

1 Le principe d’inertie

Un passager immobile dans un bus a la sensation d’être « projeté » vers l’extérieur en abordant un virage. Pourtant, aucune action supplémentaire ne s’exerce sur lui. En réalité, alors que le bus change de trajectoire, le passager continue son mouvement rectiligne uniforme (FIG. 1).

Le principe d’inertie permet de rendre compte de cette sensation.

► Énoncé

Tout système demeure dans son **état de repos** ou de **mouvement rectiligne uniforme** si les actions mécaniques qui s’exercent sur lui se compensent, ou en l’absence d’action mécanique. La réciproque est vraie.

► Somme des forces et vecteur vitesse

Des actions mécaniques se compensent si la somme vectorielle des forces les modélisant, notée $\vec{\Sigma F}$, est nulle : $\vec{\Sigma F} = \vec{0}$ (FICHE MÉTHODE ► p. 327). Ainsi, si la somme $\vec{\Sigma F}$ des forces qui modélisent les actions mécaniques appliquées sur un système est nulle, alors son vecteur vitesse \vec{v} ne change pas au cours du temps, ni en direction, ni en sens, ni en valeur.

Si $\vec{\Sigma F} = \vec{0}$, alors \vec{v} est constant ou $\vec{v} = \vec{0}$.
Réciproquement, si \vec{v} est constant ou $\vec{v} = \vec{0}$, alors $\vec{\Sigma F} = \vec{0}$.

Dans ce cas, la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse \vec{v} du système est nulle.

EXEMPLE

En l’absence de frottements, une pierre de curling poursuit, après avoir été lancée, un mouvement rectiligne uniforme car l’action de la Terre et l’action de la piste se compensent.

Modélisation des actions	Nature du mouvement

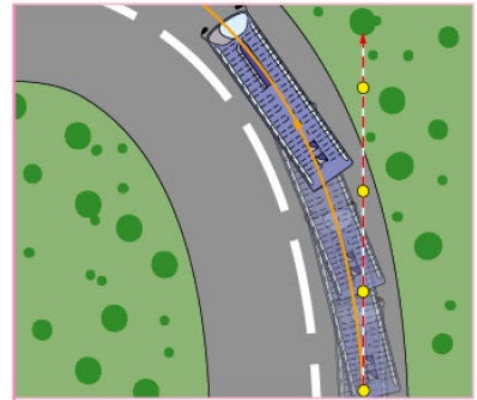


FIG. 1 Trajectoire d’un bus et mouvement de son passager sans ceinture de sécurité.

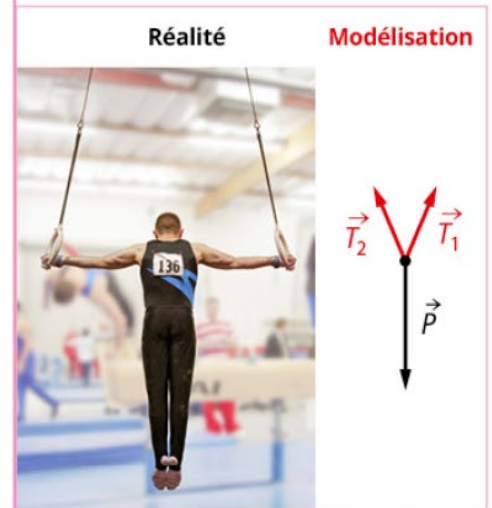


FIG. 2 Un gymnaste en « croix de fer » est parfaitement immobile. On peut donc en déduire que son poids \vec{P} et les tensions des cordes \vec{T}_1 et \vec{T}_2 se compensent :

$$\vec{P} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = \vec{0}$$

POUR VISUALISER



Une animation modélisant des actions mécaniques qui se compensent.

► Exploitation du principe d’inertie

Le principe d’inertie permet de déduire la nature du mouvement d’un système ou son état de repos à partir de la somme des forces qui modélisent les actions appliquées (et inversement) (FIG. 2).

Remarque :

Le principe d’inertie n’est valable que dans un type de référentiel, nommé **référentiel galiléen**.

Le référentiel terrestre est considéré comme galiléen.

2 Variation de vitesse et somme des forces

Si la Terre n'était soumise à aucune action, elle poursuivrait un mouvement rectiligne et uniforme. C'est l'action exercée par le Soleil modélisée par la force d'attraction gravitationnelle qui, à chaque instant, modifie la vitesse de la Terre et lui impose une trajectoire circulaire (FIG. 3).

► Contraposée du principe d'inertie

Tout système soumis à des actions mécaniques qui ne se compensent pas n'est **ni immobile, ni en mouvement rectiligne uniforme**. La réciproque est vraie (FIG. 4).

Ainsi, si la somme $\vec{\Sigma F}$ des forces qui modélisent les actions appliquées sur un système n'est pas nulle, alors son vecteur vitesse \vec{v} change de direction et/ou de valeur : \vec{v} n'est pas constant.

► Lien entre somme des forces et variation de vitesse

Une **force** modélisant une action mécanique appliquée sur un système (ou une somme de forces non nulle modélisant des actions mécaniques) **modifie le vecteur vitesse** du point matériel qui modélise le système.

La variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel est liée à l'existence d'actions mécaniques modélisées par des forces dont la somme est non nulle.

EXEMPLE

Lors du déplacement de la Terre T autour du Soleil S, le vecteur vitesse \vec{v} de la Terre varie entre deux instants successifs. Sa variation est liée à l'existence de l'action du Soleil sur la Terre modélisée par la force $\vec{F}_{S/T}$ (FIG. 5).

► Variation de vitesse et orientation de la force

Selon l'orientation de la force qui la modélise, une action mécanique modifie la valeur du vecteur vitesse ou sa direction ou les deux à la fois.

Le mouvement du système change tant en vitesse qu'en trajectoire.

EXEMPLE

Entre deux instants successifs, le vecteur vitesse d'un point matériel qui modélise un système subit une variation.

Le système est soumis à des actions mécaniques qui ne se compensent pas, modélisées par une somme de forces $\vec{\Sigma F}$ non nulle.

- Si $\vec{\Sigma F}$ est dans un sens opposé au vecteur vitesse, alors la valeur de la vitesse diminue.
- Si $\vec{\Sigma F}$ est perpendiculaire au vecteur vitesse, alors seule la direction du vecteur vitesse change (sa valeur reste constante) (FIG. 5).
- Si $\vec{\Sigma F}$ est dans le même sens que le vecteur vitesse, alors la valeur de la vitesse augmente (FIG. 6).

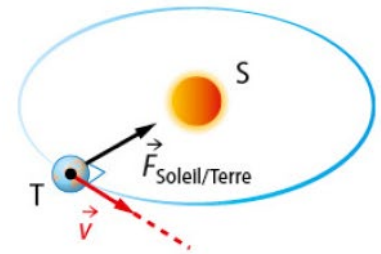


FIG. 3 L'action mécanique qu'exerce le Soleil sur la Terre modifie la trajectoire rectiligne que la Terre tendrait à suivre en l'absence d'actions.



FIG. 4 La trajectoire du skieur n'étant pas rectiligne, les forces modélisant les actions mécaniques qui lui sont appliquées ne se compensent pas.

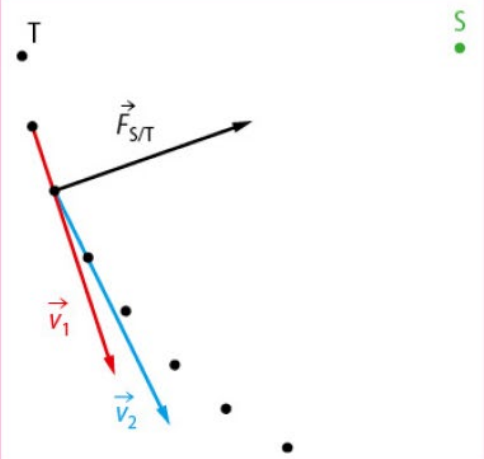
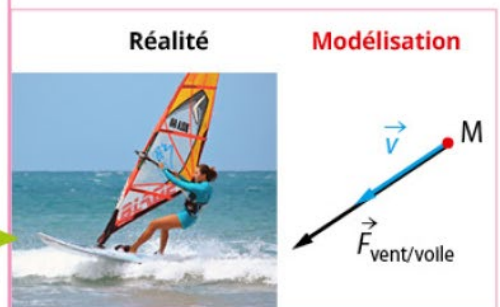


FIG. 5 Variation du vecteur vitesse \vec{v} de la Terre entre deux instants successifs.



Pour augmenter sa vitesse, la vétéplanchiste oriente sa voile de sorte que la force du vent s'exerce dans le sens de son mouvement. (FIG. 6)

3 Application à des situations de chute verticale

► Chute libre verticale

En l'absence de frottements, un **système en chute libre** est uniquement **soumis** à l'action de la Terre, modélisée par son poids \vec{P} . Il n'est donc **ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme** car la somme $\Sigma \vec{F}$ des forces n'est pas nulle (FIG. 7) :

$$\Sigma \vec{F} = \vec{P} \neq \vec{0}$$

Les modifications de son mouvement se font dans la direction et le sens de son poids \vec{P} .

Lors d'une **chute libre**, le mouvement est rectiligne et la valeur de la vitesse varie au cours du temps.

Le mouvement est accéléré si \vec{v} est dans le même sens que \vec{P} .

Le mouvement est ralenti si \vec{v} est dans le sens opposé à \vec{P} .

EXEMPLE

Une balle lancée verticalement vers le haut décrit un mouvement rectiligne ralenti lors de la montée car, à chaque instant, le poids est dans le sens opposé au vecteur vitesse (FIG. 8 A).

En revanche, lors de la descente, son mouvement devient rectiligne accéléré car le poids est dans le même sens que le vecteur vitesse (FIG. 8 B).

► Chute verticale en présence de frottements

Lorsqu'un objet est en mouvement dans un fluide (l'air par exemple), il peut être soumis de la part du fluide à des frottements non négligeables. Les **forces de frottements** \vec{f} qui en résultent sont opposées au mouvement (c'est-à-dire au vecteur vitesse \vec{v}) et leur valeur augmente lorsque la vitesse croît (FIG. 9).

Pour un système en chute verticale, dès lors que les forces de frottements \vec{f} compensent le poids \vec{P} , la somme des forces devient nulle :

$$\Sigma \vec{F} = \vec{f} + \vec{P} = \vec{0}$$

Le mouvement est rectiligne uniforme.

De ce fait, la vitesse d'un système en chute verticale atteint une valeur limite constante (\vec{v} est constant car $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$ d'après le principe d'inertie) (FIG. 10).

APPROFONDISSEMENT SCIENTIFIQUE

Cas d'une chute libre à deux dimensions

Lors d'un lob, une balle de golf décrit un mouvement curviligne ralenti, puis accéléré. Pourtant, avant de toucher le sol, son déplacement horizontal s'effectue à vitesse constante.

En effet, seule la composante verticale de sa vitesse est modifiée par l'action mécanique qu'elle subit : l'action de la Terre modélisée par son poids. Horizontalement, aucune force ne s'exerce sur elle et elle se déplace donc dans cette direction à vitesse constante.

Chute verticale dans l'air d'une balle. FIG. 10

Lorsque la balle atteint sa vitesse maximale de chute, elle décrit un mouvement rectiligne uniforme : $\vec{f}_{ax} + \vec{P} = \vec{0}$.

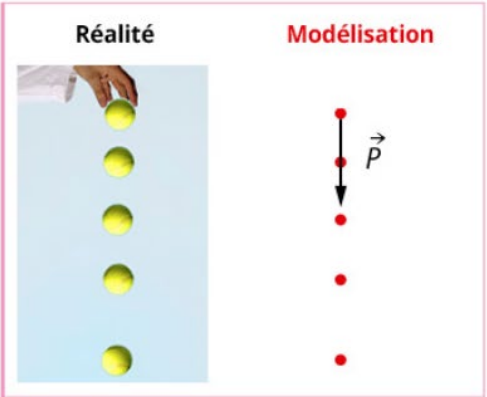


FIG. 7 Chute libre d'une balle.

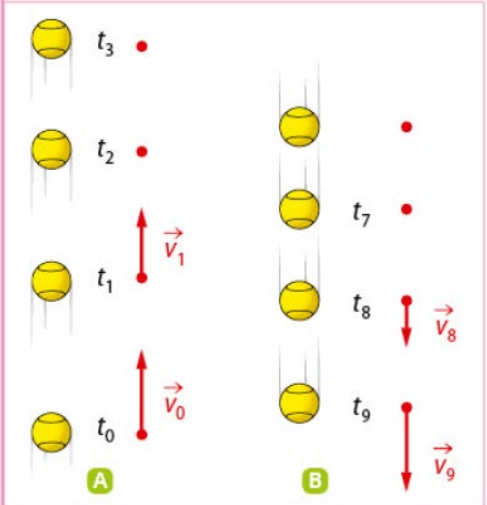


FIG. 8 Chute libre d'une balle.

A Phase de montée : diminution de la vitesse

B Phase de descente : augmentation de la vitesse

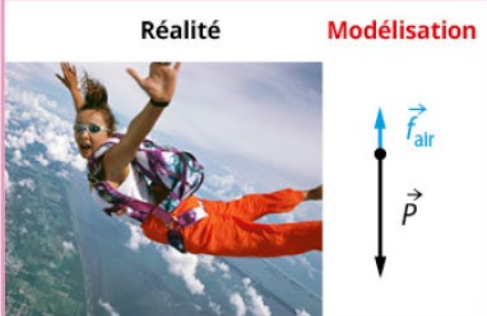
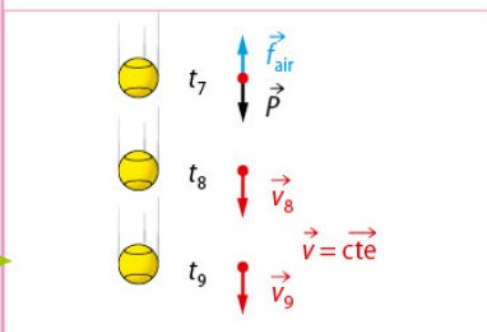
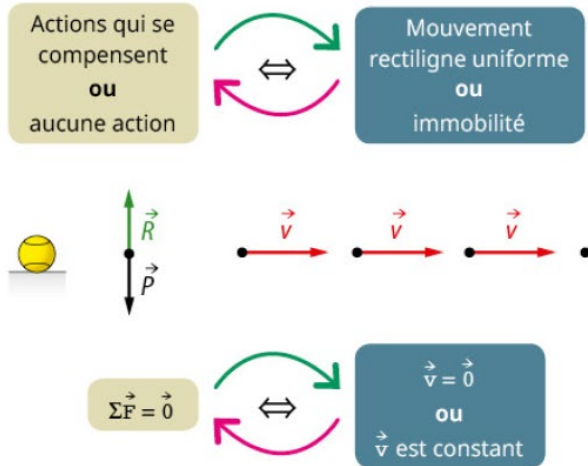


FIG. 9 Chute verticale dans l'air d'une parachutiste.



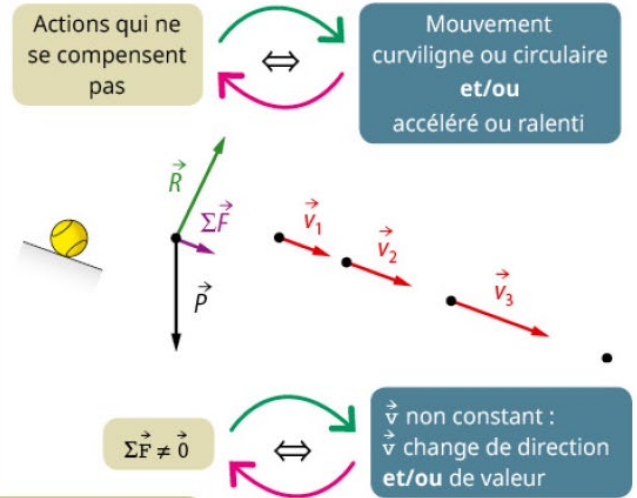
1 Le principe d'inertie

► Tout système soumis à des actions mécaniques modélisées par des **forces qui se compensent** est soit **immobile**, soit en **mouvement rectiligne uniforme** (sa vitesse ne change pas, ni en direction, ni de sens, ni en valeur).



2 Variation de vitesse et somme des forces

► Un système soumis à des actions mécaniques modélisées par des **forces qui ne se compensent pas** n'est **ni au repos, ni en mouvement rectiligne uniforme**.

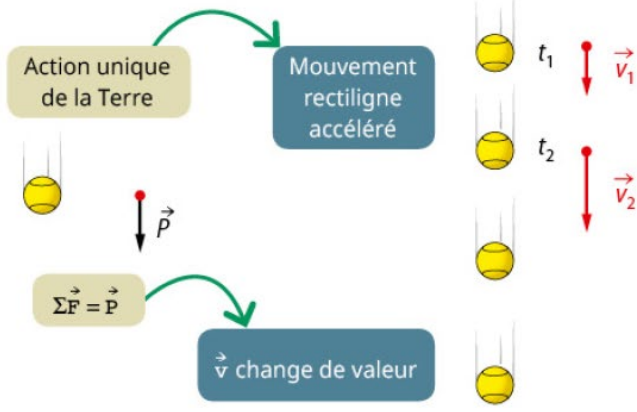


Soit un système (une balle) modélisé par un **point matériel**.
 \vec{P} : poids du système
 \vec{R} : réaction du support
 \vec{f} : force de frottements de l'air
 \vec{v} : vecteur vitesse du système
 $\Sigma\vec{F}$: somme vectorielle des forces

3 Application à des situations de chute verticale

► En l'**absence de frottements** ou si les **frottements sont négligeables**, un système en **chute libre** est uniquement soumis à l'action de la Terre, qui est modélisée par son poids.

Ce système décrit un **mouvement rectiligne accéléré**.



► Si le système est lancé avec une vitesse initiale non nulle verticalement **vers le haut**, alors son mouvement est **rectiligne ralenti** durant son ascension.

► Si les **frottements ne sont pas négligeables**, un système en chute verticale atteint, au bout d'une certaine durée, une **vitesse maximale constante**. Le mouvement est alors **rectiligne uniforme**.

