

Principe d'inertie

Cours de sciences physiques - niveau 2de

*Ensuite, un palet glisse presque sans frottement sur une table à coussin d'air : on le lance, il file en ligne droite à vitesse constante, sans que personne ne le pousse. Pourtant, avant Galilée, on croyait qu'il fallait toujours une force pour entretenir un mouvement. Par ailleurs, le **principe d'inertie** corrige cette idée : ce n'est pas le mouvement qui exige une force, mais le changement de mouvement.*

L'essentiel : Le principe d'inertie énonce que si les forces appliquées à un système se compensent, son vecteur vitesse reste constant : le système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme dans un référentiel galiléen. Réciproquement, une variation de vitesse prouve que les forces ne se compensent pas. Un palet glissant sur de la glace à 2 m/s garde cette vitesse.

Puis, ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Décrire la situation : système, référentiel et bilan des forces

Ainsi, pour appliquer le principe d'inertie, il faut d'abord préciser trois choses. Puis le **système** est l'objet que l'on étudie (le palet, la voiture, le parachutiste). Ensuite, le **référentiel** est le solide de référence par rapport auquel on décrit le mouvement : pour les expériences usuelles, c'est le référentiel terrestre, lié au sol du laboratoire. Enfin, on dresse le **bilan des forces extérieures** : on liste toutes les actions exercées sur le système par les autres objets qui l'entourent (la Terre, le support, l'air, un câble...).

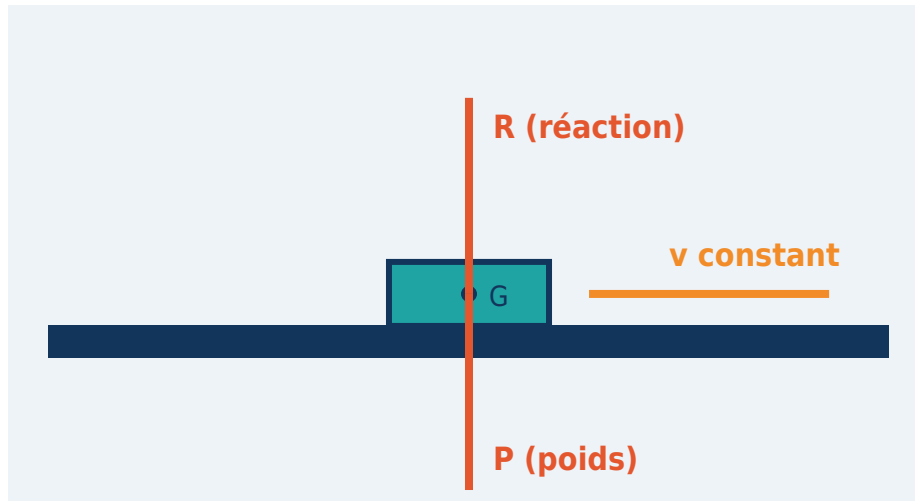
DÉFINITION

Par ailleurs, un **référentiel galiléen** est un référentiel dans lequel le principe d'inertie est vérifié. Puis le référentiel terrestre, pour des expériences de courte durée, peut être considéré comme galiléen avec une très bonne approximation.

De plus, les forces se représentent par des vecteurs, d'origine le centre de gravité G du système. De plus, un vecteur force possède un point d'application, une direction, un sens et une valeur exprimée en **newtons (N)**.

Forces qui se compensent

Considérons un palet de masse m posé sur une table horizontale et en mouvement. Deux forces s'exercent sur lui : le **poids P** , action de la Terre, vertical et dirigé vers le bas, de valeur $P = m \times g$, et la **réaction normale du support R** , vertical et dirigée vers le haut. Si le frottement est négligeable, ces deux forces ont même direction, des sens opposés et la même valeur : elles se **compensent**.



Bilan des forces sur un palet : P et R se compensent, le vecteur vitesse v ne change pas.

Énoncé du principe d'inertie

LOI

Principe d'inertie. Dans un référentiel galiléen, si les forces extérieures qui s'exercent sur un système se compensent, alors le **vecteur vitesse** de son centre de gravité reste **constant** : le système est soit au repos, soit en mouvement rectiligne uniforme.

Donc, la réciproque est également vraie : si le vecteur vitesse d'un système ne change pas (valeur, direction et sens), alors les forces extérieures qui s'exercent sur lui se compensent. Ensuite, on écrit que leur somme vectorielle est le vecteur nul.

somme des forces = 0 (vecteur nul) $\Leftrightarrow$ v constant

Enfin, il faut bien lire « vecteur vitesse constant » : la valeur et la direction et le sens ne changent pas. Par ailleurs, une voiture qui roule à 90 km/h dans un virage n'a pas un vecteur vitesse constant, car sa direction change : les forces qui s'exercent sur elle ne se compensent donc pas.

Variation du vecteur vitesse et forces

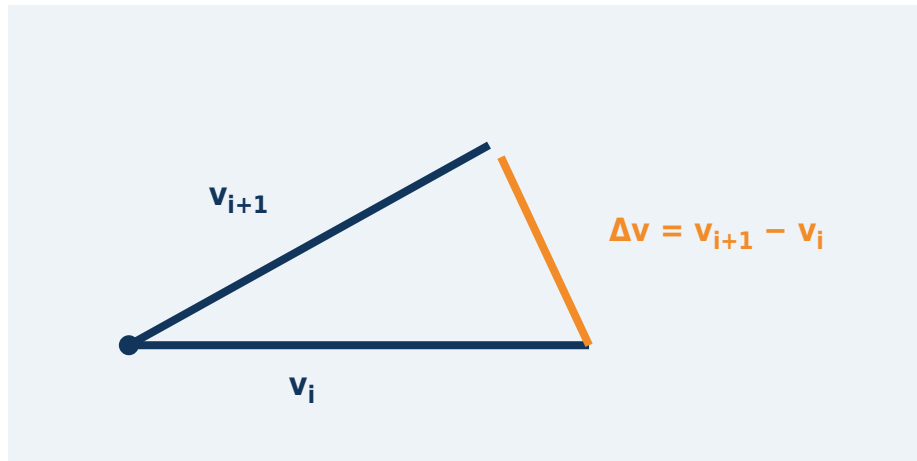
Ensuite, quand les forces ne se compensent pas, le vecteur vitesse varie. Puis on

caractérise cette variation entre deux instants successifs t_i et t_{i+1} du pointage d'une vidéo ou d'une chronophotographie par le **vecteur variation de vitesse**.

FORMULE À RETENIR

$$\Delta \mathbf{v}_i = \mathbf{v}_{i+1} - \mathbf{v}_i \text{ (en m/s)}$$

Puis, on construit $\Delta \mathbf{v}$ en traçant $\mathbf{v}_{i+1}$ et $\mathbf{v}_i$ à partir d'un même point, puis en reliant l'extrémité de $\mathbf{v}_i$ à celle de $\mathbf{v}_{i+1}$.



Construction du vecteur variation de vitesse $\Delta \mathbf{v}$ à partir de $\mathbf{v}_i$ et $\mathbf{v}_{i+1}$.

PROPRIÉTÉ

Le vecteur variation de vitesse $\Delta \mathbf{v}$ a la **même direction et le même sens** que la somme des forces extérieures appliquées au système. Si $\Delta \mathbf{v}$ est nul, les forces se compensent ; sinon, elles ne se compensent pas.

Appliquer le principe d'inertie pas à pas

MÉTHODE

1. Définir le système et le référentiel. 2. Faire le bilan des forces extérieures et les représenter. 3. Ensuite, observer ou calculer l'évolution du vecteur vitesse. 4. Conclure : v constant $\Rightarrow$ forces qui se compensent ; v qui change $\Rightarrow$ forces qui ne se compensent pas, dans le sens de $\Delta \mathbf{v}$.

EXEMPLE RÉSOLU

Une voiture de masse $m = 1\,200$ kg roule sur une route rectiligne et horizontale à vitesse constante. Puis la force motrice vaut $F = 540$ N. De plus, on prend $g = 9,81$ N/kg. Système : la voiture ; référentiel : terrestre, supposé galiléen. Son vecteur vitesse est constant : les forces se compensent. Verticalement, $P = m \times g = 1\,200 \times 9,81 = 1,18 \times 10^4$ N et la réaction R du sol a la même valeur. Horizontalement, la force de

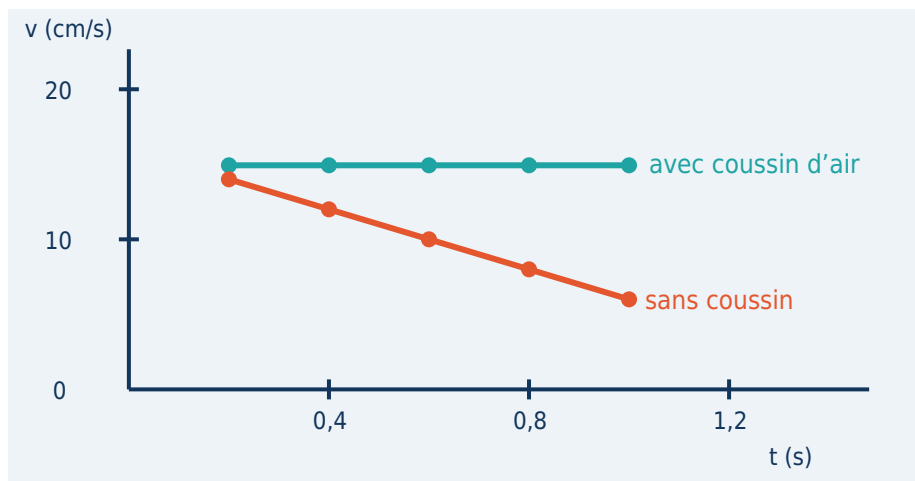
frottement de l'air et du sol a même valeur que la force motrice : $f = 540 \text{ N}$, de sens opposé au mouvement.

EXEMPLE RÉSOLU

Un cycliste passe de $v_i = 6,0 \text{ m/s}$ à $v_{i+1} = 5,0 \text{ m/s}$ en ligne droite. $\Delta v = 5,0 - 6,0 = -1,0 \text{ m/s}$: Δv est orienté dans le sens opposé au mouvement. Ensuite, la somme des forces est donc dirigée vers l'arrière : le cycliste ralentit parce que le freinage et les frottements l'emportent sur la propulsion.

Lire un graphique de vitesse

Le graphique ci-dessous donne la valeur de la vitesse d'un palet en fonction du temps, dans deux situations. Avec le coussin d'air, la courbe est une droite horizontale : v est constante, les forces se compensent. Sans coussin d'air, la courbe descend : v diminue, les forces ne se compensent pas et leur somme est opposée au mouvement.



Vitesse en fonction du temps : constante avec coussin d'air, décroissante sans coussin.

Erreurs fréquentes

ERREUR FRÉQUENTE

« S'il y a un mouvement, il y a forcément une force dans le sens du mouvement. » Faux : un mouvement rectiligne uniforme ne nécessite aucune force résultante. Par ailleurs, un palet lancé loin de tout frottement continuerait indéfiniment.

ERREUR FRÉQUENTE

Confondre « force nulle » et « forces qui se compensent ». Puis un objet peut subir plusieurs forces non nulles dont la somme vectorielle est nulle. Compenser ne veut pas dire « ne pas exister ».

ERREUR FRÉQUENTE

Oublier le référentiel. Ensuite, dans un train qui freine, une bille posée sur une table se met à rouler vers l'avant : dans le référentiel du train (non galiléen pendant le freinage), le principe d'inertie ne s'applique plus ; dans le référentiel terrestre, la bille garde simplement sa vitesse tandis que le train ralentit.

L'essentiel à retenir

- Un système, un référentiel (galiléen) et un bilan des forces extérieures sont nécessaires.
- Principe d'inertie : forces extérieures qui se compensent $\Rightarrow$ vecteur vitesse constant (repos ou mouvement rectiligne uniforme).
- Réciproque : vecteur vitesse constant $\Rightarrow$ forces extérieures qui se compensent.
- $\Delta v_i = v_{i+1} - v_i$ est de même direction et de même sens que la somme des forces.
- Le poids vaut $P = m \times g$ (en N, avec m en kg et $g = 9,81 \text{ N/kg}$ à la surface de la Terre).
- Une vitesse constante ne signifie pas « absence de force » mais « somme des forces nulle ».

Tout le chapitre « Le principe d'inertie » en seconde

- Les exercices : Le principe d'inertie
- Le corrigé des exercices : Le principe d'inertie
- Le TP : Le principe d'inertie
- Le corrigé du TP : Le principe d'inertie
- Le QCM : Le principe d'inertie
- Le contrôle : Le principe d'inertie
- Le corrigé du contrôle : Le principe d'inertie

Chapitre précédent : Modéliser une action par une force (cours)

Chapitre suivant : Signaux sonores et fréquence (cours)

Retrouve aussi tous les cours de sciences physiques en seconde et le programme complet de sciences physiques en seconde.