

Faire peser vingt fois plus lourd

Terminale spécialité Physique-Chimie · Cinématique et principe d'inertie

1. Mouvement circulaire uniforme

Dans le repère de Frenet, l'accélération d'un mouvement circulaire de rayon R s'écrit :

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{t} + \frac{v^2}{R} \vec{n}.$$

La vitesse étant constante, $dv/dt = 0$. Il reste donc :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{n}.$$

Le vecteur $\vec{a}$ est normal à la trajectoire et dirigé de G vers le centre C : il est **centripète**. Bien que la norme de $\vec{v}$ soit constante, sa direction change au cours du mouvement. Le vecteur vitesse varie donc et l'accélération n'est pas nulle.

2. Vérification des performances annoncées

La durée d'un tour vaut :

$$T = \frac{60}{67} = 0,896 \text{ s.}$$

Pendant cette durée, le centre de la gondole parcourt la circonférence $2\pi R$. Sa vitesse vaut donc :

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi \times 4,00}{0,896} = 28,1 \text{ m s}^{-1},$$

soit environ 101 km h^{-1} .

Son accélération centripète vaut :

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{28,1^2}{4,00} = 1,97 \times 10^2 \text{ m s}^{-2}.$$

Ainsi :

$$\frac{a}{g} = \frac{1,97 \times 10^2}{9,81} = 20,1.$$

Le modèle conduit à une accélération d'environ $20g$: l'annonce de l'ESA est cohérente avec le diamètre et la vitesse de rotation indiqués.

3. Accélération pendant la mise en rotation

Dans le repère de Frenet :

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{t} + \frac{v^2}{R} \vec{n}.$$

Comme $v(t) = 3,50t$, la composante tangentielle est constante :

$$a_t = \frac{dv}{dt} = 3,50 \text{ m s}^{-2}.$$

À $t = 2,00 \text{ s}$:

$$v = 3,50 \times 2,00 = 7,00 \text{ m s}^{-1},$$

donc

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{7,00^2}{4,00} = 12,25 \text{ m s}^{-2}.$$

On obtient :

$$\boxed{\vec{a} = 3,50 \vec{t} + 12,25 \vec{n} \quad (\text{m s}^{-2})}.$$

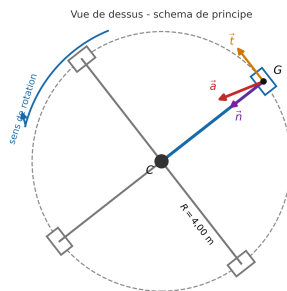
Sa norme vaut :

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{3,50^2 + 12,25^2} = 12,7 \text{ m s}^{-2}.$$

L'angle α entre $\vec{a}$ et la normale intérieure vérifie :

$$\tan \alpha = \frac{a_t}{a_n} = \frac{3,50}{12,25}, \quad \alpha = 15,9^\circ.$$

Le vecteur $\vec{a}$ est donc dirigé principalement vers le centre, mais incliné d'environ 16° dans le sens du mouvement puisque la vitesse augmente.



Orientation de $\vec{a}$ pendant la mise en rotation.

4. Gondole centrale de référence

Le point C appartient à l'axe de rotation : sa position ne change pas dans le référentiel terrestre. La gondole centrale n'a donc ni vitesse ni accélération dues à la rotation. L'échantillon central reste soumis à la pesanteur terrestre, mais ne reçoit pas le surcroît d'accélération centripète imposé aux gondoles placées au bout des bras. Il constitue ainsi une référence pertinente pour isoler l'effet de l'hypergravité produite par la rotation.