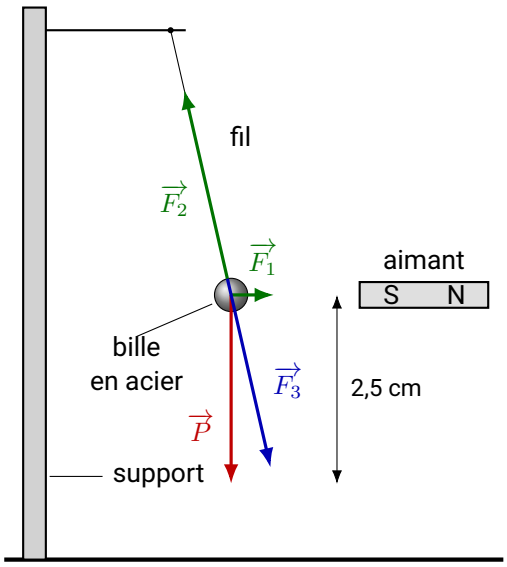
Exercice 1 : Représenter des actions

7 points

1) **Force de l'aimant** $\overrightarrow{F_1}$: action à distance, appliquée au centre de la bille, horizontale, dirigée vers l'aimant.

Force du fil $\overrightarrow{F_2}$: action de contact, appliquée au point où le fil touche la bille, dirigée le long du fil, vers le point d'attache.

Sans souci d'échelle, seules l'origine, la direction et le sens sont évalués (en vert sur le schéma). Le schéma est tracé à l'équilibre : la bille étant immobile, les forces se compensent ($F_1 \approx 0{,}11\,\text{N}$, $F_2 \approx 0{,}51\,\text{N}$).



2) **a.** Avec l'échelle $1\,\text{cm}$ pour $0{,}2\,\text{N}$, la flèche du poids mesure :

$$\ell_P = \frac{0{,}50\,\text{N}}{0{,}2\,\text{N}} \times 1\,\text{cm} = \boxed{2{,}5\,\text{cm}}$$

Elle part du centre de la bille, verticale, vers le bas (en rouge).

b. Le poids et la masse sont liés par $P = m \times g$, donc :

$$m = \frac{P}{g} = \frac{0{,}50\,\text{N}}{10\,\text{N·kg}^{-1}} = \boxed{0{,}050\,\text{kg}} = \boxed{50\,\text{g}}$$

3) **a.** $\overrightarrow{F_2}$ est la force exercée par le fil sur la bille. D'après le principe des actions réciproques, son action réciproque est la **force exercée par la bille sur le fil**.

b. Les deux forces d'une interaction ont la même direction, des sens opposés et la même valeur : $F_3 = F_2$. On trace donc $\overrightarrow{F_3}$ au point de contact entre le fil et la bille (elle s'applique sur le fil), le long du fil, dirigée vers la bille, avec **la même longueur que la flèche** $\overrightarrow{F_2}$ (en bleu ; ici $2{,}6\,\text{cm}$ pour les deux).

Exercice 2 : Interaction gravitationnelle et poids

6 points

1) Sur la Lune, le poids des roches s'écrit $P = m \times g_\text{L}$, d'où :

$$g_\text{L} = \frac{P}{m} = \frac{406\,\text{N}}{250\,\text{kg}} = 1{,}624\,\text{N·kg}^{-1} \approx \boxed{1{,}62\,\text{N·kg}^{-1}}$$

(Accepté aussi : $g_\text{L} = G\,\dfrac{M}{R^2} \approx 1{,}62\,\text{N·kg}^{-1}$.)

2) La masse est une propriété de l'objet lui-même : elle ne dépend pas du lieu où il se trouve. Sur

Terre, la masse des roches sera donc **égale** : $m = 250\,\text{kg}$.

3) Le poids dépend de l'intensité de la pesanteur du lieu. Sur Terre, $g = 10\,\text{N·kg}^{-1}$ (donnée de l'exercice 1), valeur environ six fois plus grande que g_L. Le poids sur Terre sera donc **supérieur** :

$$P_\text{Terre} = m \times g = 250\,\text{kg} \times 10\,\text{N·kg}^{-1} = \boxed{2{,}5 \times 10^3\,\text{N}} \quad (> 406\,\text{N})$$

Une justification qualitative ($g_\text{Terre} > g_\text{L}$) suffit.

4) D'après la loi de la gravitation universelle, la Lune (masse M) attire les roches (masse m), situées à la distance R de son centre, avec une force de valeur :

$$F = G\,\frac{M \times m}{R^2}$$

On convertit le rayon en mètres : $R = 1\,737\,\text{km} = 1{,}737 \times 10^6\,\text{m}$.

$$F = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\text{N·m}^2\text{·kg}^{-2} \times \frac{7{,}34 \times 10^{22}\,\text{kg} \times 250\,\text{kg}}{(1{,}737 \times 10^6\,\text{m})^2} = 405{,}7\,\text{N} \approx \boxed{406\,\text{N}}$$

5) On trouve $F \approx P = 406\,\text{N}$: la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Lune sur les roches a la même valeur que leur poids sur la Lune. On retrouve que **le poids d'un objet posé sur un astre s'identifie (en première approximation) à la force gravitationnelle que cet astre exerce sur lui**.

Exercice 3 : Mouvements

7 points

1) Les positions sont repérées par rapport à la route, vue de dessus : la chronophotographie est obtenue dans le **référentiel terrestre**.

2) **a.** Phase 1 (M_1 à M_7) : mouvement **rectiligne accéléré**.

b. Phase 2 (M_7 à M_{10}) : les points sont alignés, la trajectoire est une portion de droite, le mouvement est **rectiligne**. De plus, les points sont régulièrement espacés (environ $1{,}7\,\text{cm}$ entre deux points sur le document) alors qu'ils sont enregistrés à intervalles de temps égaux : la pointe parcourt la même distance pendant chaque durée τ, sa vitesse est constante, le mouvement est **uniforme**. Le mouvement est donc **rectiligne uniforme**.

c. Phase 3 (M_{10} à M_{20}) : mouvement **curviligne ralenti** (les points sont sur une courbe et de plus en plus rapprochés).

3) **a.** **Principe d'inertie** : dans un référentiel terrestre, si les forces qui s'exercent sur un système se compensent, alors ce système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme (et réciproquement).

b. On utilise la **contraposée** du principe d'inertie : si un système n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas.

Pendant la phase 3, le mouvement de la pointe de l'antenne est curviligne (et ralenti) : il

n'est pas rectiligne uniforme. Les forces qui s'appliquent à la pointe de l'antenne **ne se compensent pas**.

4) **a.** Dans le référentiel lié à la carrosserie, l'axe de la roue est fixe : la valve décrit un cercle autour de cet axe. Pendant la phase 2, la voiture roule à vitesse constante, la roue tourne régulièrement : le mouvement de la valve est **circulaire uniforme**.

b. Dans le référentiel terrestre, la valve tourne autour de l'axe tout en avançant avec la voiture : sa trajectoire est une courbe en arches (ni une droite ni un cercle) et sa vitesse change sans cesse (plus faible quand la valve passe en bas de la roue, plus grande quand elle passe en haut). Le mouvement est **curviligne et non uniforme** (varié).

5) Entre M_1 et M_7, il y a $7 - 1 = 6$ intervalles de durée τ (et non 7) :

$$\Delta t = 6\,\tau = 6 \times 2{,}50\,\text{s} = \boxed{15{,}0\,\text{s}}$$

6) La vitesse moyenne est le quotient de la distance parcourue par la durée du parcours :

$$v_{\text{moy}} = \frac{M_1M_7}{\Delta t} = \frac{200\,\text{m}}{15{,}0\,\text{s}} = 13{,}33\,\text{m·s}^{-1} \approx \boxed{13{,}3\,\text{m·s}^{-1}}$$

7) La vitesse instantanée au point M_{10} est assimilée à la vitesse moyenne sur le segment qui encadre ce point, entre M_9 et M_{11}, parcouru en deux intervalles de durée τ :

$$\boxed{v_{10} \approx \frac{M_9M_{11}}{2\,\tau}}$$

8) *Échelle* : on mesure $M_1M_7 = 5{,}0\,\text{cm}$ sur la chronophotographie pour $200\,\text{m}$ en réalité, donc $1{,}0\,\text{cm}$ sur le document représente $\dfrac{200\,\text{m}}{5{,}0} = 40\,\text{m}$.

On mesure $M_9M_{11} \approx 3{,}4\,\text{cm}$ sur le document, soit en réalité :

$$M_9M_{11} \approx 3{,}4 \times 40\,\text{m} = 136\,\text{m}$$

$$v_{10} \approx \frac{136\,\text{m}}{2 \times 2{,}50\,\text{s}} = 27{,}2\,\text{m·s}^{-1}, \quad \text{soit} \quad \boxed{v_{10} \approx 27\,\text{m·s}^{-1}}$$

On garde la valeur non arrondie $27{,}2\,\text{m·s}^{-1}$ pour la suite. *Tolérance* : une mesure de M_9M_{11} comprise entre $3{,}3\,\text{cm}$ et $3{,}5\,\text{cm}$ donne une vitesse de 26 à $28\,\text{m·s}^{-1}$: c'est accepté.

9) Comme $1\,\text{m·s}^{-1} = 3{,}6\,\text{km·h}^{-1}$ ($1\,\text{h} = 3\,600\,\text{s}$ et $1\,\text{km} = 1\,000\,\text{m}$) :

$$v_{10} \approx 27{,}2 \times 3{,}6\,\text{km·h}^{-1} = 97{,}9\,\text{km·h}^{-1} \approx \boxed{98\,\text{km·h}^{-1}}$$

(Avec $v_{10} = 27\,\text{m·s}^{-1}$, on trouve $97\,\text{km·h}^{-1}$: accepté.)