

Lorsque ces quatre actions se compensent, la **somme des forces $\Sigma \vec{F}$ qui modélisent ces actions mécaniques agissant sur le système** (avion) est nulle : $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{F}_1 + \vec{f} + \vec{F}_2 = \vec{0}$.

D'après le **principe d'inertie**, puisque l'avion n'est soumis à aucune action, alors l'avion est animé d'un mouvement rectiligne uniforme : $\vec{v} = \text{constante}$.

Lors d'une panne moteur (ou d'une réduction de la vitesse de rotation de l'hélice), la valeur de la poussée diminue dans un premier temps. L'avion n'est alors plus soumis à des actions qui se compensent : $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{F}_1 + \vec{f} + \vec{F}_2 \neq \vec{0}$. La **somme des forces $\Sigma \vec{F}$ qui modélisent ces actions mécaniques agissant sur le système** (avion) est horizontale et orientée vers l'arrière de l'appareil. Le vecteur vitesse de l'avion varie.

La **variation de ce vecteur vitesse** s'effectue selon la direction et le sens de $\Sigma \vec{F}$, c'est-à-dire dans le sens opposé au mouvement. La vitesse de l'appareil diminue et le mouvement est ralenti.

Si la panne persiste, alors $\vec{F}_2 = \vec{0}$. La vitesse de l'appareil devient de plus en plus faible entraînant une baisse de la portance \vec{F}_1 et la traînée \vec{f} .

$\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{F}_1 + \vec{f} \neq \vec{0}$ et $\Sigma \vec{F}$ est alors incliné vers le bas. La vitesse de l'appareil diminue toujours et sa trajectoire est curviligne.

La **variation du vecteur vitesse** s'effectue toujours selon la direction et le sens de $\Sigma \vec{F}$, c'est-à-dire dans le sens opposé au mouvement et vers le bas.

40 Lors de l'ouverture du parachute, l'action de l'air sur le système (parachute + parachutiste) l'emporte sur l'action de la Terre. En effet, en raison de la vitesse et de la surface de contact dont les valeurs sont importantes, l'intensité des forces de frottements de l'air est bien supérieure à celle du poids. La somme des forces est alors verticale et orientée vers le haut ; elle est opposée au sens du mouvement. Le vecteur vitesse variant dans le même sens que la somme des forces, le mouvement est ralenti.

— **Acquérir des compétences** p. 193

41 > Analyse

1. a. Felix Baumgartner atteint sa vitesse maximale pour une altitude de 27,8 km.

b. Si la masse volumique ρ de l'air diminue, alors la valeur f de la force qui modélise l'action de l'air est plus faible (**doc. 2**).

c. Pendant les premiers instants du saut, pour des altitudes comprises entre 40 km et 30 km, la masse volumique de l'air est très faible (quasi nulle d'après le **document 3**). Les frottements de l'air sont alors négligeables par rapport au poids de Felix Baumgartner. Il est donc uniquement soumis à l'action de la Terre.

2. D'après le **document 3**, la masse volumique de l'air augmente lorsque l'altitude diminue.

D'après le **document 2**, pour une vitesse donnée, les frottements de l'air deviennent plus intenses lorsque la masse volumique de l'air augmente.

Avant l'ouverture du parachute, la valeur des forces de frottements est supérieure au poids du système. La somme des forces qui modélisent les actions agissant sur Felix Baumgartner est donc verticale et orientée vers le haut : la vitesse diminue.

3. On peut voir que les actions qui agissent sur Felix Baumgartner se compensent lorsque son mouvement est rectiligne et uniforme.

À partir du graphique (**doc. 1**) donnant l'évolution de la vitesse au cours du temps, on peut identifier trois instants pour lesquels la vitesse de chute verticale se stabilise (c'est-à-dire reste quasiment constante) :

- à $t = 4 \text{ min } 18 \text{ s}$ et jusqu'à l'ouverture du parachute (une vitesse proche de $202 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ est quasi constante) ;
- à $t = 54 \text{ s}$, l'instant où la vitesse maximale est atteinte ;
- à $t = 5 \text{ min}$ et jusqu'à l'arrivée au sol.

> Synthèse

Lors de sa chute verticale, Felix Baumgartner est soumis à deux actions mécaniques : l'action de la Terre, modélisée par le poids \vec{P} et l'action de l'air, modélisée par les forces de frottements \vec{f} .

Si la valeur du poids P peut être considérée comme quasi constante pendant la chute, la valeur des forces de frottements f dépend fortement de la vitesse du système et de la masse volumique de l'air. De ce fait, la somme des forces $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{f}$ change de sens au cours de la chute, ce qui conduit à différentes phases pour le mouvement :

- le mouvement est rectiligne accéléré lorsque $P > f$ car, dans ce cas, la somme des forces $\Sigma \vec{F}$ est orientée vers le bas et dans le même sens que le vecteur vitesse \vec{v} ;
- le mouvement est rectiligne uniforme lorsque $P = f$ car la somme des forces $\Sigma \vec{F}$ est alors nulle. Cela se produit à différents instants de la chute (pendant un très court instant lorsque la vitesse maximale est atteinte, quelques secondes avant l'ouverture du parachute, puis lors de la descente finale, parachute ouvert) ;
- le mouvement est rectiligne ralenti lorsque $P < f$ car, dans ce cas, la somme des forces $\Sigma \vec{F}$ est orientée vers le haut et dans un sens opposé du vecteur vitesse \vec{v} . Cela se produit lorsque, l'altitude diminuant, la masse volumique de l'air augmente et lors de l'ouverture du parachute.