

# Correction DS n° 5 : Interactions et champs - Mouvements et Forces

1<sup>ère</sup> spécialité Physique-Chimie - LMA - Poisson Florian

19 février 2022

*Durée 1h30*

*L'usage de la calculatrice est autorisé.*



Source: Sciences et avenir 12-06-2020 - Image ©NASA

Titan est un satellite naturel de Saturne. Cet astre a fait la curiosité de nombreux scientifiques du fait de certains paramètres semblables à la Terre, comme la présence d'eau gelée et l'existence de saisons. Il s'agit de la deuxième plus grosse Lune du système solaire après Ganymède (satellite de Jupiter).

La sonde européenne *Cassini-Huygens* est arrivée à proximité de Saturne en 2004, permettant de photographier pour la première fois les anneaux de Saturne ainsi que Titan.

Dans cet exercice, on notera  $T$  le centre de gravité de Titan,  $S$  celui de Saturne. On donne les paramètres suivants :

- Rayon de Saturne :  $R_S = 5,82 \cdot 10^4$  km
- Rayon de Titan :  $R_T = 2,57 \cdot 10^3$  km
- Distance Saturne-Titan :  $d = 1,22 \cdot 10^6$  km
- Masse de Saturne :  $M_S = 5,68 \cdot 10^{26}$  kg
- Masse de Titan :  $M_T = 1,35 \cdot 10^{23}$  kg
- Constante gravitationnelle :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>.kg<sup>-2</sup>
- Période de révolution de Titan autour de Saturne : 16 jours
- Périmètre d'un cercle de rayon  $R$  :  $2\pi R$

## QUESTIONS

1 Force d'interaction gravitationnelle exercée par Saturne sur Titan

1.1 Représenter sur l'**ANNEXE 1 A RENDRE AVEC LA COPIE** la force d'interaction gravitationnelle  $\overrightarrow{F_{S/T}}$  exercée par Saturne sur Titan, sans se soucier de l'échelle.

cf. ANNEXE 1

1.2 Donner l'expression de cette force en fonction des paramètres du problème.

$$\overrightarrow{F_{S/T}} = -G \frac{M_S M_T}{d^2} \vec{u}$$

1.3 Exprimer et calculer l'intensité de cette force.

$$F_{T/S} = G \frac{M_S M_T}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \times \frac{5,68 \cdot 10^{26} \times 1,35 \cdot 10^{23}}{(1,22 \cdot 10^6 \times 10^3)^2} = 3,44 \cdot 10^{21} \text{ N}$$

2 Représenter sur l'**ANNEXE 1 A RENDRE AVEC LA COPIE** quelques lignes du champ gravitationnel généré par Saturne.

cf. cours

3 Montrer que la vitesse de rotation de Titan autour de Saturne est proche de 20000 km/h.

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi \times 1,22 \cdot 10^6}{16 \times 24} = 19962 \text{ km.h}^{-1}$$

4 Chronophotographie de l'orbite de Titan autour de Saturne

4.1 En prenant comme échelle de vitesse 1cm pour 10 000 km/h, représenter sur l'**ANNEXE 2 A RENDRE AVEC LA COPIE** les vecteurs vitesse instantanée  $\vec{v}_4$  et  $\vec{v}_6$ .

cf. ANNEXE 2

4.2 Construire graphiquement le vecteur variation de vitesse  $\Delta \vec{v}_5$ .

cf. ANNEXE 2

4.3 Mesurer graphiquement la norme  $\|\Delta \vec{v}_5\|$  du vecteur  $\Delta \vec{v}_5$  et donner sa valeur en km/h.

Par mesure graphique,  $\Delta v_5 \approx 10000 \text{ km.h}^{-1}$

4.4 Que peut-on dire de la direction de ce vecteur  $\Delta \vec{v}_5$  ?

Ce vecteur semble être dirigé vers le centre du cercle dessiné par l'orbite de Titan autour de Saturne.

4.5 Exprimer, à l'aide de l'expression approchée de la seconde loi de Newton, la relation entre le vecteur force d'interaction gravitationnelle  $\overrightarrow{F_{S/T}}$ , la masse  $M_T$  de Titan, la variation de vitesse  $\Delta \vec{v}$  et  $\Delta t$ , où  $\Delta t$  représente la durée entre deux positions sur la chronophotographie.

$$\overrightarrow{F_{S/T}} = M_T \frac{\Delta \vec{v}}{2\Delta t}$$

4.6 Est-ce cohérent avec votre réponse à la question 4.3. ?

La force est colinéaire de même sens à la variation de vitesse, ce qui confirme que le vecteur variation de vitesse est bien centripète.

La sonde *Huygens*, transportée par l'orbiteur *Cassini* s'est ensuite mise en orbite autour de Titan avant d'amorcer sa descente vers sa surface.

5 On considère la sonde *Huygens* de masse  $m = 350 \text{ kg}$ , située à la surface de Titan.

5.1 Montrer, en utilisant l'expression de la force gravitationnelle, que l'intensité du champ de pesanteur à la surface de Titan a pour expression :

$$g_T = \frac{G \times M_T}{R_T^2}$$

cf. cours

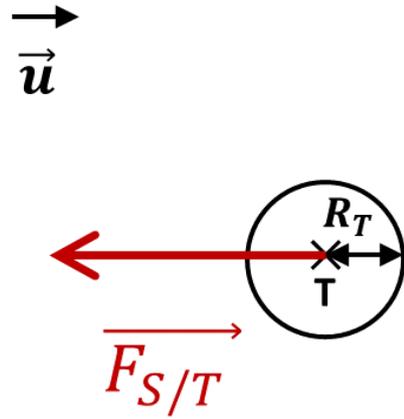
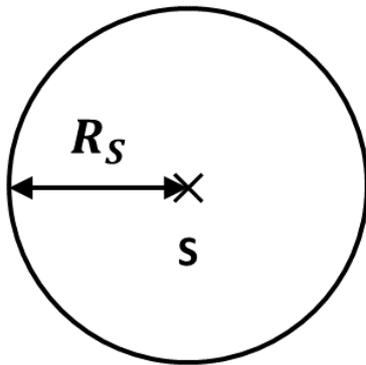
5.2 Calculer la valeur de ce champ de pesanteur.

$$g_T = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 1,35 \cdot 10^{23}}{(2,57 \cdot 10^3 \times 10^3)^2} = 1,36 \text{ N/kg}$$

5.3 Le comparer à la valeur du champ de pesanteur à la surface de la Terre  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ . Commenter.

Le champ de pesanteur à la surface de la Terre est donc 7 fois plus intense qu'à la surface de Titan.

ANNEXE 1



ANNEXE 2

