

Le tonneau aérien de la Jaguar E-PACE

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

1. Système ponctuel et référentiel

La voiture possède un mouvement de translation et tourne sur elle-même. Son centre de masse G représente son mouvement d'ensemble sans faire intervenir l'orientation changeante de la carrosserie. Le référentiel terrestre est adapté à cette expérience de courte durée réalisée au voisinage du sol ; on le considère galiléen.

2. Construction de la vitesse et de l'accélération

Avec la convention du chapitre, la vitesse au point G_i est estimée par le taux de variation vers le point suivant :

$$\vec{v}_i \simeq \frac{\overrightarrow{G_i G_{i+1}}}{\Delta t}.$$

Les mesures effectuées avec l'échelle des distances donnent :

$$\overrightarrow{G_2 G_3} \simeq (2,55 ; 0,31) \text{ m}, \quad \overrightarrow{G_3 G_4} \simeq (2,55 ; -0,31) \text{ m}.$$

Ainsi :

$$\vec{v}_2 \simeq (10,2 ; 1,24) \text{ m s}^{-1}, \quad \vec{v}_3 \simeq (10,2 ; -1,24) \text{ m s}^{-1}.$$

À l'échelle demandée, leurs longueurs sont voisines de 4,1 cm. Pour construire la variation de vitesse, on reporte $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_3$ à la même origine :

$$\Delta \vec{v}_2 = \vec{v}_3 - \vec{v}_2 \simeq (0 ; -2,48) \text{ m s}^{-1}.$$

Donc :

$$\vec{a}_2 \simeq \frac{\Delta \vec{v}_2}{\Delta t} \simeq (0 ; -9,9) \text{ m s}^{-2}.$$

Le vecteur accélération est vertical, dirigé vers le bas, et mesure environ 2,0 cm à l'échelle imposée.

La longueur de $\Delta \vec{v}_2$ est relevée à la règle, donc au millimètre près. À l'échelle des vitesses, un millimètre représente

$$u(\Delta v) = 0,10 \text{ cm} \times \frac{2,5 \text{ m s}^{-1}}{1,0 \text{ cm}} = 0,25 \text{ m s}^{-1},$$

d'où, par la relation admise,

$$u(a) = \frac{u(\Delta v)}{\Delta t} = \frac{0,25}{0,25} = 1,0 \text{ m s}^{-2}.$$

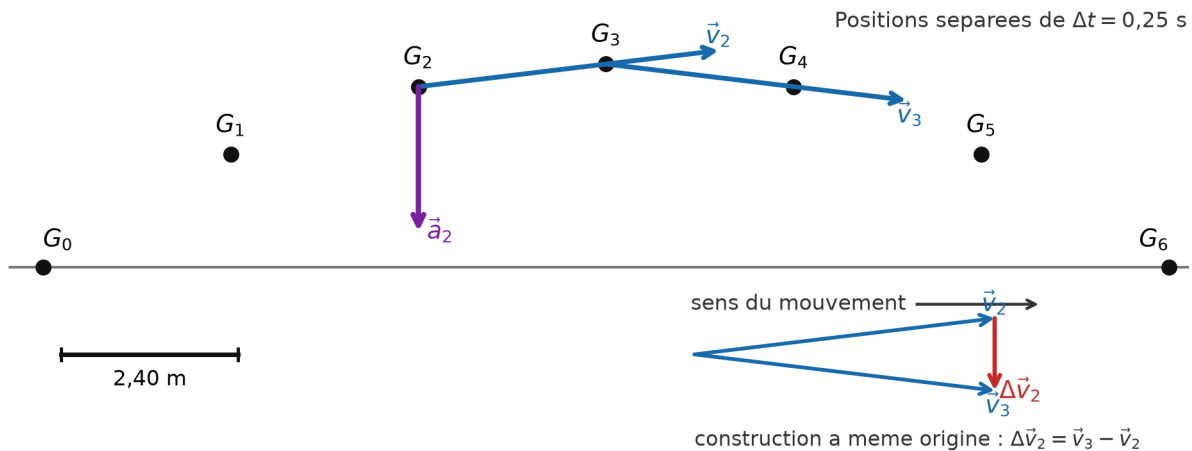
En arrondissant l'incertitude à un chiffre significatif par excès et la valeur au même rang :

$$a_2 = (10 \pm 1) \text{ m s}^{-2}.$$

L'écart normalisé à l'intensité de la pesanteur vaut alors

$$z = \frac{|10 - 9,81|}{1} = 0,2 \leq 2 :$$

la valeur construite est **compatible avec** g . La construction graphique retrouve donc bien l'accélération de la pesanteur, mais à 10 % près seulement : cette précision suffit à la reconnaître, pas à la mesurer.



Document 1 corrigé - Construction de $\vec{v}_2$, $\vec{v}_3$, $\Delta \vec{v}_2$ et $\vec{a}_2$.

3. Mouvement du centre de masse

La trajectoire de G est curviligne : elle s'élève jusqu'à G_3 , puis redescend. Les espacements verticaux diminuent pendant la montée et augmentent pendant la descente, tandis que les déplacements horizontaux restent voisins. La direction de $\vec{v}$ change et la construction donne une accélération verticale dirigée vers le bas.

Le tonneau décrit la rotation de la carrosserie autour d'un axe passant près de G . Cette rotation change l'orientation du véhicule, mais elle ne transforme pas la trajectoire de son centre de masse en cercle.

4. Vitesse au sommet

Au voisinage de G_3 , le déplacement horizontal reste important. Le vecteur $\vec{v}_3$, dirigé vers la droite et légèrement vers le bas avec la convention du point suivant, est non nul. Pour la vitesse instantanée au sommet, seule la composante verticale s'annule ; la composante horizontale reste voisine de $10,2 \text{ m s}^{-1}$.

La voiture n'est donc pas immobile au sommet de sa trajectoire.

5. Vitesse horizontale moyenne

La vitesse horizontale moyenne vaut :

$$\bar{v}_x = \frac{15,3}{1,5} = 10,2 \text{ m s}^{-1} = 36,7 \text{ km h}^{-1}.$$

Sur la construction, la projection horizontale de $\vec{v}_2$ ou de $\vec{v}_3$ mesure environ 4,1 cm. Avec l'échelle $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 2,5 \text{ m s}^{-1}$, on retrouve $v_x \simeq 10,2 \text{ m s}^{-1}$. Les deux estimations sont cohérentes.

6. Principe d'inertie

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le centre de masse n'a pas un mouvement rectiligne uniforme : son vecteur vitesse varie et son accélération n'est pas nulle. La contraposée du principe d'inertie permet d'en conclure que les forces exercées sur la voiture ne se compensent pas pendant la phase aérienne.