
Thème : Mouvement et interactions

Chapitre : Principe d'inertie

Objectifs :

- Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces.
- Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).

Sommaire

1. Cours	2	2. Activité 1 : Chute d'une goutte et principe d'inertie	4
1.1 Le principe d'inertie	2		
1.2 La chute libre verticale	3	3. Exercices	6

1. Cours

1.1 Le principe d'inertie

Effets d'une force sur le mouvement d'un système

Comment agit une force s'exerçant sur un système ?

.....

.....

Principe d'inertie


À quelles conditions deux forces se compensent-elles ?

.....

.....

Exemple : Modéliser les forces qui agissent sur un palet de hockey sur la glace en négligeant les forces de frottements.

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

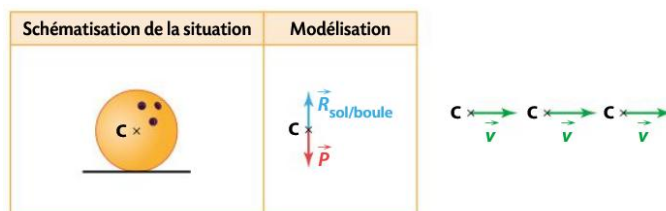
<p>Principe d'inertie :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Vidéo de cours</p> 
---	---

Cela peut aussi se traduire :

Lorsque les forces qui s'exercent sur un système se compensent, alors ce système reste immobile ou reste en mouvement rectiligne uniforme ($\vec{v} = \vec{0}$ où \vec{v} est un vecteur constant).

Réciproquement, si le vecteur vitesse \vec{v} ne varie pas, alors le système est soumis à des forces qui se compensent.

Exemple : Le centre de la boule de bowling est en mouvement rectiligne uniforme donc son poids \vec{P} et la réaction \vec{R} de la piste se compensent.



Contraposée du principe d'inertie

L'implication « si non B alors non A » est la contraposée de « si A alors B ».

Proposer une **contraposée** du principe d'inertie :

.....

.....

.....

Cela peut aussi se traduire :

Lorsqu'un système n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme (\vec{v} n'est ni égal au vecteur nul ni un vecteur constant), alors les forces qui s'exercent sur ce système ne se compensent pas.

Réciproquement, lorsque les forces qui s'exercent sur un système ne se compensent pas, alors le vecteur vitesse \vec{v} varie.

Exemple : Lors de son déplacement sur le sable, un ballon de beach volley, de centre C, est soumis à des forces (poids, réaction du sable et force exercée par l'air) qui ne se compensent pas. **Modéliser** les forces qui agissent sur le système et **proposer** une représentation des vecteurs vitesses pour différentes positions successives.

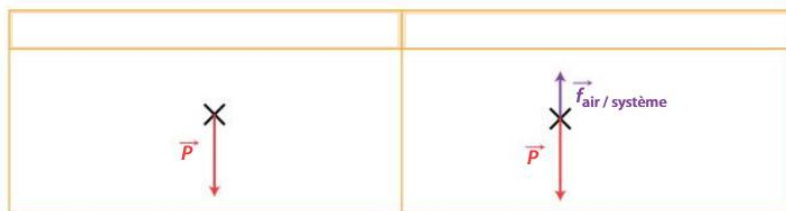
1.2 La chute libre verticale

Systèmes en chute libre verticale

Quand est-ce qu'un système est considéré en chute libre ?

.....

Indiquer parmi les deux situations ci-dessous laquelle représente un système en chute libre et laquelle un système qui n'est pas en chute libre.



Remarque : Dans l'air, une chute sera considérée comme libre si l'on peut négliger les forces exercées par l'air sur le système par rapport à son poids.

Variation du vecteur vitesse d'un système en chute libre verticale

Le vecteur vitesse \vec{v} d'un système en chute libre verticale varie entre deux instants voisins. **Le mouvement d'un système en chute libre n'est pas rectiligne uniforme.**

2. Activité 1 : Chute d'une goutte et principe d'inertie

Objectif :

- Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces.
- Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).

Une goutte de permanganate de potassium qui tombe dans l'huile est soumise à différentes forces : son poids et une force exercée par l'huile sur la goutte. Cette force se compose elle-même de la poussée d'Archimède et d'une force de frottements.

Quelle relation existe-t-il entre ces forces lors de la chute libre de la goutte ?

Si les forces qui s'exercent sur un corps se compensent, soit ce corps est immobile, soit il a un mouvement rectiligne uniforme. Inversement tout corps au repos ou en mouvement rectiligne uniforme est soumis à des forces qui se compensent.

FIGURE 1 – Principe d'inertie

Frottement fluide : Le frottement fluide est une force de frottement qui s'exerce sur un objet qui se déplace dans un fluide (liquide ou gaz) ; elle dépend de la vitesse de l'objet par rapport au fluide. La force de ce frottement fluide augmente quand la vitesse augmente. Toute force de frottement dépend de la géométrie de l'objet considéré, de sa surface, etc.. Il arrive qu'en fonction de l'importance relative des diverses forces en présence, l'influence du frottement fluide soit considérée comme négligeable.

FIGURE 2 – Frottement fluide.

Chute libre : Un objet est en chute libre lorsqu'il tombe sous la seule action de son poids.

FIGURE 3 – La chute libre.

La poussée d'Archimède est la force que subit un objet plongé dans un fluide. Pour une goutte immergée, la poussée d'Archimède notée Π est caractérisée de la façon suivante :

Point d'application	Direction	Sens
Centre de gravité	Verticale	Vers le haut

Son intensité s'exprime par la relation :

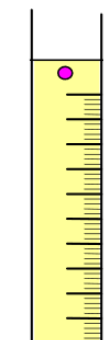
$$\Pi = \rho \times V \times g.$$

Avec ρ la masse volumique du fluide en kg.m^{-3} ; V le volume de la goutte en m^3 ; g l'intensité de la pesanteur terrestre en N.kg^{-1} .

FIGURE 4 – La poussée d'Archimède

Manipulations

- On réalise l'expérience suivante : dans une éprouvette graduée de 250 mL remplie d'huile de Tournesol, on lâche, à l'aide d'une pipette, une goutte d'eau (colorée par du permanganate de potassium). On repère les dates successives de passage de la goutte devant les graduations chiffrées telles que 250 mL, 230 mL, 210 mL, etc.
- Le chronomètre est déclenché lors du passage de la goutte devant la graduation 250 mL (**utiliser la fonction tour de votre portable pour les temps intermédiaires**).
- À l'aide d'une règle graduée, **mesurer** précisément la distance parcourue entre chaque passage à partir de la graduation 250 mL (qui fera office de 0 cm).



Remplir le tableau suivant :

Graduation	250	230	210	190	170	150	130	110	90	70	50	20
t (en s)	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
z (en m)	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

- Pourquoi la goutte de permanganate tombe-t-elle dans l'huile ? **Justifier**, sachant que la masse volumique de l'eau et de l'huile valent : $\rho_{eau} = 1000 \text{ g.L}^{-1}$ et $\rho_{huile} = 910 \text{ g.L}^{-1}$.
- Reproduire** le tableau rempli ci-dessus dans Excel, puis **tracer** la courbe $z = f(t)$ (z en ordonnée en mètre et t en abscisse en seconde). Quelle est l'allure de cette courbe (**ajouter** une courbe de tendance avec son équation) ?
- Au vu des résultats, que peut-on dire de la nature du mouvement ? **Justifier** en choisissant une ou plusieurs réponses parmi les propositions ci-dessous :
 - les distances parcourues pendant les durées égales sont les mêmes ;
 - la valeur de la vitesse est constante ;
 - le mouvement est rectiligne ;
 - la vitesse augmente au cours de la chute

4. On a choisi, entre autre, la réponse (b). En s'aidant des valeurs du tableau, **calculer** la vitesse instantanée de la goutte (en m.s^{-1}) à chaque mesure. On prendra comme formule :

$$v_i = \frac{z_{i+1} - z_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} \tag{1}$$

Vous vous aidez de cette formule pour créer une nouvelle ligne dans le tableau précédent obtenu avec Excel. **Tracer** ensuite sous Excel le graphique donnant $v_i = f(t)$.

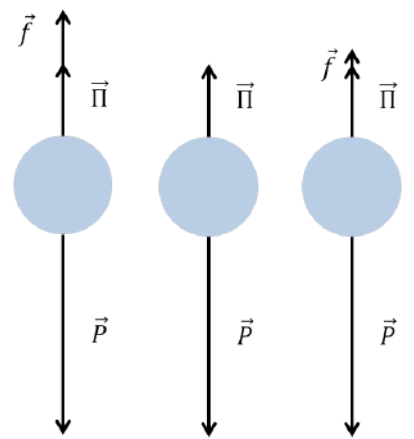
Distance parcourue en m	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
t (en s)	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Vitesse (en m/s)		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

5. **Comparer** les valeurs du graphique $v = f(t)$ avec l'équation obtenue à la question 2.. **Définir** le mouvement de la goutte d'eau avec deux adjectifs en justifiant.

Pour interpréter le mouvement observé, on fait l'hypothèse qu'on peut utiliser le **principe d'inertie**.

6. Que peut-on en déduire concernant les forces qui agissent sur la goutte ? **Justifier**.

La force \vec{F} qui compense le poids \vec{P} a deux composantes : la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ et une force de frottement \vec{f} qui dépend de la vitesse. On a : $\vec{F} = \vec{f} + \vec{\Pi} = -\vec{P}$



On considère les 3 schémas ci-contre qui correspondent à 3 instants du mouvement de la goutte : instant initiale, instant en régime transitoire et instant en régime permanent.

- Associer** chaque schéma à un instant en justifiant votre choix.
- À quel schéma correspond la goutte quand elle passe devant la graduation 250 mL. **Justifier**.
- Comment varie la force de frottement quand la vitesse augmente ?
- Quel schéma vérifie le principe d'inertie ? **Justifier**.

3. Exercices

Exercice 1

Un tigre en chasse est prêt à bondir vers sa proie.

1. **Proposer** un référentiel permettant l'étude du mouvement du tigre.
2. Le tigre est à l'arrêt. Il est soumis à seulement deux forces : son poids \vec{P} de valeur $2,00 \times 10^3$ N et l'action \vec{R} du sol.
 - a) **Donner** les caractéristiques du poids \vec{P} .
 - b) Par application du principe d'inertie, **déterminer** les caractéristiques de la force \vec{R} .
3. On modélise le système étudié par un point S. **Schématiser** les forces.

Exercice 2

Un palet de hockey sur glace se déplace rectilignement sur la patinoire avec une vitesse de valeur constante. On donne ci-dessous deux représentations possibles de ses positions successives, relevées à intervalles de temps égaux dans un référentiel terrestre.



1. Quelle est la représentation convenable ?
2. Quelle propriété vérifient les forces auxquelles le palet est soumis ?
3. **Préciser** sur un schéma les caractéristiques de ces forces (en admettant qu'il n'en existe que deux).

Exercice 3

Un skateur effectue un saut par-dessus un banc pendant que son skate continue de rouler sur le sol. Avant le saut, le skateur et sa planche ont le même mouvement rectiligne uniforme par rapport au sol. On considère que pendant le saut, la planche conserve son mouvement rectiligne uniforme sur le sol. **On néglige les frottements dus à l'air et au sol.**



1. **Décrire** la trajectoire du skateur et la trajectoire de sa planche lors du saut.
2. Lors du saut, quelles sont les forces qui s'exercent :
 - a) Sur le skateur ?
 - b) Sur sa planche ?
3. Lors du saut, le skateur est-il soumis à des forces qui se compensent ?
4. La planche est-elle soumise à des forces qui se compensent ?

Exercice 4

En juillet 2012, équipé d'une combinaison d'astronaute, Felix Baumgartner a sauté depuis une altitude de 39 km. Jusqu'à ce qu'il atteigne 37 km d'altitude, les frottements de l'air sont négligeables.

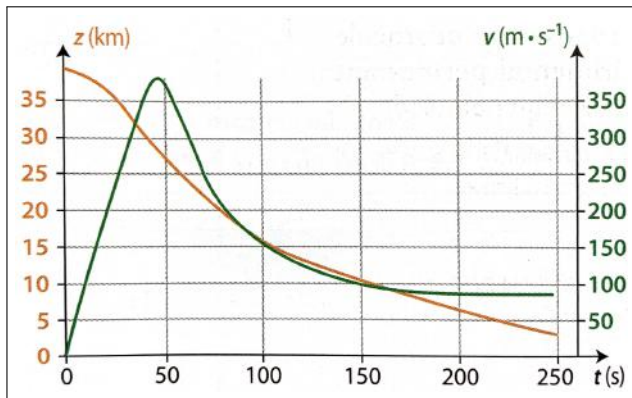


FIGURE 1 – Suivi du mouvement de Felix Baumgartner avant l'ouverture de son parachute.

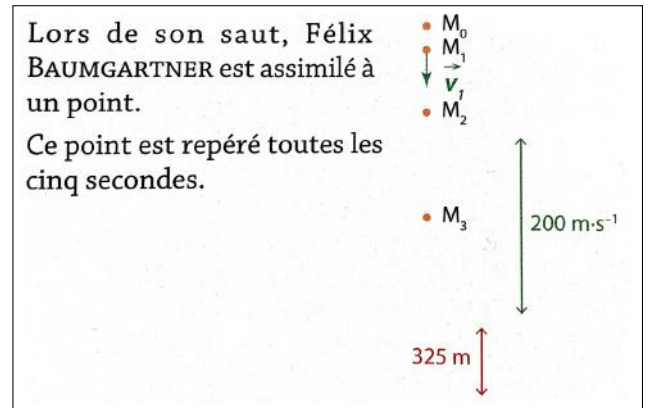


FIGURE 2 – Position et vitesse de Felix Baumgartner lors des deux premiers kilomètres de sa chute.

1. Justifier que Felix Baumgartner est en chute libre sur ses 20 premières secondes de chute.
2. Reproduire le schéma de la figure 3, et construire le vecteur \vec{v}_2 au point M_2 .
3. Comparer les vecteurs vitesse \vec{v}_1 et \vec{v}_2 .
4. La chute de Felix Baumgartner est-elle en accord avec le principe d'inertie ou sa contraposée ?

Exercice 5

Le Jamaïcain Usain Bolt a réalisé sa meilleure performance sur 100 m aux championnats du monde de Berlin en 2009.

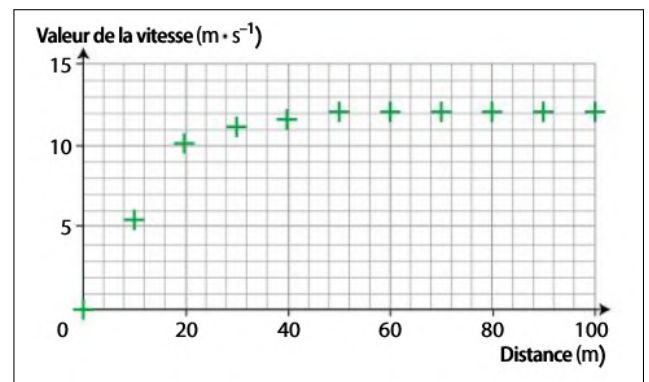


FIGURE 3 – Étude de la course d'Usain Bolt.

1. Décrire le mouvement d'Usain Bolt dans le référentiel lié à la piste en le décomposant en deux phases.
2. Pour chacune de ces phases, les forces exercées sur Usain Bolt se compensent-elles ?

Exercice 6

Des scientifiques, préparant une mission sur une planète ressemblant à la Terre mais dépourvue d'atmosphère, étudient un robot lanceur de projectiles.



La simulation du début du mouvement d'un projectile lancé verticalement vers le haut est représentée ci-contre. Les positions sont repérées toutes les 0,1 seconde.

1. Pourquoi, à partir de la simulation, peut-on affirmer que les scientifiques ont prévu que le projectile ne sera pas soumis à des forces qui se compensent ?
2. Pourquoi peut-on affirmer que, sur la planète, le projectile sera en chute libre lors de son mouvement ?
- 3.a) **Expliquer** pourquoi la position M_1 est représentée en bas de la simulation.
- b) À partir de la simulation, **calculer** la valeur de la vitesse du projectile à la position M_2 .
4. **Recopier** le schéma et **représenter**, aux positions M_2 et M_5 , les vecteurs vitesse du projectile.
5. **Montrer** que la variation du vecteur vitesse entre les positions 1 et 4 est en accord avec un mouvement de chute libre.

Donnée : valeur de la vitesse du projectile à la position M_5 , $v_5 = 3,5 \text{ m.s}^{-1}$.

