

# THEME 2 : Lois et modèles

## C10 Mouvements des satellites et des planètes

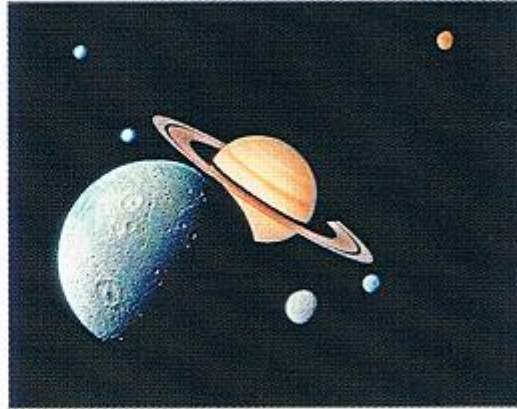
**En AP**  
**N°23 puis 17 P.215**

## 23 ★ Saturne et ses satellites

### Compétence générale

#### Effectuer un raisonnement scientifique

La planète Saturne est entourée de nombreux satellites parmi lesquels on trouve Janus, Mimas, Encelade, Thétis et Dione.



On se place dans le référentiel saturnocentrique supposé galiléen. Le mouvement de chacun des satellites étudiés est considéré comme circulaire.

Le tableau ci-dessous, partiellement rempli, regroupe les valeurs des périodes de révolution autour de Saturne et les rayons des orbites de deux de ses satellites.

Satellite	Période de révolution	Rayon de l'orbite
Janus	$T_1 = 17 \text{ h } 58 \text{ min}$	$r_1 = ?$
Encelade	$T_2 = ?$	$r_2 = 238 \times 10^3 \text{ km}$

- Déterminer la valeur du rayon  $r_1$  de l'orbite de Janus.
- La troisième loi de Kepler étant applicable aux satellites de Saturne, déterminer la valeur de la période de révolution  $T_2$  d'Encelade.

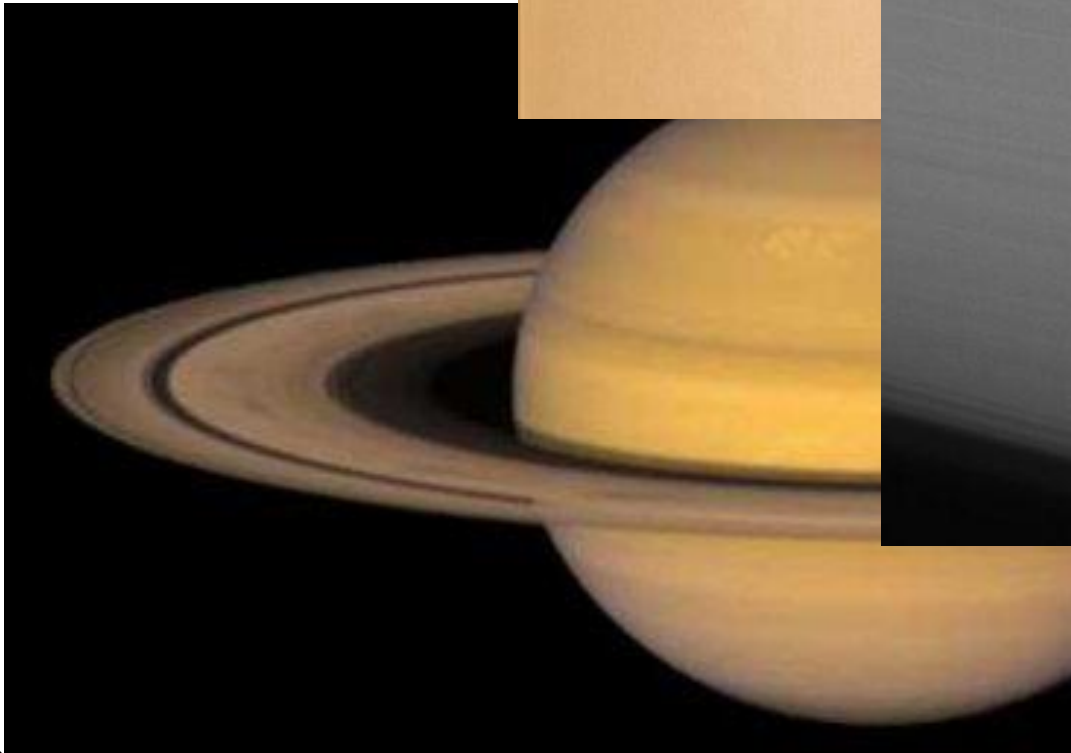
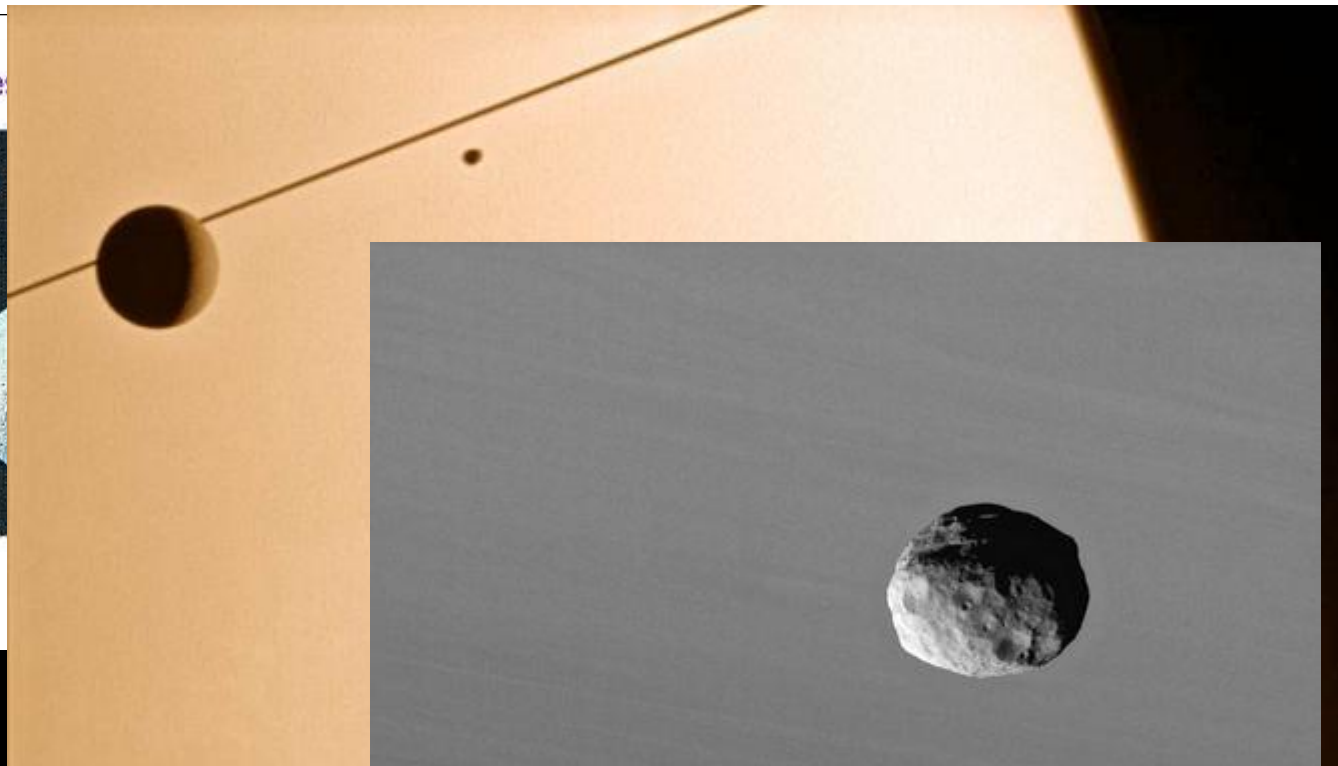
**Donnée :** masse de Saturne,  $M_S = 5,7 \times 10^{26} \text{ kg}$ .

## 23 ★ Saturne et ses satellites

### Compétence générale

*Effectuer un raisonnement scientifique*

La planète Saturne est entourée de nombreux satellites parmi lesquels on trouve Janus, Mimas, Encelade, Thétis et Dione.

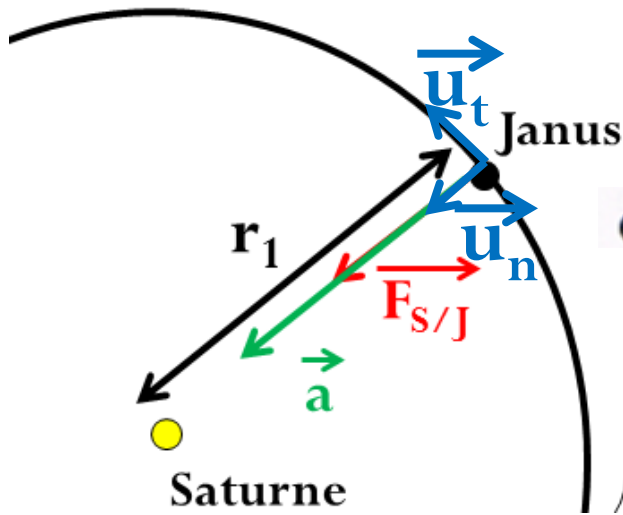
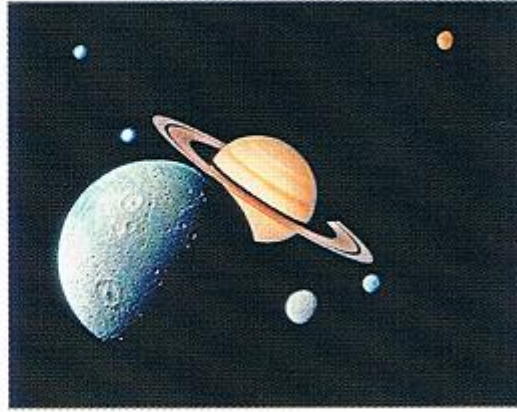


## 23 ★ Saturne et ses satellites

### Compétence générale

Effectuer un raisonnement scientifique

La planète Saturne est entourée de nombreux satellites parmi lesquels on trouve Janus, Mimas, Encelade, Thétis et Dione.



On se place dans le référentiel saturnocentrique supposé galiléen. Le mouvement de chacun des satellites étudiés est considéré comme circulaire.

Le tableau ci-dessous, partiellement rempli, regroupe les valeurs des périodes de révolution autour de Saturne et les rayons des orbites de deux de ses satellites.

Satellite	Période de révolution	Rayon de l'orbite
Janus	$T_1 = 17 \text{ h } 58 \text{ min}$	$r_1 = ?$
Encelade	$T_2 = ?$	$r_2 = 238 \times 10^3 \text{ km}$

- Déterminer la valeur du rayon  $r_1$  de l'orbite de Janus.
- La troisième loi de Kepler étant applicable aux satellites de Saturne, déterminer la valeur de la période de révolution  $T_2$  d'Encelade.

*Donnée :* masse de Saturne,  $M_S = 5,7 \times 10^{26} \text{ kg}$ .

$$\text{a. } \vec{F} = G \frac{m_{\text{Janus}} \cdot M_{\text{Saturne}}}{r_1^2} \vec{u}_n$$

$$2^{\text{de}} \text{ loi de Newton : } \vec{F} = m_{\text{Janus}} a \vec{u}_n$$

$$G \frac{m_{\text{Janus}} \cdot M_{\text{Saturne}}}{r_1^2} = m_{\text{Janus}} \frac{v^2}{r_1}$$

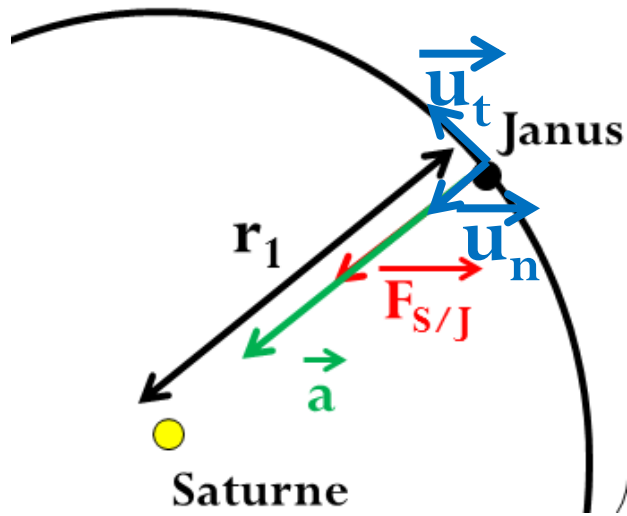
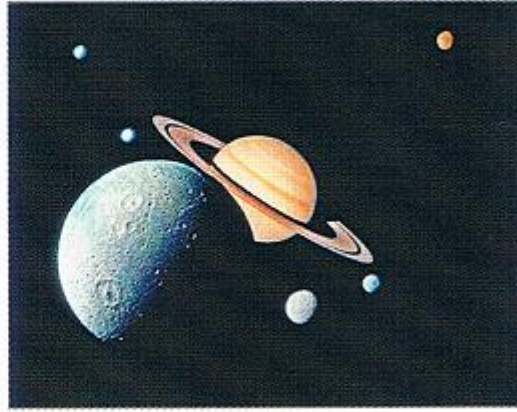
$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_{\text{Saturne}}}{r_1}}$$

## 23 ★ Saturne et ses satellites

### Compétence générale

Effectuer un raisonnement scientifique

La planète Saturne est entourée de nombreux satellites parmi lesquels on trouve Janus, Mimas, Encelade, Thétis et Dione.



On se place dans le référentiel saturnocentrique supposé galiléen. Le mouvement de chacun des satellites étudiés est considéré comme circulaire.

Le tableau ci-dessous, partiellement rempli, regroupe les valeurs des périodes de révolution autour de Saturne et les rayons des orbites de deux de ses satellites.

Satellite	Période de révolution	Rayon de l'orbite
Janus	$T_1 = 17 \text{ h } 58 \text{ min}$	$r_1 = ?$
Encelade	$T_2 = ?$	$r_2 = 238 \times 10^3 \text{ km}$

- Déterminer la valeur du rayon  $r_1$  de l'orbite de Janus.
- La troisième loi de Kepler étant applicable aux satellites de Saturne, déterminer la valeur de la période de révolution  $T_2$  d'Encelade.

*Donnée :* masse de Saturne,  $M_S = 5,7 \times 10^{26} \text{ kg}$ .

$$T_1 = \frac{2\pi r_1}{v} = \frac{2\pi r_1}{\sqrt{\frac{G \cdot M_{\text{Saturne}}}{r_1}}}$$

$$T_1^2 = \frac{4\pi^2 r_1^3}{G \cdot M_{\text{Saturne}}} \quad r_1 = \sqrt[3]{\frac{GM_S T_1^2}{4\pi^2}}$$

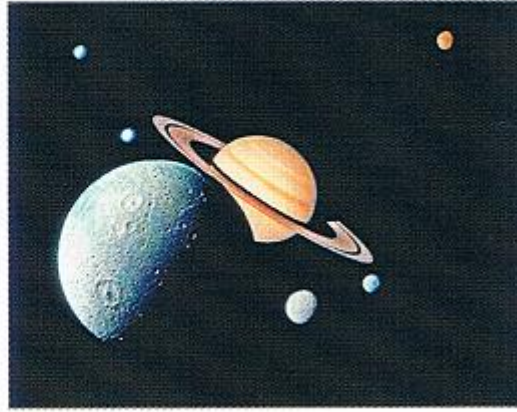
$$\text{A.N. : } r_1 = \sqrt[3]{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,7 \times 10^{26} \times (17 \times 3600 + 58 \times 60)^2}{4\pi^2}} = 1,6 \times 10^8 \text{ m}$$

## 23 ★ Saturne et ses satellites

### Compétence générale

Effectuer un raisonnement scientifique

La planète Saturne est entourée de nombreux satellites parmi lesquels on trouve Janus, Mimas, Encelade, Thétis et Dione.



On se place dans le référentiel saturnocentrique supposé galiléen. Le mouvement de chacun des satellites étudiés est considéré comme circulaire.

Le tableau ci-dessous, partiellement rempli, regroupe les valeurs des périodes de révolution autour de Saturne et les rayons des orbites de deux de ses satellites.

Satellite	Période de révolution	Rayon de l'orbite
Janus	$T_1 = 17 \text{ h } 58 \text{ min}$	$r_1 = ?$
Encelade	$T_2 = ?$	$r_2 = 238 \times 10^3 \text{ km}$

- Déterminer la valeur du rayon  $r_1$  de l'orbite de Janus.
- La troisième loi de Kepler étant applicable aux satellites de Saturne, déterminer la valeur de la période de révolution  $T_2$  d'Encelade.

**Donnée :** masse de Saturne,  $M_S = 5,7 \times 10^{26} \text{ kg}$ .

b. 3<sup>e</sup> loi de Kepler :

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_{\text{Saturne}}} :$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{4\pi^2 r_2^3}{G \cdot M_{\text{Saturne}}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 (2,38 \cdot 10^8)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,7 \cdot 10^{26}}} \approx$$

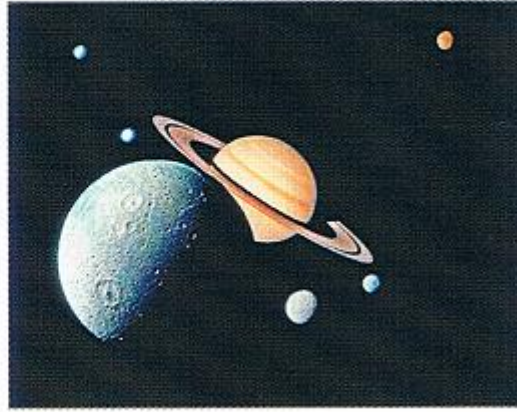
$$T_2 = 32 \text{ h } 51 \text{ min } 56 \text{ s}$$

## 23 ★ Saturne et ses satellites

### Compétence générale

Effectuer un raisonnement scientifique

La planète Saturne est entourée de nombreux satellites parmi lesquels on trouve Janus, Mimas, Encelade, Thétis et Dione.



On se place dans le référentiel saturnocentrique supposé galiléen. Le mouvement de chacun des satellites étudiés est considéré comme circulaire.

Le tableau ci-dessous, partiellement rempli, regroupe les valeurs des périodes de révolution autour de Saturne et les rayons des orbites de deux de ses satellites.

Satellite	Période de révolution	Rayon de l'orbite
Janus	$T_1 = 17 \text{ h } 58 \text{ min}$	$r_1 = ?$
Encelade	$T_2 = ?$	$r_2 = 238 \times 10^3 \text{ km}$

- Déterminer la valeur du rayon  $r_1$  de l'orbite de Janus.
- La troisième loi de Kepler étant applicable aux satellites de Saturne, déterminer la valeur de la période de révolution  $T_2$  d'Encelade.

**Donnée :** masse de Saturne,  $M_S = 5,7 \times 10^{26} \text{ kg}$ .

**b.** Autre méthode :

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_{\text{Saturne}}} \Rightarrow \frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3}$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{r_2^3 T_1^2}{r_1^3}} = T_1 \sqrt{\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3} =$$

$$= (17 \times 3600 + 58 \times 60) \times \sqrt{\left(\frac{238 \times 10^3 \times 10^3}{1,6 \times 10^8}\right)^3} = 1,2 \times 10^5 \text{ s} = 33 \text{ h}$$

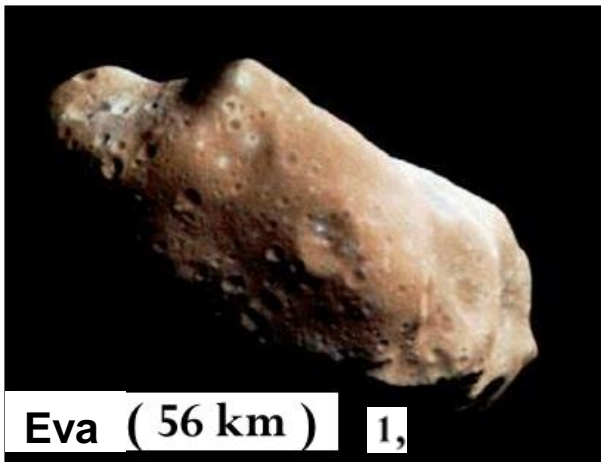
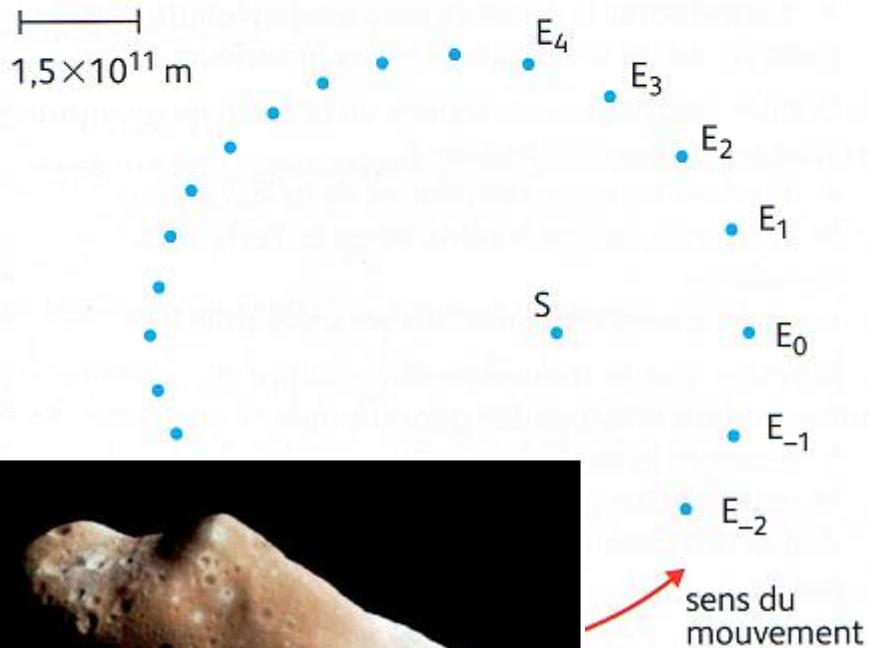
## 17 Mouvement d'un astéroïde

**Compétences générales** Effectuer un raisonnement scientifique – Exploiter un schéma

La figure ci-dessous présente les positions de l'astéroïde Eva tous les 54 jours dans le référentiel héliocentrique. Cette figure est disponible sur le site :

**Echelle du document :**

**1,0 cm ( Doc )  $\rightarrow$   $1,5 \times 10^{11}$  m ( réel )**



- Justifier que le mouvement d'Eva n'est ni circulaire ni uniforme dans le référentiel héliocentrique.
- Montrer que les valeurs des vitesses d'Eva en  $E_1$  et  $E_{-1}$  sont voisines :  $v_{E_1} \approx v_{E_{-1}} \approx 2,6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Reproduire les points de  $E_2$  à  $E_{-2}$  et représenter les vecteurs vitesses en  $E_1$  et  $E_{-1}$  en précisant l'échelle utilisée.
- En déduire la direction et le sens du vecteur accélération  $\vec{a}_0$  d'Eva en  $E_0$ . Représenter  $\vec{a}_0$  à l'échelle 1 cm pour  $0,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  en prenant  $a_0 = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- Le résultat obtenu pour  $\vec{a}_0$  est-il en cohérence avec les caractéristiques (direction et sens) de la force de gravitation qu'exerce le Soleil sur l'astéroïde en  $E_0$  ?

**a.** La trajectoire est une ellipse, donc non circulaire car  $R$  varie. Les positions ne sont pas régulièrement espacées donc le mouvement n'est pas uniforme.



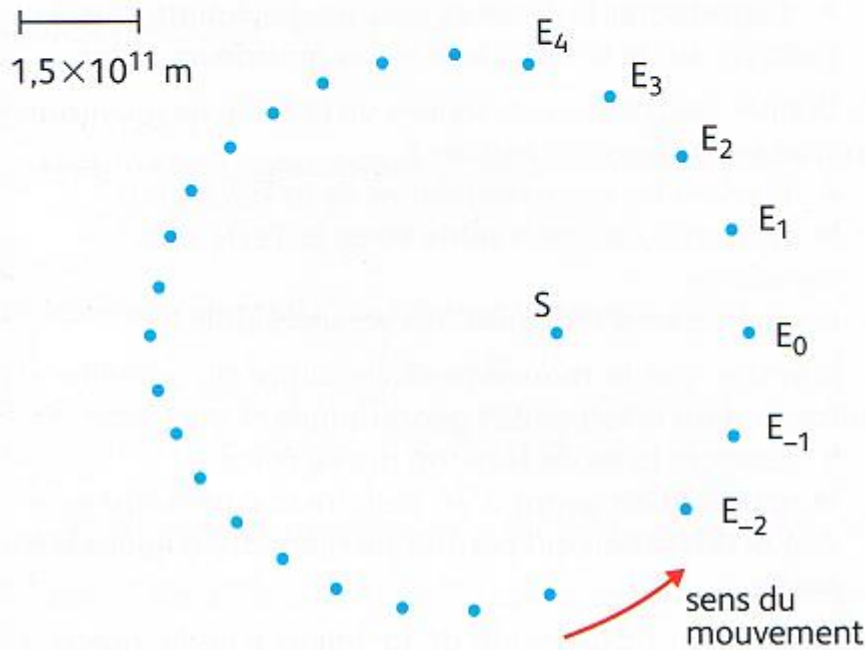
## 17 Mouvement d'un astéroïde

**Compétences générales** Effectuer un raisonnement scientifique – Exploiter un schéma

La figure ci-dessous présente les positions de l'astéroïde Eva tous les 54 jours dans le référentiel héliocentrique. Cette figure est disponible sur le site :

**Echelle du document :**

**1,0 cm ( Doc )  $\rightarrow$   $1,5 \times 10^{11}$  m ( réel )**



$$\widehat{E_0 E_2}_{(Doc)} = \overline{E_0 E_1} + \overline{E_1 E_2}$$

$$\widehat{E_0 E_2}_{(Doc)} = 0,90 + 0,75 = 1,65 \text{ cm}$$

$$Eva_{(réel)} = 1,65 \times 1,5 \cdot 10^{11} = 2,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$2\tau = 2 \times 54 \text{ jours}$$

$$2\tau = 2 \times 54 \times 24 \times 3600$$

$$2\tau = 9,3 \cdot 10^6 \text{ s}$$

$$v_{E1} = 2,5 \cdot 10^{11} / 9,3 \cdot 10^6$$

$$v_{E1} = 2,7 \cdot 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- Justifier que le mouvement d'Eva n'est ni circulaire ni uniforme dans le référentiel héliocentrique.
- Montrer que les valeurs des vitesses d'Eva en  $E_1$  et  $E_{-1}$  sont voisines :  $v_{E1} \approx v_{E-1} \approx 2,6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Reproduire les points de  $E_2$  à  $E_{-2}$  et représenter les vecteurs vitesses en  $E_1$  et  $E_{-1}$  en précisant l'échelle utilisée.
- En déduire la direction et le sens du vecteur accélération  $\vec{a}_0$  d'Eva en  $E_0$ . Représenter  $\vec{a}_0$  à l'échelle 1 cm pour  $0,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  en prenant  $a_0 = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- Le résultat obtenu pour  $\vec{a}_0$  est-il en cohérence avec les caractéristiques (direction et sens) de la force de gravitation qu'exerce le Soleil sur l'astéroïde en  $E_0$ ?

**a.** La trajectoire est une ellipse, donc non circulaire car  $R$  varie. Les positions ne sont pas régulièrement espacées donc le mouvement n'est pas uniforme.

$$\text{b. } v_{E1} = \widehat{E_0 E_2} / 2\tau \quad v_{E-1} = \widehat{E_{-2} E_0} / 2\tau$$

$$\widehat{E_0 E_2}_{(Doc)} = \widehat{E_{-2} E_0}_{(Doc)} \quad \text{donc } v_{E1} = v_{E-1}$$

## 17 Mouvement d'un astéroïde

**Compétences générales** Effectuer un raisonnement scientifique – Exploiter un schéma

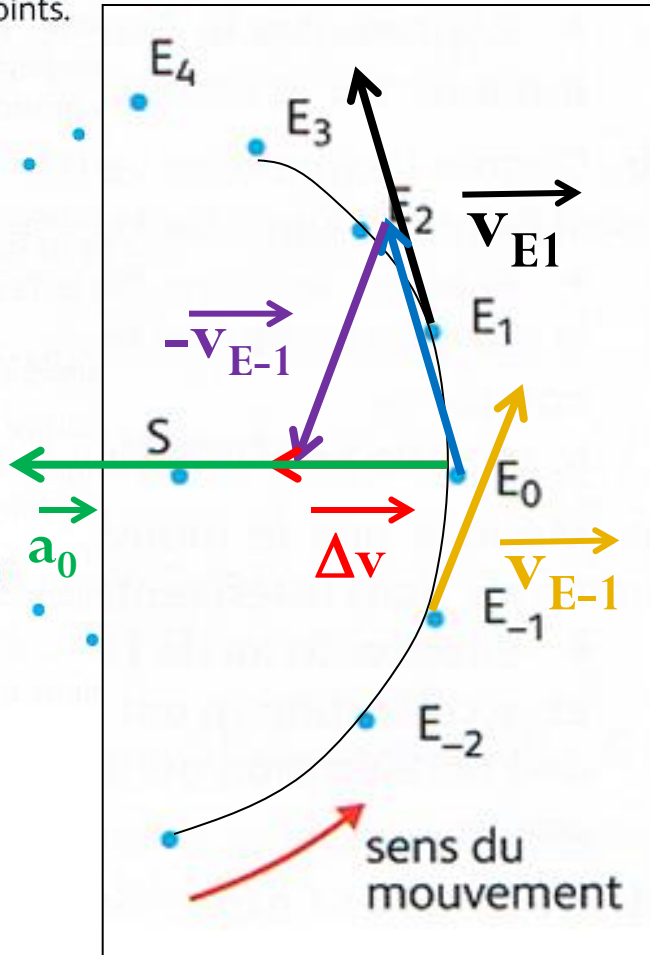
La figure ci-dessous présente les positions de l'astéroïde Eva tous les 54 jours dans le référentiel héliocentrique.

Cette figure est disponible sur le site :

[www.nathan.fr/siriuslycee/eleve-termS](http://www.nathan.fr/siriuslycee/eleve-termS)

L'échelle est indiquée sur la figure. Eva et le Soleil sont représentés par des points.

1,5 × 10<sup>11</sup> m



- Justifier que le mouvement d'Eva n'est ni circulaire ni uniforme dans le référentiel héliocentrique.
- Montrer que les valeurs des vitesses d'Eva en  $E_1$  et  $E_{-1}$  sont voisines :  $v_{E_1} \approx v_{E_{-1}} \approx 2,6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Reproduire les points de  $E_2$  à  $E_{-2}$  et représenter les vecteurs vitesses en  $E_1$  et  $E_{-1}$  en précisant l'échelle utilisée.
- En déduire la direction et le sens du vecteur accélération  $\vec{a}_0$  d'Eva en  $E_0$ . Représenter  $\vec{a}_0$  à l'échelle 1 cm pour  $0,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  en prenant  $a_0 = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- Le résultat obtenu pour  $a_0$  est-il en cohérence avec les caractéristiques (direction et sens) de la force de gravitation qu'exerce le Soleil sur l'astéroïde en  $E_0$ ?

c. Echelle vecteurs vitesse :

2,0 cm ( Doc )  $\leftrightarrow$   $2,7 \cdot 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( réel )

d.  $\vec{a}_0 = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

$\vec{a}_0 = \frac{(\vec{v}_{E_1} - \vec{v}_{E_{-1}})}{2\tau}$

$\vec{a}_0$  mesure 4 cm

## 17 Mouvement d'un astéroïde

**Compétences générales** Effectuer un raisonnement scientifique – Exploiter un schéma

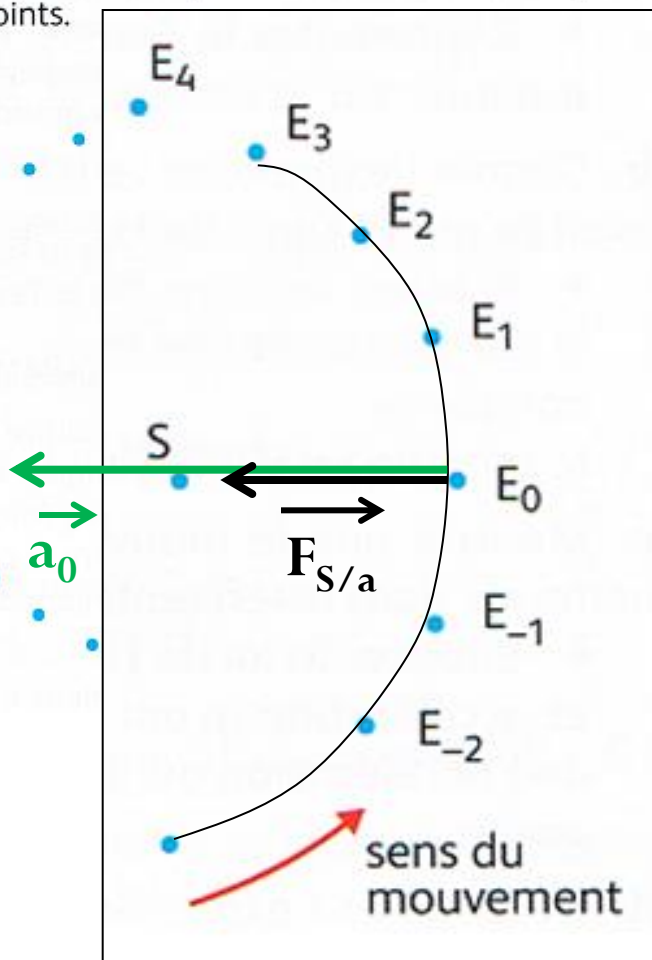
La figure ci-dessous présente les positions de l'astéroïde Eva tous les 54 jours dans le référentiel héliocentrique.

Cette figure est disponible sur le site :

[www.nathan.fr/siriuslycee/eleve-termS](http://www.nathan.fr/siriuslycee/eleve-termS)

L'échelle est indiquée sur la figure. Eva et le Soleil sont représentés par des points.

1,5 × 10<sup>11</sup> m



a. Justifier que le mouvement d'Eva n'est ni circulaire ni uniforme dans le référentiel héliocentrique.

b. Montrer que les valeurs des vitesses d'Eva en  $E_1$  et  $E_{-1}$  sont voisines :  $v_{E_1} \approx v_{E_{-1}} \approx 2,6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

c. Reproduire les points de  $E_2$  à  $E_{-2}$  et représenter les vecteurs vitesses en  $E_1$  et  $E_{-1}$  en précisant l'échelle utilisée.

d. En déduire la direction et le sens du vecteur accélération  $\vec{a}_0$  d'Eva en  $E_0$ . Représenter  $\vec{a}_0$  à l'échelle 1 cm pour  $0,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  en prenant  $a_0 = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

e. Le résultat obtenu pour  $\vec{a}_0$  est-il en cohérence avec les caractéristiques (direction et sens) de la force de gravitation qu'exerce le Soleil sur l'astéroïde en  $E_0$  ?

e.  $F_{S/a}$  : Force gravitationnelle exercée par le Soleil sur l'astéroïde

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\vec{F}_{S/a} = m \cdot \vec{a}$$

Comme  $m > 0$  alors  $\vec{F}_{S/a}$  et  $\vec{a}$  ont même sens et direction.

C'est cohérent car la direction de la force gravitationnelle est la droite joignant les centres de gravité des deux systèmes.

## 17 Mouvement d'un astéroïde

**Compétences générales** Effectuer un raisonnement scientifique – Exploiter un schéma

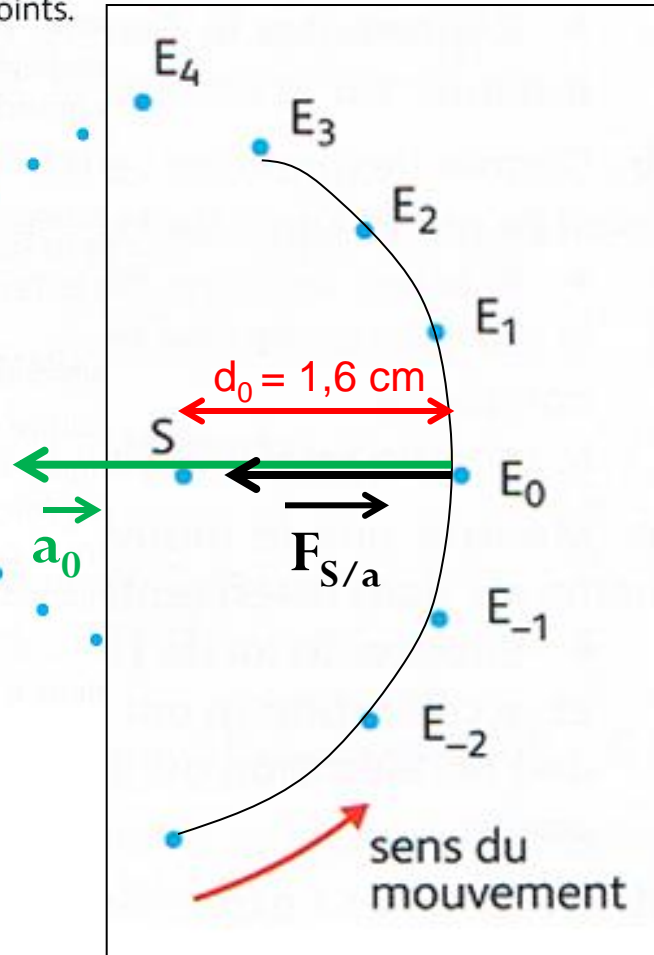
La figure ci-dessous présente les positions de l'astéroïde Eva tous les 54 jours dans le référentiel héliocentrique.

Cette figure est disponible sur le site :

[www.nathan.fr/siriuslycee/eleve-termS](http://www.nathan.fr/siriuslycee/eleve-termS)

L'échelle est indiquée sur la figure. Eva et le Soleil sont représentés par des points.

1,5 × 10<sup>11</sup> m



a. Justifier que le mouvement d'Eva n'est ni circulaire ni uniforme dans le référentiel héliocentrique.

b. Montrer que les valeurs des vitesses d'Eva en  $E_1$  et  $E_{-1}$  sont voisines :  $v_{E_1} \approx v_{E_{-1}} \approx 2,6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

c. Reproduire les points de  $E_2$  à  $E_{-2}$  et représenter les vecteurs vitesses en  $E_1$  et  $E_{-1}$  en précisant l'échelle utilisée.

d. En déduire la direction et le sens du vecteur accélération  $\vec{a}_0$  d'Eva en  $E_0$ . Représenter  $\vec{a}_0$  à l'échelle 1 cm pour  $0,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  en prenant  $a_0 = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

e. Le résultat obtenu pour  $\vec{a}_0$  est-il en cohérence avec les caractéristiques (direction et sens) de la force de gravitation qu'exerce le Soleil sur l'astéroïde en  $E_0$  ?

f. En tenant compte de l'échelle des distances de la figure, en prenant  $a_0 = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  et en appliquant la deuxième loi de Newton à Eva en  $E_0$ , déterminer une valeur approchée de la masse  $M_S$  du Soleil.

$$\vec{F}_{S/a} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow F = m a$$

$$G \frac{m \cdot M_S}{d_0^2} = m a_0$$

$$M_S = \frac{d_0^2 \cdot a_0}{G} = \frac{(1,6 \times 1,5 \cdot 10^{11})^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{6,67 \cdot 10^{-11}} = 1,73 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

Masse : 1,989E30 kg