d'un corps animé d'un mouvement périodique. Courbe décrite par une planète autour du Soleil, ou par un satellite autour de sa planète.

Simulation d'une orbite :

http://www.esa.int/Our_Activities/Operations/What_are_Lagrange_points



La flèche **NOIRE** représente la vitesse instantanée de l'objet

La flèche **ROUGE** indique la direction dans laquelle s'exerce la force de

La flèche **VERTE** représente la direction dans laquelle l'objet est dévié

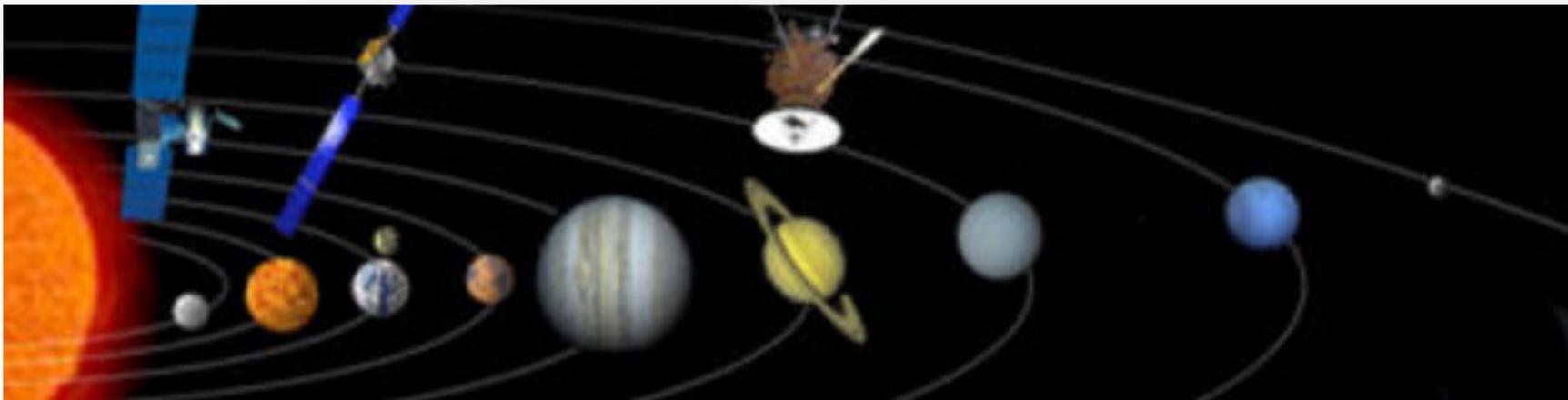
Distance orbitale et période

Vous allez étudier la relation entre la distance orbitale et la période pour les objets en orbite

Définition de la Période :

Elle correspond au temps qu'il faut pour qu'une planète ou un corps parcourt la totalité de son orbite.

Dans le cas ci-dessous du système solaire, les corps en orbite sont les planètes, et l'objet autour duquel elles tournent est le Soleil.



Simulation d'orbites – Réalisation d'un puits de gravité



Fabrication et utilisation du puits de gravité:

<https://www.youtube.com/watch?v=-nSohIHtOyM>

<https://www.youtube.com/watch?v=WRrj3CTfPm8>

EXPERIENCE à realiser

- 1) Prendre 3 billes et les tenir toutes dans une main, une bille entre chaque doigt (pour qu'il y ait une certaine distance entre elles)
- 2) Envoyez les trois billes sur une orbite différente, en les lâchant en même temps (elles devraient s'étaler en formant trois orbites à différentes distances de l'étoile centrale.

Résultats d'observations:

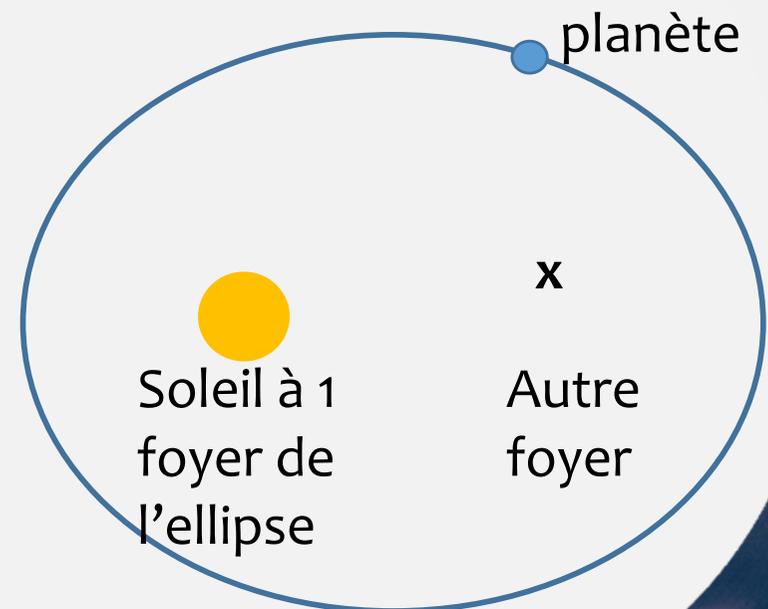
- 1) Comment la vitesse de la planète varie-t-elle avec la distance planète-étoile?
- 2) Comment la période de l'orbite varie-t-elle avec la distance planète-étoile?
- 3) Les planètes sont-elles alignées les unes avec les autres? Décrire leurs orbites les unes par rapport aux autres
- 4) Les orbites sont-elles parfaitement circulaires?



Orbite Circulaire?

Nous ne voyons jamais d'orbites parfaitement circulaires dans notre système solaire - il y a trop d'autres sources de gravité interférant pour qu'une orbite parfaitement circulaire existe.

Tous les objets du système solaire orbitent dans une ellipse (un cercle aplati avec 2 points importants appelés foyer) avec le soleil à un foyer.



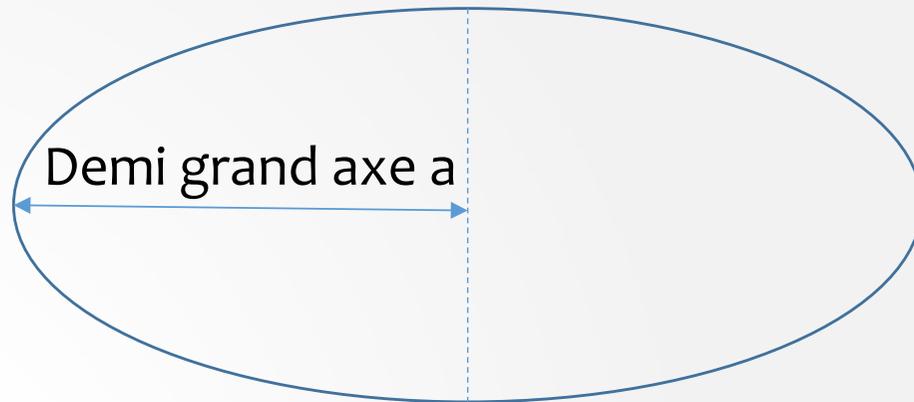
En option – la 3ème loi de Kepler

Ainsi, vous avez observé que les objets les plus éloignés de la source de gravité avaient une période plus longue que ceux plus proches.

En fait, le mathématicien Johannes Kepler au 17ème siècle a défini la relation entre la distance orbitale et la période.

La 3ème Loi de Kepler dit que :

Le carré de la période d'une planète est proportionnel au cube du demi-grand axe de son orbite.



$$T^2 \propto a^3$$

Et concernant Gaia?

Afin d'obtenir la meilleure vue possible de l'Univers, Gaia doit être loin de la Terre et du Soleil pour éviter les interférences et les effets dus au passage dans l'ombre de la Terre.

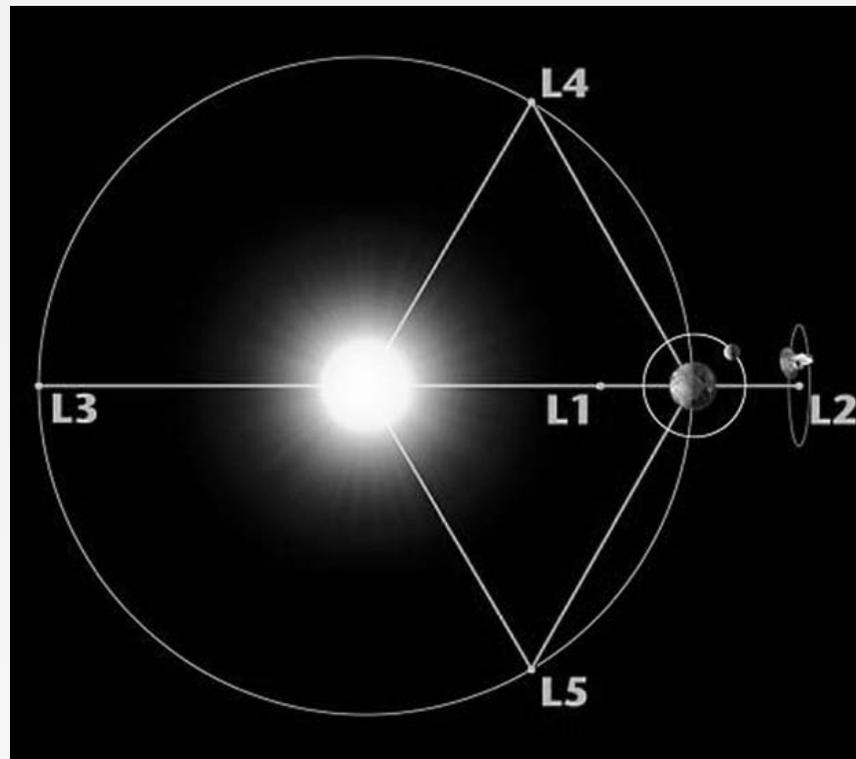
Comment peut-il facilement transmettre des données à la Terre et être sur une orbite stable?



Les points de Lagrange

Gaia va être placé à un point très spécial dans l'espace - le point de Lagrange L2.

Il y a 5 endroits sur l'orbite d'une planète où les forces et le mouvement entre le Soleil, la planète et le vaisseau spatial interagissent, pour créer un endroit stable à partir duquel observer.



Les points de Lagrange

Un objet placé à l'un de ces points restera stationnaire par rapport à la Terre alors que la Terre orbite le Soleil, en gardant le rythme de notre planète plutôt que d'être en avance ou en retard sur la Terre

Animation aux différents points de Lagrange:

http://www.esa.int/Our_Activities/Operations/What_are_Lagrange_points

Plusieurs engins spatiaux, y compris Herschel et Planck sont déjà à cet endroit.



Herschel

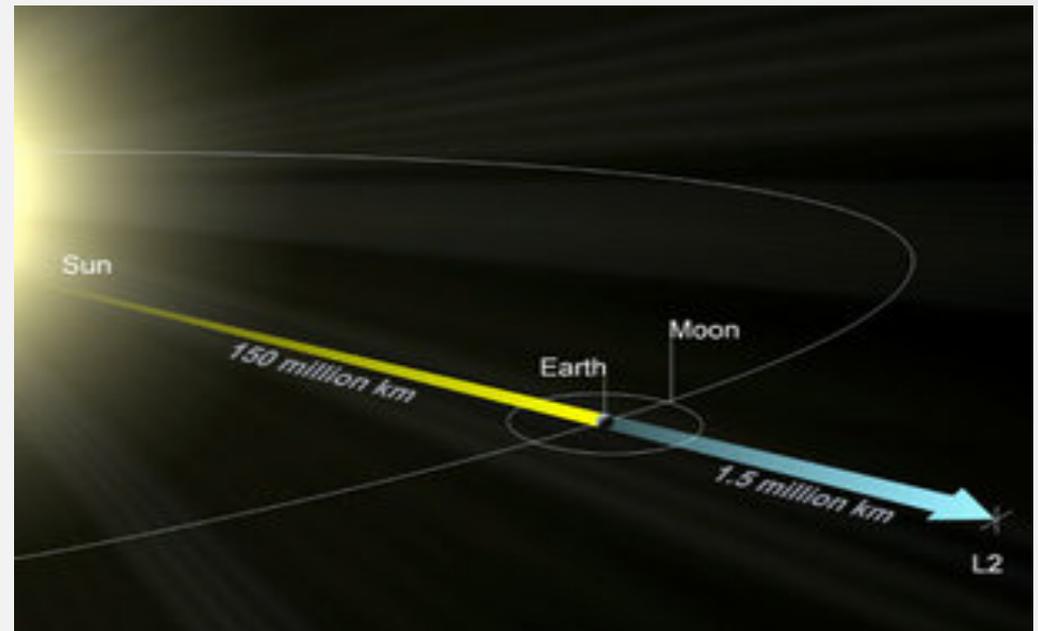
Le point L2

Le point L2 est éloigné de 1,5 millions de km de l'autre côté de la Terre par rapport au Soleil.

Dans cette orbite, Gaia sera toujours en alignement avec la Terre et le Soleil.

[Repensez aux puits de gravité:](#)

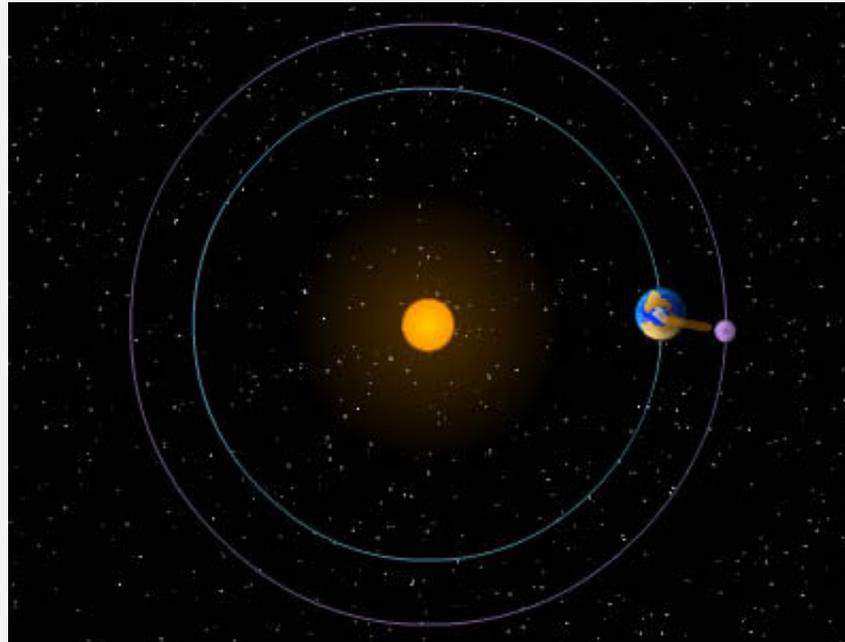
- Comment la période des objets plus lointains variait-elle par rapport aux objets plus proches?
- Quelle est la relation entre l'orbite de l'objet proche et celle de l'objet plus éloigné?



A la distance particulière du point L2

Le satellite tourne à la même vitesse autour du soleil que la Terre.

Les 2 objets sont “synchronisés” et alignés avec le soleil.



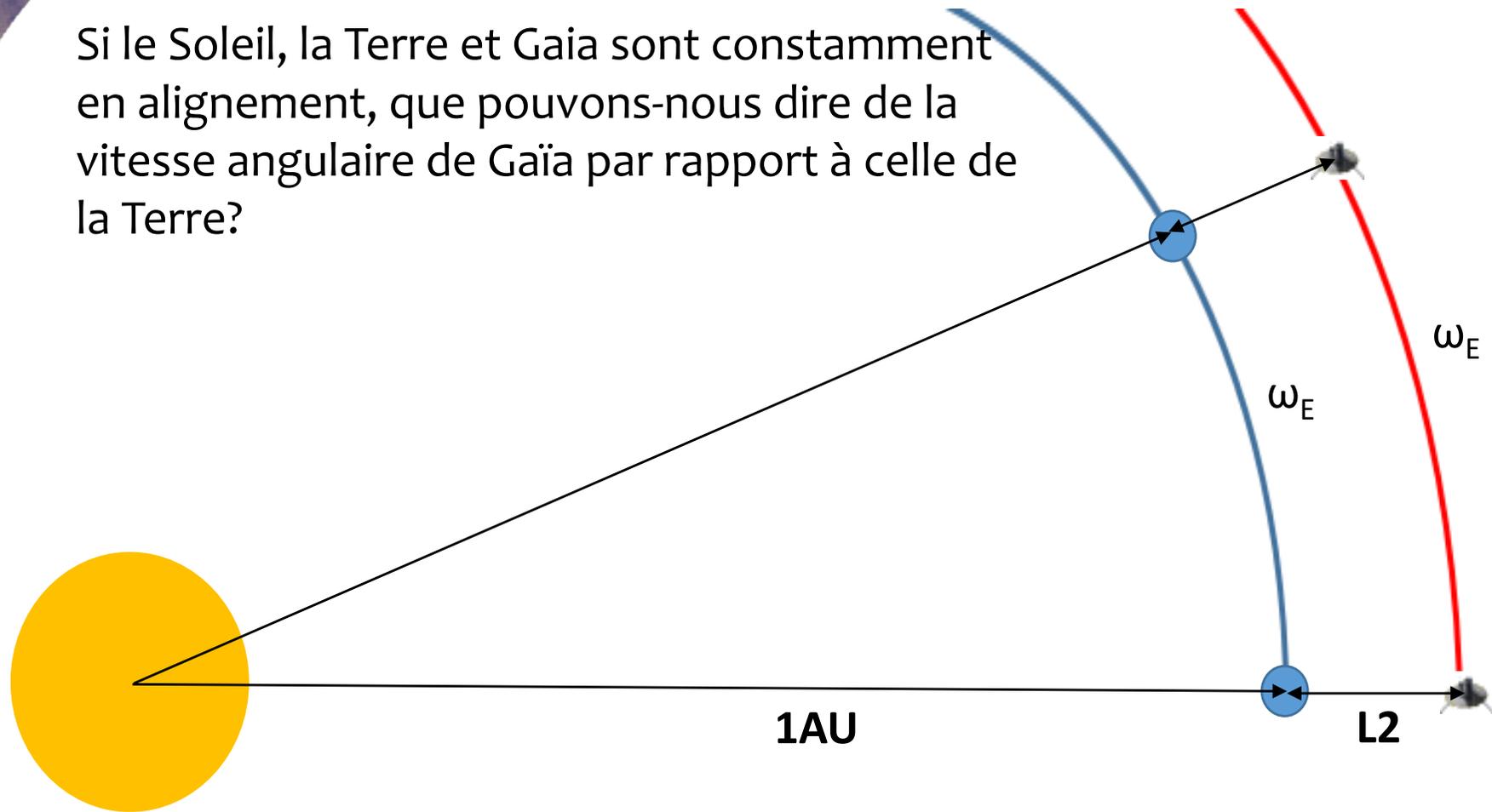
A la distance L2, la force gravitationnelle de la Terre permet de maintenir l'engin spatial en alignement avec la Terre.

Suite de l'atelier – “Pour aller plus loin”

Elèves de Terminale

Peut-on modéliser le scénario du point L2 et prouver que le rayon correct pour L2 est de 1,5 million de km ?

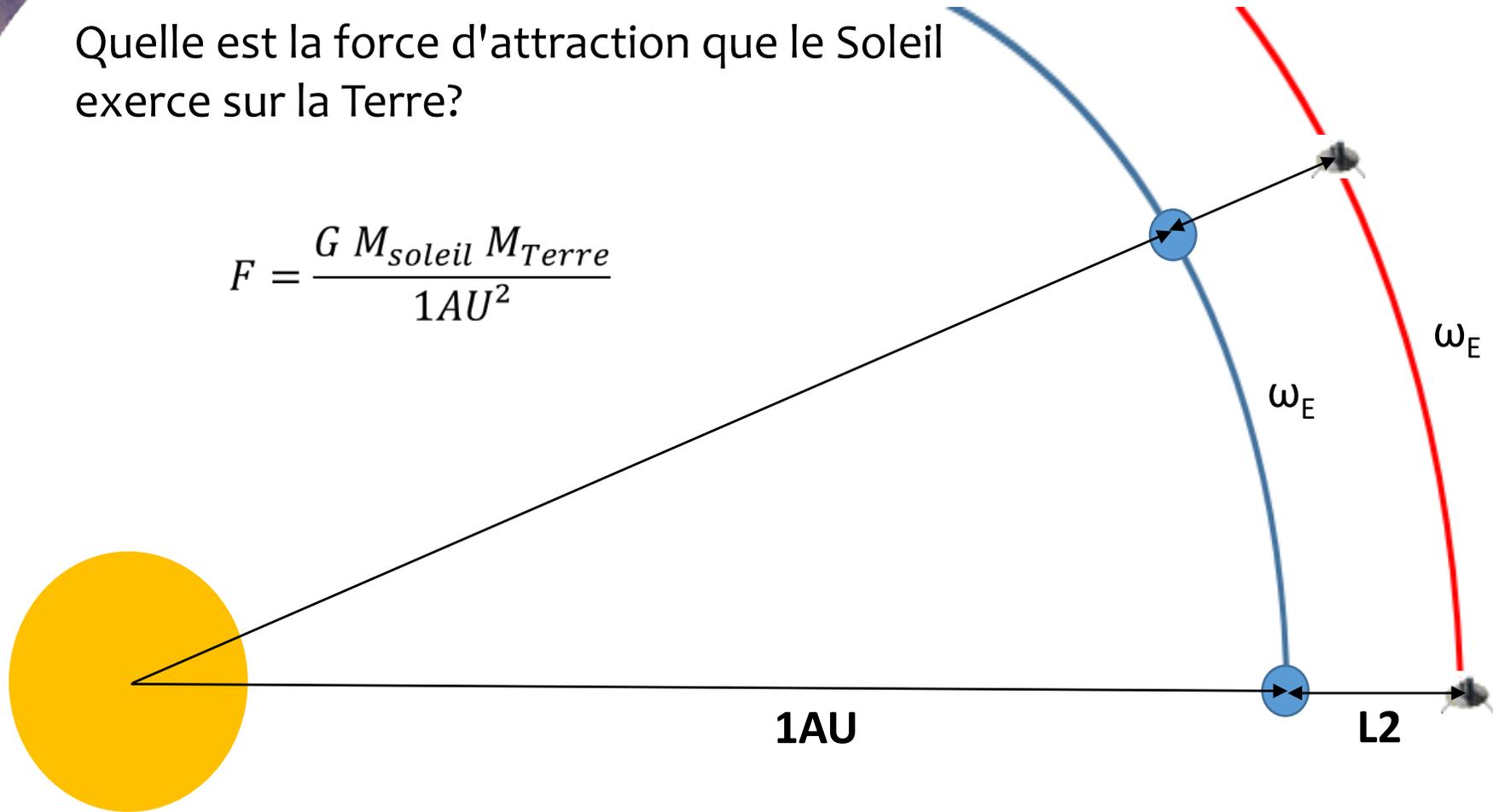
Si le Soleil, la Terre et Gaïa sont constamment en alignement, que pouvons-nous dire de la vitesse angulaire de Gaïa par rapport à celle de la Terre?



Elle doit être la même

Quelle est la force d'attraction que le Soleil exerce sur la Terre?

$$F = \frac{G M_{\text{soleil}} M_{\text{Terre}}}{1\text{AU}^2}$$



Quelle est la force d'attraction exercée sur Gaia provenant du Soleil et de la Terre?

$$F = \frac{GM_S M_T}{(1\text{AU} + L2)^2} + \frac{GM_T M_{\text{Gaia}}}{L2^2}$$

Pouvez-vous établir une équation pour vous permettre de montrer que 1 500 000 km est une réponse acceptable pour la distance L2?

(Indice : à quoi la force gravitationnelle est-elle égale dans ce mouvement circulaire)

$$M_{\text{Sun}} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$M_{\text{Terre}} = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$1\text{AU} = 150\,000\,000 \text{ km} \quad L2 = 1\,500\,000 \text{ km}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$