# **EXERCICE I commun à tous les candidats (10 points)**

# **OBSERVATION DE LA PLANÈTE MARS**

La planète Mars est une planète du système solaire au cœur de multiples projets scientifiques internationaux destinés à mieux connaître son sol et son histoire.

Les objectifs de l'exercice sont de déterminer quelques caractéristiques de la planète Mars à partir :

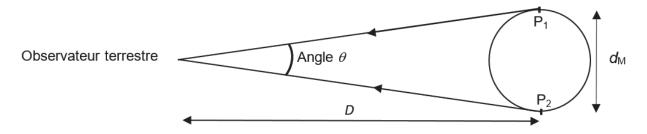
- de la mesure de l'angle sous lequel elle est vue par un observateur terrestre :
- de l'observation de Phobos, l'un de ses satellites naturels.



Source: Wikipédia

### Données:

 $\succ$  angle  $\theta$ , exprimé en radian, sous lequel la planète Mars est vue par un observateur terrestre :



- $\triangleright$  on se place dans le cadre de l'approximation des petits angles ( $\theta << 1 \text{ rad}$ ):
  - $tan(\theta) \approx \theta$  avec  $\theta$  en rad;
  - la distance Terre-Mars, notée D, étant suffisamment grande devant le diamètre de Mars, noté  $d_M$ , l'angle  $\theta$  (en rad) a pour expression :

$$\theta \approx \frac{d_{\rm M}}{D}$$

- pouvoir séparateur de l'œil humain : il correspond à l'angle minimal, noté  $\varepsilon$ , au-dessus duquel l'œil humain peut différencier deux points. Il a pour valeur  $\varepsilon = 2.9 \times 10^{-4}$  rad ;
- $\triangleright$  constante de gravitation universelle :  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- $\triangleright$  diamètre moyen de référence de la planète Mars :  $d_{Ref} = 6.78 \times 10^3 \text{ km}$  ;
- rayon de l'orbite, supposée circulaire, de Mars autour du Soleil :  $r_{SM}$  = 2,28×10<sup>8</sup> km ;
- $\rightarrow$  masse de la Terre :  $M_T = 5.97 \times 10^{24}$  kg.

## 1. Observation de Mars avec une lunette astronomique

On peut observer la planète Mars avec une lunette astronomique afocale composée de deux lentilles minces convergentes  $L_1$  et  $L_2$  de distances focales respectives  $f_1$ ' = 900 mm et  $f_2$ ' = 20 mm. Le schéma donné en **ANNEXE** À **RENDRE AVEC LA COPIE** représente des rayons lumineux provenant des deux points de Mars  $P_1$  et  $P_2$ .

Ces deux points sont :

- situés à la surface de Mars ;
- supposés à l'infini ;
- diamétralement opposés ;
- écartés d'un angle  $\theta$  correspondant à l'angle sous lequel la planète Mars est vue par un observateur terrestre ;
- observés depuis la surface de la Terre.

Q1. Indiquer sur le schéma en ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, au-dessus de la lentille correspondante, la lentille qui joue le rôle d'objectif et celle qui joue le rôle d'oculaire.

**Q2.** Citer la propriété caractéristique d'une lunette astronomique dite « afocale ». Donner la position du foyer objet  $F_2$  de la lentille  $L_2$  par rapport à celle du foyer image  $F_1$ ' de la lentille  $L_1$  de cette lunette. Placer ces deux points sur le schéma en **ANNEXE** À **RENDRE AVEC LA COPIE**.

**22-PYCJ2ME1** Page 2/15

**Q3.** Tracer sur le schéma en **ANNEXE** À **RENDRE AVEC LA COPIE** la marche des rayons lumineux issus des points  $P_1$  et  $P_2$  de Mars :

- à travers la lentille L<sub>1</sub> en faisant apparaître les images intermédiaires P<sub>1</sub>' et P<sub>2</sub>', des points P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub>;
- puis à travers la lentille  $L_2$  en faisant apparaître l'angle  $\theta$ ' sous lequel la planète Mars est vue en sortie de la lunette.

On admet que le grossissement de la lunette astronomique afocale s'exprime par la relation :

$$G_{\text{lunette}} = \frac{f_1'}{f_2'}$$

**Q4.** Calculer la valeur du grossissement *G*<sub>lunette</sub> de la lunette utilisée.

En janvier 2021, l'angle sous lequel la planète Mars est vue par un observateur terrestre à l'œil nu était de  $\theta = 4.9 \times 10^{-5}$  rad. Cet observateur voit alors un point lumineux.

Q5. Justifier cette observation.

Q6. Indiquer ce qu'il observe en utilisant la lunette astronomique précédente. Justifier par un calcul.

### 2. Détermination du diamètre de Mars

À l'aide des mesures effectuées en début de chaque mois avec la lunette astronomique, on détermine l'angle  $\theta$  sous lequel la planète Mars est vue par un observateur terrestre à partir de janvier 2018.

Lorsque Mars n'est pas visible, on utilise des données simulées.

Les valeurs de l'angle  $\theta$  sont représentées en fonction du temps t sur la figure 1. La date t = 0 correspond au 1<sup>er</sup> janvier 2018.

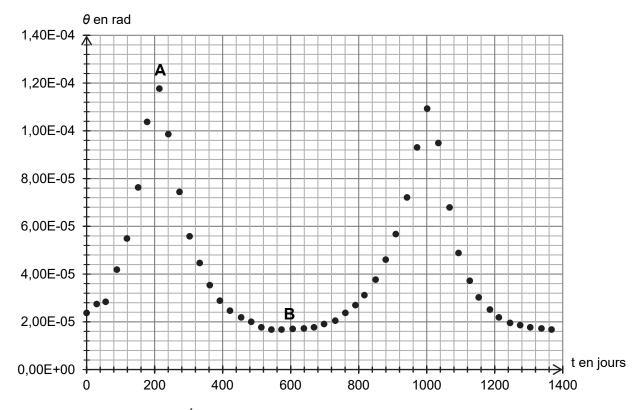


Figure 1. Évolution de l'angle  $\theta$  sous lequel la planète Mars est vue par un observateur terrestre en fonction du temps t

**22-PYCJ2ME1** Page 3/15

Le schéma présenté en figure 2 montre les deux positions extrêmes de Mars par rapport à la Terre ainsi que les angles  $\theta_1$  et  $\theta_2$  sous lesquels la planète Mars est vue par un observateur terrestre pour ces deux positions.

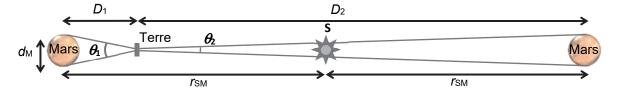


Figure 2. Schéma des positions relatives de Mars par rapport à la Terre (échelle non respectée)

**Q7.** Associer, en expliquant votre démarche, les angles  $\theta_1$  et  $\theta_2$  sous lesquels la planète Mars est vue par un observateur terrestre aux points A et B de la figure 1. En déduire les valeurs de  $\theta_1$  et  $\theta_2$ .

**Q8.** En utilisant la figure 2, montrer que l'expression du diamètre  $d_M$  de la planète Mars s'exprime de la façon suivante :

$$d_{\rm M} = \frac{2 r_{\rm SM}}{\left(\frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_2}\right)}$$

**Q9.** Calculer la valeur du diamètre  $d_{\rm M}$  de la planète Mars. Commenter.

### 3. Détermination de la masse de Mars

La planète Mars, que l'on peut assimiler à une sphère de diamètre  $d_M$ , possède une masse  $M_M$  environ dix fois moins grande que celle de la Terre.

La masse  $M_M$  de Mars peut être déterminée par l'observation de Phobos, l'un des satellites naturels de la planète et par l'utilisation des lois de Newton.

### Ce satellite:

- a une période de révolution T de 7 h 39 min autour de Mars ;
- possède une trajectoire quasi-circulaire autour de Mars de rayon r<sub>MP</sub> = 9,38×10<sup>3</sup> km;
- n'est soumis qu'à la seule force de gravitation de Mars.

**Q10.** En utilisant une loi de Newton, établir que l'expression de la vitesse de Phobos sur son orbite circulaire autour de Mars est :

$$V = \sqrt{\frac{G \cdot M_{\text{M}}}{r_{\text{MP}}}}$$

**Q11.** Déterminer la valeur de la masse  $M_{\rm M}$  de Mars. Commenter.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

**22-PYCJ2ME1** Page 4/15

# ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

**EXERCICE I** 

La lunette astronomique peut-être modélisée par le schéma ci-dessous qui n'est pas à l'échelle.

