## Exercice 1 : Titan, un satellite de Saturne

**7 points**

**1)** D'après la loi de la gravitation universelle, la valeur de la force exercée par Saturne sur Titan est :

$$F_{\mathrm{S/T}} = G \times \frac{m_{\mathrm{S}} \times m_{\mathrm{T}}}{d^2}$$

La distance doit être exprimée en mètres : $d = 1{,}22 \times 10^6\,\mathrm{km} = 1{,}22 \times 10^9\,\mathrm{m}$.

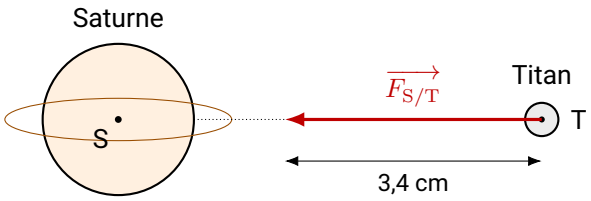
$$F_{\mathrm{S/T}} = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N{\cdot}m^2{\cdot}kg^{-2}} \times \frac{5{,}68 \times 10^{26}\,\mathrm{kg} \times 1{,}35 \times 10^{23}\,\mathrm{kg}}{(1{,}22 \times 10^9\,\mathrm{m})^2} \approx \boxed{3{,}44 \times 10^{21}\,\mathrm{N}}$$

Les données ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois.

**2)** Avec l'échelle $1{,}0\,\mathrm{cm}$ pour $1{,}0 \times 10^{21}\,\mathrm{N}$, la flèche mesure :

$$\ell = \frac{3{,}44 \times 10^{21}\,\mathrm{N}}{1{,}0 \times 10^{21}\,\mathrm{N}} \times 1{,}0\,\mathrm{cm} \approx \boxed{3{,}4\,\mathrm{cm}}$$

Caractéristiques du vecteur $\overrightarrow{F_{\mathrm{S/T}}}$ : point d'application T (centre de Titan) ; direction la droite (ST) ; sens de T vers S (la force gravitationnelle est attractive) ; longueur $3{,}4\,\mathrm{cm}$.




**3)** La force exercée par Titan sur le module, situé à la distance $R_{\mathrm{T}} + h$ du centre de Titan, a pour valeur :

$$F_{\mathrm{T/H}} = G \times \frac{m_{\mathrm{T}} \times m_{\mathrm{H}}}{(R_{\mathrm{T}} + h)^2} \quad \text{donc} \quad (R_{\mathrm{T}} + h)^2 = \frac{G \times m_{\mathrm{T}} \times m_{\mathrm{H}}}{F_{\mathrm{T/H}}}$$

Une distance étant positive :

$$h = \sqrt{\frac{G \times m_{\mathrm{T}} \times m_{\mathrm{H}}}{F_{\mathrm{T/H}}}} - R_{\mathrm{T}}$$

Avec $R_{\mathrm{T}} = 2\,575\,\mathrm{km} = 2{,}575 \times 10^6\,\mathrm{m}$ :

$$h = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N{\cdot}m^2{\cdot}kg^{-2}} \times 1{,}35 \times 10^{23}\,\mathrm{kg} \times 319\,\mathrm{kg}}{194\,\mathrm{N}}} - 2{,}575 \times 10^6\,\mathrm{m}$$

Le terme sous la racine vaut environ $1{,}481 \times 10^{13}\,\mathrm{m^2}$, d'où $R_{\mathrm{T}} + h \approx 3{,}848 \times 10^6\,\mathrm{m}$ (valeur non arrondie gardée pour la soustraction) et :

$$h \approx 1{,}273 \times 10^6\,\mathrm{m}, \quad \text{soit} \quad \boxed{h \approx 1{,}27 \times 10^3\,\mathrm{km}}$$

(trois chiffres significatifs, comme $m_{\mathrm{T}}$, $m_{\mathrm{H}}$ et $F_{\mathrm{T/H}}$).

## Exercice 2 : Mouvement d'un palet

**13 points**

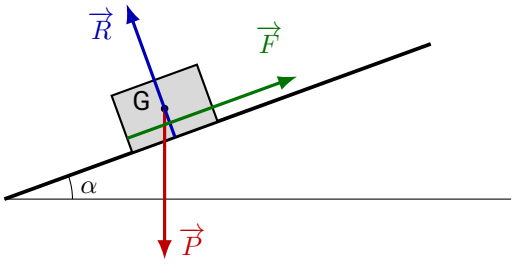
**1)** **Principe d'inertie** : dans un référentiel galiléen, comme le référentiel terrestre, un système sur lequel les forces se compensent (leur somme vectorielle est nulle) reste immobile s'il l'était, ou garde un mouvement rectiligne uniforme. Réciproquement, un système immobile ou en mouvement rectiligne uniforme est soumis à des forces qui se compensent.

### Partie A : Propulsion du palet

**2)** Le système étudié est **le palet**. On étudie son mouvement dans le **référentiel terrestre** (lié au sol ou à la gouttière), considéré comme galiléen.

**3)** Trois forces s'exercent sur le palet au point O :

- le **poids** $\vec{P}$ (action à distance de la Terre) : appliqué en G, vertical, vers le bas ;
- la **force exercée par la gouttière** $\vec{R}$ (action de contact) : perpendiculaire à la gouttière puisque les frottements sont négligés, vers le haut, appliquée au point de contact ;
- la **force exercée par le ressort** $\vec{F}$ (action de contact, par l'intermédiaire de la butée B') : parallèle à la gouttière, vers le haut de la pente, appliquée au point de contact avec la butée.




L'air exerce une action négligeable. Le palet se met en mouvement vers le haut : les forces ne se compensent pas, la poussée du ressort l'emporte (schéma ci-contre, sans échelle).

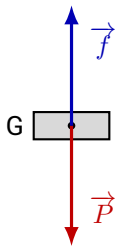
**4)** Les positions $G_0$ à $G_5$ sont alignées : le mouvement du palet entre O et D est **rectiligne**. Les intervalles de temps entre deux positions sont égaux, mais les distances parcourues augmentent ($G_0G_1 < G_1G_2 < \ldots < G_4G_5$) : la vitesse augmente, le mouvement est **accéléré**.

Le palet n'est donc ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme. D'après la **contraposée du principe d'inertie**, **les forces qui s'exercent sur le palet entre O et D ne se compensent pas**.

### Partie B : Chute du palet dans l'éprouvette

**5)** Un système est en **chute libre** lorsqu'il n'est soumis qu'à son poids. Dans la glycérine, le palet subit aussi la force de frottement fluide $\vec{f}$ : il **n'est pas en chute libre**.

**6)** À partir de $t = 0{,}06\,\text{s}$, la courbe est horizontale : la vitesse ne varie plus, on lit $v_{\text{lim}} \approx 0{,}090\,\text{m·s}^{-1}$ (lecture acceptée entre $0{,}088\,\text{m·s}^{-1}$ et $0{,}092\,\text{m·s}^{-1}$). La chute étant verticale, le mouvement du palet est alors **rectiligne uniforme**.
D'après le **principe d'inertie**, les forces qui s'exercent sur le palet **se compensent** : $\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$. Le poids, vertical vers le bas, et la force de frottement, verticale vers le haut, ont la même valeur (schéma ci-contre).




**7)** Les deux forces se compensent, donc elles ont la même valeur : $f = P$, soit $k \times v_{\text{lim}} = m \times g$, d'où :

$$k = \frac{m \times g}{v_{\text{lim}}}$$

La masse doit être en kilogrammes : $m = 40{,}0\,\text{g} = 0{,}040\,0\,\text{kg}$.

$$k = \frac{0{,}040\,0\,\text{kg} \times 9{,}81\,\text{N·kg}^{-1}}{0{,}090\,\text{m·s}^{-1}} \approx \boxed{4{,}4\,\text{kg·s}^{-1}}$$

**Unité** : $k = f/v$ s'exprime en $\text{N·s·m}^{-1}$ ; comme $1\,\text{N} = 1\,\text{kg·m·s}^{-2}$, on obtient des $\text{kg·s}^{-1}$.

Deux chiffres significatifs, imposés par la lecture graphique. Avec une lecture entre $0{,}088\,\text{m·s}^{-1}$ et $0{,}092\,\text{m·s}^{-1}$, on trouve $k$ entre $4{,}3\,\text{kg·s}^{-1}$ et $4{,}5\,\text{kg·s}^{-1}$ : toute valeur de cet intervalle est acceptée.