

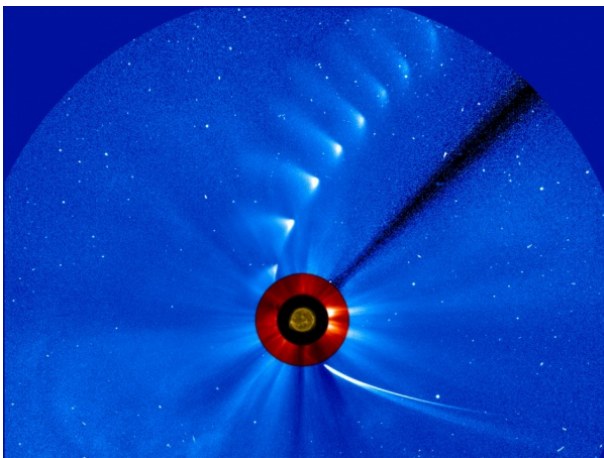
## EXERCICE I : AUTOUR DE L'ACTUALITÉ ASTRONOMIQUE

L'exercice suivant s'intéresse à trois événements astronomiques récents ou à venir.

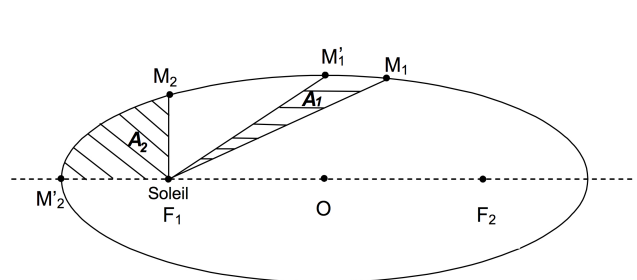
Les trois parties sont indépendantes.

### 1. ÉTUDE DE LA COMÈTE ISON

Les comètes ont des trajectoires très elliptiques autour du Soleil. Le 28 novembre 2013, la comète ISON est passée à son périhélie (le point de son orbite le plus proche du Soleil). La comète ISON n'a pas survécu à son passage à proximité du Soleil en raison de la faible taille de son noyau, selon les analyses de la NASA. Un fragment de la comète a toutefois poursuivi sa route quelques heures avant de se transformer finalement en un nuage diffus de poussière (voir **figure 1**).



**Figure 1 :** Photographie de la comète ISON par le satellite SOHO



**Figure 2 :**

La figure 2 ci-dessus représente la trajectoire elliptique du centre d'inertie  $M$  d'un astre du système solaire de masse  $m$  dans le référentiel héliocentrique considéré comme galiléen. Les deux foyers  $F_1$  et  $F_2$  de l'ellipse et son centre  $O$  sont indiqués.

- 1.1. En utilisant une des lois de Kepler, justifier la position du Soleil indiquée sur la **figure 2**. Où se trouvait ISON le 28 novembre 2013 ?
- 1.2. On suppose que les durées de parcours entre les points  $M_1$  et  $M'_1$  puis  $M_2$  et  $M'_2$  sont égales. En utilisant une des lois de Kepler, trouver la relation entre les aires hachurées  $A_1$  et  $A_2$  de la **figure 2**.
- 1.3. La valeur de la vitesse moyenne entre les points  $M_1$  et  $M'_1$  est-elle inférieure, égale ou supérieure à celle entre les points  $M_2$  et  $M'_2$  ? Justifier.

### 2. LANCEMENT DU SATELLITE GAIA

Le satellite GAIA de l'ESA, l'agence spatiale européenne, a été envoyé dans l'espace par une fusée Soyuz le jeudi 19 décembre 2013 depuis le centre spatial guyanais de Kourou. La mise à feu du lanceur a eu lieu, comme prévu, à 10h12 (heure de Paris). Le satellite a été libéré dans l'espace 42 minutes après le décollage.

Pour ce lancement, la fusée Soyuz a une masse totale  $M$ . Sa propulsion est assurée par un ensemble de dispositifs fournissant une force de poussée verticale constante  $\vec{F}$ . Tout au long du décollage, on admet que la valeur du champ de pesanteur  $g$  est également constante. On étudie le mouvement du système {fusée} dans le référentiel terrestre supposé galiléen et on choisit un repère  $(O, \vec{j})$  dans lequel  $\vec{j}$  est un vecteur unitaire vertical dirigé vers le haut et porté par l'axe  $(Oy)$ .

À l'instante  $t_0 = 0$  s, Soyouz est immobile et son centre d'inertie  $G$  est confondu avec l'origine  $O$ . On utilise les notations suivantes :

- ➡  $a$  : valeur de l'accélération du centre d'inertie de la fusée, avec  $\vec{a} = a_y \vec{j} = a \vec{j}$
- ➡  $v$  : valeur de la vitesse du centre d'inertie de la fusée, avec  $\vec{v} = v_y \vec{j} = v \vec{j}$
- ➡  $y$  : valeur de la position du centre d'inertie de la fusée, avec  $\vec{OG} = y \vec{j}$

### Données :

- Masse totale de la fusée :  $M = 7,3 \cdot 10^5$  kg
- Intensité de la force de poussée :  $F = 1,16 \cdot 10^7$  N
- Intensité du champ de pesanteur :  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

On étudie le décollage de la fusée en considérant que seuls le poids  $\vec{P}$  et la force de poussée  $\vec{F}$  agissent sur la fusée. Pendant la durée de fonctionnement, on admettra que la masse de la fusée reste constante.

- 2.1. Sans faire de calcul, représenter ces forces sur un schéma pendant le décollage.
- 2.2. En appliquant une loi de Newton au système {fusée}, trouver l'expression littérale de la valeur  $a$  de l'accélération dès que la fusée a quitté le sol.
- 2.3. Calculer la valeur de cette accélération  $a$ .
- 2.4. Pendant le lancement, on suppose que la valeur de l'accélération reste constante. Déterminer l'équation horaire de la valeur  $v(t)$  de la vitesse.
- 2.5. En déduire l'équation horaire de la valeur  $y(t)$  de la position.
- 2.6. La trajectoire ascensionnelle de la fusée reste verticale jusqu'à la date  $t_1 = 6,0$  s. Quelle distance la fusée a-t-elle parcourue depuis son décollage ?

### 3. VISIBILITÉ ET TRANSIT DE VÉNUS

Appelée « **étoile du berger** » (bien qu'il s'agisse d'une planète), Vénus est visible dans les lueurs du crépuscule ou de l'aube. Vénus étant proche du Soleil, elle n'est pas visible en plein milieu de la nuit : elle suit ou précède le Soleil dans sa course dans le ciel, ce qui la rend visible tantôt en début de soirée, tantôt en fin de nuit. La période de **septembre à décembre 2013** a été particulièrement favorable. Les conditions de visibilité de Vénus changent fréquemment, au gré de ses mouvements et de ceux de la Terre autour du Soleil. Ainsi, la période favorable suivante sera de **février à mai 2014**. Vénus sera de nouveau bien visible, mais le matin.

Le transit d'une planète correspond à son passage entre la Terre et le Soleil (« elle passe ainsi devant le Soleil »). Pour un observateur terrestre, cela se manifeste par la présence d'un disque sombre sur le fond brillant du Soleil (le phénomène s'est produit le 8 juin 2004).

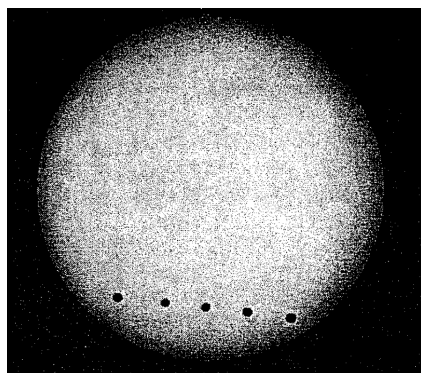


Figure 3

#### Quelques données astronomiques :

<b>Soleil :</b>	Masse	$M_1 = 2,0 \cdot 10^{30}$ kg
	Distance moyenne à la Terre	$R_1 = 1,5 \cdot 10^8$ km
	Diamètre	$D_1 = 1,4 \cdot 10^6$ km
<b>Vénus :</b>	Masse	notée $M_2$
	Distance moyenne au Soleil	$R_2 = 1,0 \cdot 10^8$ km
Constante de gravitation universelle		$G = 6,6 \cdot 10^{-11} \text{ S} \cdot \text{I} \cdot$

La figure 3 est un montage photographique réalisé en 2004, en France, par un astronome amateur. On voit sur le même cliché quelques positions de ce transit (différentes positions de Vénus au cours du temps).

## Partie A : Étude des caractéristiques du mouvement de Vénus

Dans tout l'exercice, on assimilera la Terre et Vénus à leur centre d'inertie. L'astronome amateur considère que la planète Vénus tourne autour du Soleil sur une trajectoire circulaire dont le centre est le centre du Soleil.

**3.1.** Comment nomme-t-on le référentiel d'étude ?

**3.2.** Nommer, exprimer vectoriellement puis représenter sur un schéma la force exercée par le Soleil sur la planète Vénus.

**3.3.** Dans le référentiel d'étude, appliquer à Vénus la deuxième loi de Newton (on négligera l'action des autres planètes sur Vénus). En déduire l'expression du vecteur accélération.

**3.4.** Étude théorique de la vitesse orbitale de Vénus

**3.4.1** *Le mouvement de la planète Vénus est uniforme.* Donner les caractéristiques du vecteur accélération de Vénus.

**3.4.2** Retrouver, dans le référentiel choisi, l'expression de la vitesse de cette planète :  $v_2 = \sqrt{\frac{G \cdot M_1}{R_2}}$

**3.4.3** En utilisant les données astronomiques fournies, calculer, avec 2 chiffres significatifs, la valeur de cette vitesse.

**3.5.** Étude de la période de Vénus

**3.5.1** Définir la période de révolution  $T_2$  de la planète Vénus.

**3.5.2** Exprimer cette période en fonction de la vitesse  $v_2$  et de la distance  $R_2$ . Calculer la valeur de cette période en secondes.

**3.6.** La troisième loi de Kepler

**3.6.1** À partir des réponses aux questions précédentes, retrouver la troisième loi de Kepler.

**3.6.2** *Cette loi permet de déterminer la masse d'un astre central si les valeurs de la période et du rayon de l'orbite de l'un de ses satellites sont connues.* Exprimer littéralement la masse  $M_1$  du Soleil en fonction des données astronomiques nécessaires.

## Partie B : Exploitation du transit de Vénus

En France, le 8 juin 2004, on a pu observer le début du transit de Vénus (appelé 1<sup>er</sup> contact) à 7h 20min et la fin du transit (appelé 3<sup>e</sup> contact) à 13h 04min heure locale. **On prendra pour la durée de ce transit  $t_{AB} = 2,0 \cdot 10^4$  s.** La photographie donnée en introduction (**figure 3**) est remplacée par le schéma ci-dessous (**figure 4**). On appelle A et B les points à la périphérie du Soleil correspondant au 1<sup>er</sup> et au 3<sup>e</sup> contact.

**3.7.** On admet que, sur la **figure 4**, le rapport des distance  $\frac{AB}{OE}$  est égal à  $\frac{3}{4}$ . À l'aide des données astronomiques fournies, calculer la distance AB à la surface du disque solaire.

**3.8.** La planète Vénus se déplace dans l'espace entre la Terre et le Soleil. À chaque instant, la position de la Terre, celle de Vénus et celle de la tache repérée sur le disque solaire sont alignées (voir **figure 5** ci-dessous). L'astronome amateur considère que pendant la durée du transit de Vénus, la Terre reste immobile, à la position  $Q_1$  (voir **figure 5**) par rapport au Soleil.

**3.8.1** En considérant que la durée écoulée entre le premier contact et le troisième contact est égale à  $t_{AB} = 2,0 \cdot 10^4$  s, montrer que la vitesse de Vénus déterminée à partir de la **figure 5** est voisine de  $v_1 \simeq 18 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  (valeur inférieure à la valeur  $v_2$  calculée en **3.4.3.**) On assimilera les segments  $[A'B']$  et  $[AB]$  à deux segments parallèles.

**3.8.2** Sans calcul, comment expliquer cette différence entre les deux valeurs trouvées pour la vitesse ?

