

Compétences

Voici les compétences que vous devez acquérir à l'issue de ce cours :

- Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée, pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement, soit sur les forces appliquées.

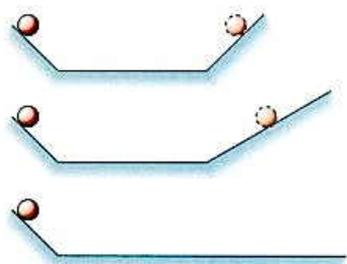
## 1 Faut-il toujours une force pour entretenir un mouvement ?

### 1.1 L'erreur d'Aristote

Un objet, lancé sur le sol horizontal, s'arrête rapidement. Cette observation a provoqué l'erreur du Grec ARISTOTE (384-322 av. J.-C.) qui pensait qu'il fallait toujours une force pour maintenir un objet en mouvement.

### 1.2 L'expérience de Galilée

GALILÉE (1564-1642) fonde ses convictions sur l'expérience. Il est le père des sciences expérimentales. Il réfuta la théorie d'ARISTOTE en étudiant le mouvement d'une bille sur un plan incliné, tel que représenté ci-dessous.



Bien entendu GALILÉE ne disposait pas de plans inclinés sur lesquels les frottements sont négligeables —

comme une table à coussin d'air, par exemple. Mais il était particulièrement soigneux et ingénieux, et malgré les imperfections de ses expériences, il a réussi à en déduire une interprétation de portée générale.

GALILÉE déduit de ses expériences qu'un mouvement sans frottement, sur un plan horizontal, n'a pas besoin d'une force pour se perpétuer.

Ces idées furent pour GALILÉE une source de tracas multiples, non pas avec l'Église puisqu'il avait le Pape lui-même comme protecteur et ami, mais contre quelques personnages fâcheux se réclamant de la religion, et dont l'esprit étroit ne s'accommodait guère d'idées révolutionnaires.

a. Quelle a été l'erreur d'ARISTOTE ?

b. Dans les expériences de GALILÉE, dans les deux premiers cas, si les frottements sont négligeables, à quelle hauteur remonte la bille ?

c. En théorie, que se passe-t-il pour la bille dans le troisième schéma ? Pourquoi une telle idée permet de réfuter la théorie d'ARISTOTE ?

## 2 Le Principe d'inertie

### 2.1 La formulation de Newton

La figure ci-dessous est une copie du livre de NEWTON sur les lois du mouvement, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* de NEWTON, tels qu'ils furent édités pour la première fois en 1686.

#### LOIX DU MOUVEMENT.

##### PREMIERE LOI.

*Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, & ne le contraigne à changer d'état.*

Cette loi est désormais élevée au rang de *principe*.

### 2.2 Conséquences

On constate que le cas des forces qui se compensent est équivalent à l'absence de force.

- Un cas pratique d'un solide soumis à des forces qui se compensent est le cas du mobile auto-porteur. Un tel solide est dit *pseudo-isolé*.
- Il est quasi-impossible de réaliser pratiquement le cas d'un solide soumis à aucune force, car il y a

toujours la force gravitationnelle qui intervient. Un tel solide s'il existait serait dit *isolé*.

### 2.3 Et ensuite ?

Ce principe d'inertie est fondamental dans le cours de Physique. Afin de s'habituer à ses conséquences quelquefois surprenantes, il convient d'étudier divers exemples.

Le bon point, c'est que vous allez pouvoir expliquer de nombreux phénomènes étonnants !

### 2.4 Effets d'une force sur le mouvement d'un système (cours)

**Définition**

.....

.....

.....

.....

 Deux forces qui ont même droite d'action, des sens opposés et une même valeur se compensent.

Lorsque les forces se compensent, elles n'ont aucun effet sur le mouvement et/ou sa direction.

### 2.5 Le principe d'inertie

Le principe d'inertie permet de relier forces et nature du mouvement.

**Définition**

.....

.....

.....

.....

Puisque le vecteur vitesse  $\vec{v}$  ne varie pas,

- si le système est immobile ( $\vec{v} = \vec{0}$ ), il reste .....
- si le système est en mouvement, il poursuit son mouvement sans aucune variation, c'est-à-dire que le vecteur vitesse reste constant, en valeur, sens et direction ( $\vec{v} = \vec{cte}$ ), et donc le mouvement va être ..... et .....

**Exemple**



L'air-hockey utilise des palets qui peuvent être soumis à des forces qui se compensent, et se trouvent donc en mouvement rectiligne et uniforme.

### 2.6 Réciproque du principe d'inertie

**Définition**

.....

.....

.....

.....

### 3 Florilège de petits exemples

**Q1** On prend un glaçon bien froid dans le congélateur. On attend qu'il fonde légèrement en surface. On le lance sur une table en verre, bien lisse et horizontale. Peut-on le lancer de manière à ce que son centre décrive une trajectoire courbe ? Expliquez.



**Q2** Un de vos amis est adepte de saut, il veut retarder au maximum le moment où il va ouvrir son parachute, pour profiter de sa chute.

Quel conseil pouvez-vous lui donner pour maximiser son temps de chute, pour une même hauteur de vol de l'avion qui le largue ? Répondez par une discussion sur les forces appliquées.

**Q3** Vous assistez impuissant à la mésaventure d'un malheureux qui s'enfonce dans le sable mouvant. Quels conseils pouvez-vous lui donner ?



Est-il utile que vous alliez vous même, dans un élan d'héroïsme, vous embourber dans le sable mouvant pour l'aider ? Répondez par une discussion sur les forces appliquées.

**Q4** Lorsque le conducteur d'un autobus freine brutalement, les passagers sont projetés vers l'avant. Comment expliquer ce phénomène ?



**Q5** Vous laissez tomber un boulet de canon du sommet du mât d'un voilier en mouvement rectiligne uniforme. Le boulet touchera-t-il le pont (a) devant la base du mât, (b) vis-à-vis de la base du mât ou (c) derrière la base du mât ? Vous négligerez l'effet du vent ou les frottements de l'air.



**Q6** Un camion contenant plusieurs oiseaux enfermés dans son compartiment de marchandises est un peu trop lourd pour passer sur un pont. Le chauffeur du camion fait du bruit pour inciter les oiseaux à voler. Parviendra-t-il à traverser le pont ? Justifiez soigneusement.

**Q7** Arrêt d'un objet lancé

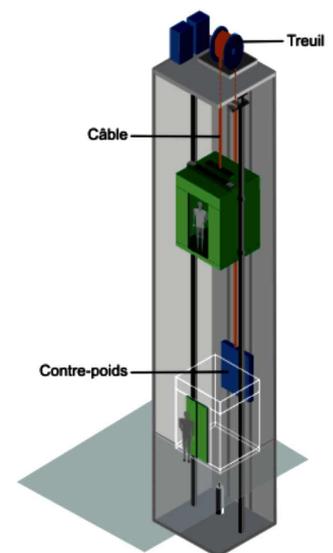
Sur une table parfaitement horizontale, lancez une pièce de monnaie disposée sur une de ses faces (soit la face euro, soit la face française, selon si vous êtes eurosceptique ou euro-enthousiaste — ne tirez pas cela à pile ou face, car vous avez besoin de la pièce pour l'exercice). Décrire le mouvement de la pièce.



**Q8** Quelles sont les forces exercées sur un corps posé sur une table ? Quelles sont les forces exercées sur un système en mouvement rectiligne uniforme sur une table ?

**Q9** Lors du démarrage brutal d'un ascenseur vers le haut, le carter que vous tenez à la main vous paraît-il :

- plus lourd ?
- aussi lourd ?
- moins lourd ?



## Q 10 Descente en luge

Au cœur de l'hiver, une élève de Seconde 9 a la bonne idée d'apporter sa luge au lycée. La voilà qui s'élançe au beau milieu de la pelouse enneigée, de pente constante. Le mouvement rectiligne de la luge peut être décrit en quatre étapes. Dans quelle(s) étape(s) les forces qui s'exercent sur la luge se compensent-elles ?



Données : les quatre étapes du mouvement :

- au début, la vitesse augmente ;
- la luge glisse ensuite à vitesse constante sur de la neige bien damée ;
- la luge arrive sur la neige fraîche où elle ralentit ;
- la luge finit par s'immobiliser.

## Q 11 Feynman et l'explication du mouvement de la Lune



FEYNMAN (à gauche) entouré de ses étudiants.

Dans son cours de Mécanique destiné aux premières années de faculté (*The Feynman Lectures on Physics*, section 7.3), que vous pouvez lire dès que vous en sentez le besoin, le génial Professeur FEYNMAN (prix Nobel de Physique 1965) écrit :

« The idea that the moon “falls” is somewhat confusing, because, as you see, it does not come any *closer*. The idea is sufficiently interesting to merit further explanation : the moon falls in the sense that *it falls away from the straight line that it would pursue if there were no forces.* »

Traduction :

« Cette idée que la lune « tombe » risque de créer une confusion parce que, comme vous voyez, elle ne se *rapproche* absolument pas. Cette idée est suffisamment intéressante pour mériter une explication supplémentaire : la lune tombe en ce sens qu'elle *s'écarte en tombant de la ligne droite qu'elle suivrait s'il n'y avait pas de forces.* »

- À quelle force la Lune est-elle soumise ? Pourquoi peut-on considérer la Lune comme un projectile en chute libre ?
- Pourquoi la Lune ne tombe-t-elle pas sur la Terre ?

## Q 12 Le principe de la propulsion par réaction

Observez l'expérience imaginée par Constantin TSIOLKOVSKI, instituteur et professeur de physique Russe (1857-1935).



Tsiolkovski avait des idées très novatrices sur la conquête spatiale : il est considéré comme le père de l'astronautique moderne !

Expliquer la relation entre cette expérience et la conquête spatiale (remarquez bien la date de naissance de ce type).

## Q 13 L'impesanteur

- Un extrait d'une célèbre bande dessinée publiée le 1<sup>er</sup> mars 1950 (remarquez bien l'année) :



- Une image de l'Airbus Zéro G en pleine phase de vol parabolique, simulant la chute libre :



- Une photo de l'intérieur de l'ISS (International Space Station), située à 330 km d'altitude :



- Une vue de l'ascenseur de microgravité du centre de recherche sur l'impesanteur à Brême :



Question : est-il correct de dire que l'impesanteur correspond à l'absence de gravité ?