

P3-2: Interactions

Interactions	
Notions et contenus	Capacités exigibles
<p>Notion de référentiel galiléen. Actions mécaniques sur un objet en mouvement. Lois de Newton. Notions mathématiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - addition de vecteurs ; - projection orthogonale d'un vecteur sur un axe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier et caractériser des actions mécaniques sur un objet. - Modéliser une action mécanique par une force. - Établir un bilan de forces. - Effectuer un bilan quantitatif de forces pour un système à l'équilibre ou en mouvement rectiligne uniforme. - Dans le cas d'un mouvement plan, utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système : <ul style="list-style-type: none"> o pour en déduire une estimation de la variation de vitesse sur un intervalle de temps, les forces appliquées au système étant connues ; o pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu. - Citer et exploiter la seconde loi de Newton dans le cas d'un mouvement rectiligne.
<p>Exemples de forces s'exerçant sur un objet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - poids ; - force d'interaction gravitationnelle ; - poussée d'Archimède ; - force de frottement fluide ; - force exercée par un support. <p>Notion mathématique : primitives des polynômes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Citer et exploiter l'expression du poids et de la force d'interaction gravitationnelle. - Exploiter l'expression de la poussée d'Archimède et de forces de frottement. - Estimer l'ordre de grandeur des forces en présence et les comparer. - Caractériser un mouvement de chute libre verticale. - Établir la loi d'évolution de la vitesse et de la position en fonction du temps dans le cas du modèle de la chute libre verticale. - Exploiter des résultats expérimentaux pour expliquer l'effet d'un frottement et de la poussée d'Archimède sur une chute verticale en les confrontant au modèle de la chute libre. <p>Capacités expérimentales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en œuvre un protocole pour confronter des résultats expérimentaux au modèle de la chute libre. - Mettre en œuvre un protocole pour mesurer une force de frottement fluide et en déduire la viscosité du fluide.

1. Référentiel galiléen et principe d'inertie

L'essentiel du cours...

Principe d'inertie : Dans un référentiel galiléen, la vitesse du centre d'inertie d'un objet soumis à des forces qui se compensent demeure constante **en norme et en direction**.

Un référentiel terrestre peut-être considéré comme un référentiel galiléen pour une étude réalisée sur des temps courts de même que tout référentiel en mouvement rectiligne uniforme par rapport à la Terre.

=> Une bille posée au sol dans un train en mouvement (rectiligne uniforme) reste immobile ou roule en ligne droite même si on la lance perpendiculairement au mouvement du train.

Un référentiel est dit non-galiléen si le principe d'inertie n'y est pas respecté c'est-à-dire que le mouvement d'un objet dans ce référentiel ne sera pas rectiligne uniforme.

=> Si le train freine, la bille sera déviée vers l'avant du train et vers l'arrière si le train accélère.

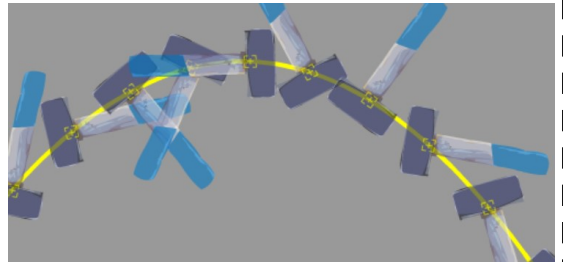
=> Dans le référentiel terrestre, le plan d'oscillation d'un pendule semble toujours le même pour des temps courts (voir vidéo). En revanche, pour des temps longs, on ne peut plus négliger la révolution de la Terre.

Le référentiel terrestre peut-être assimilé à un référentiel galiléen uniquement pour des études réalisées sur des durées n'excédant pas quelques minutes.

Réciproque du principe d'inertie : Si dans un référentiel galiléen le mouvement du centre d'inertie d'un objet est rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur l'objet se compensent.

ZOOM : Mais pourquoi parler du centre d'inertie et pas d'objet ou de solide ?

En physique, on aime bien découper des problèmes complexes en problèmes plus simples. Ainsi, le mouvement d'un marteau que l'on lance est un mouvement complexe très difficile à modéliser.



En revanche, le centre d'inertie du marteau a une trajectoire très simple (parabole). On va donc étudier le mouvement du centre d'inertie et on en déduira le mouvement de tous les points de l'objet. On voit, en effet, que dans le référentiel du centre d'inertie, les autres points du marteau ont un mouvement circulaire.

Dans les situations suivantes, repérer les référentiels galiléens.

Je suis à l'arrière d'une voiture qui roule en ligne droite à vitesse constante.

- La route
- La voiture
- Moi

Je suis assis à l'extérieur d'un manège et je regarde mon petit frère qui se trouve dans la voiture de pompier d'un manège qui tourne à vitesse constante.

- Mon petit frère
- La voiture de pompier
- Moi

Je me trouve dans un ascenseur qui monte à vitesse constante au 5ème étage d'un immeuble.

- Moi
- La cabine
- L'immeuble

J'ai atteint le 5ème étage et l'ascenseur est en train de ralentir.

- Moi
- La cabine
- L'immeuble

2. Diagramme objet-interaction

L'essentiel du cours...

Le diagramme objet-interaction est un outil pour faire l'inventaire des forces extérieures qui s'exercent sur un système et ne pas en oublier. **Voir lien youtube sur Netboard (Rappel 3ème et seconde)**

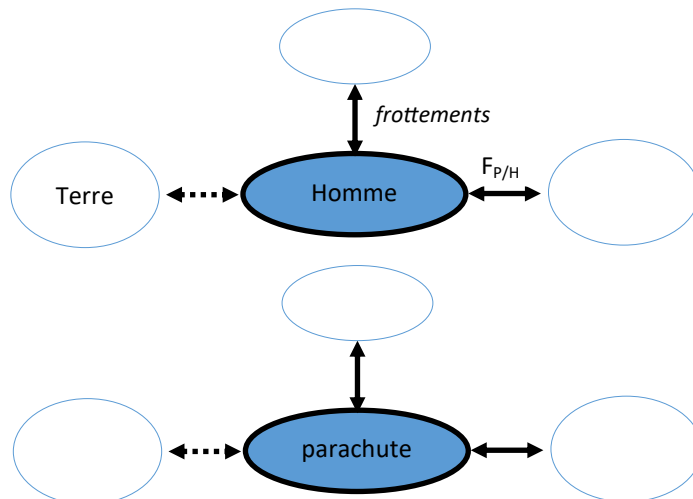
Convention : Les interactions à distances (poids, force électromagnétique...) sont représentées par une double-flèche en pointillés.

Les interactions de contact sont représentées par une double-flèche pleine.

En première, on ajoute au dessus des flèches le nom des forces exercées sur le système par les objets avec lesquels il est en interaction.

Compléter les diagrammes objet-interaction pour le système « Homme » et le système « Parachute ».

Construire intégralement le diagramme du système « Homme + Parachute »



3. Effet d'une force sur un objet en mouvement

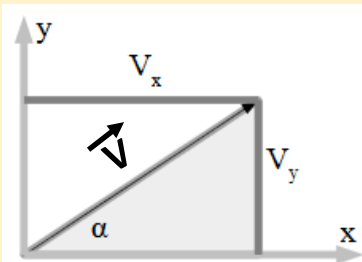
L'essentiel du cours...

Lorsqu'un objet est soumis à des forces qui se compensent, sa vitesse est constante en norme (valeur) et en direction (Principe d'inertie).

Lorsqu'un objet est soumis à des forces qui ne se compensent pas, il est accéléré dans la direction de la résultante des forces (c'est-à-dire la direction qui correspond à la somme vectorielle des forces).

Pour faire un bilan des forces :

- 1- On construit tout d'abord un repère orthogonal. Celui-ci doit être le plus simple possible (Ox pour un mouvement monodimensionnel, Oxy pour un mouvement plan...).
 - 2- On s'arrange pour que les directions des axes du repère soit les mêmes que celles d'un maximum de forces.
 - 3- L'origine du repère est placée au niveau du centre d'inertie du système à l'origine des temps (t=0)
 - 4- On exprime les coordonnées de chaque vecteur dans le nouveau repère. Pour se faire on utilise le produit scalaire ou les relation de trigonométrie.
- Voir ci-contre, un exemple avec le vecteur vitesse.**



$$\cos(\alpha) = \frac{V_x}{V} \Rightarrow V_x = V \cos(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) = \frac{V_y}{V} \Rightarrow V_y = V \sin(\alpha)$$

On considère le mouvement d'un skieur qui descend à vitesse constante sur une pente inclinée de 20° .

Le poids du skieur est de 600 N.

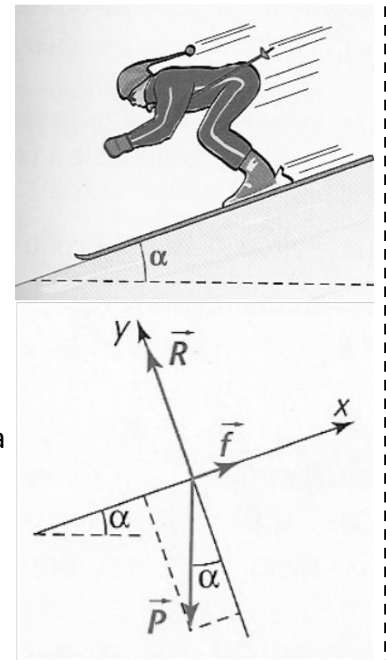
On fait l'inventaire des forces appliquées au skieur : **P** : poids du skieur
f : frottements de la piste
R : réaction normale du sol

Pour simplifier l'écriture, les vecteurs représentant les forces ne sont pas représentés avec une flèche au-dessus mais en gras.

On a représenté les vecteurs force dans le repère ci-contre.

- 1) Appliquer le principe d'inertie afin de déterminer les coordonnées de la résultante des forces : $\Sigma = \mathbf{P} + \mathbf{f} + \mathbf{R}$
- 2) Déterminer les coordonnées du vecteur **P**
- 3) En déduire les coordonnées des vecteurs **f** et **R**

Réponses : **R** (0 N ; 564 N) et **f** (205 N ; 0 N)



3. Exemples de forces

L'essentiel du cours...

Carte d'identité des forces les plus courantes :

Vecteur poids	
<i>Le poids correspond à l'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur un objet de masse m situé au voisinage de sa surface.</i>	
Symbole :	P (avec une flèche)
Direction :	verticale
Sens :	vers le bas
Norme :	$P = m \times g$
<i>g est l'accélération de la pesanteur : Valeur : $g = 9,81 \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$ (ou N.kg^{-1})</i>	
Comment le représenter ?	
Faire partir la flèche du centre de gravité de l'objet (confondu avec le centre d'inertie)	
Quand la prendre en compte ?	
A prendre en compte pour tous les objets aux voisinages de la Terre. Pour les objets distants (planète, satellite...) il faut utiliser la force de gravitation.	

Vecteur force de gravitation	
<i>Il s'agit de la force qui s'exerce entre deux objets A et B qui possèdent une masse. Elle diminue très fortement avec la distance.</i>	
Symbole :	F_G (avec une flèche)
Direction :	Droite reliant les centres de gravité des objets
Sens :	Force attractive
Norme :	$F_G = (G \times m_A \times m_B) / d_{AB}^2$
<i>G est la constante de gravitation universelle : Valeur : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ USI}$ (unité de système international)</i>	
Comment le représenter ?	
Faire partir la flèche du centre de gravité de l'un des objets et l'orienter vers l'autre.	
Quand la prendre en compte ?	
Prise en compte uniquement dans le cas d'interactions entre planètes (ou satellites) ou pour calculer le poids d'un objet à la surface d'une planète autre que la Terre	

Vecteur poussée d'Archimède	
<i>Il s'agit de la force exercée par un fluide (gaz ou liquide) sur un objet qui y est plongé. C'est la force qui permet aux bateaux de flotter.</i>	
Symbole :	Π (avec une flèche)
Direction :	verticale
Sens :	vers le haut
Norme :	$\Pi = \rho \times V \times g$
<i>g est l'accélération de la pesanteur V est le volume de l'objet immergé dans le fluide ρ est la masse volumique du fluide</i>	
Comment le représenter ?	
Faire partir la flèche du centre de gravité de l'objet (confondu avec le centre d'inertie).	
Quand la prendre en compte ?	
Pour tous les objets plongés dans un liquide. Négligeable dans l'air sauf pour les objets de densité très faible (ballon d'hélium).	

L'essentiel du cours...

Carte d'identité des forces les plus courantes (suite) :

Vecteur réaction normale

C'est la force répulsive exercée par une surface sur un objet à son contact pour éviter que cet objet ne la traverse.

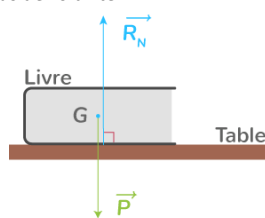
Symbole : R_N (avec une flèche)
Direction : Perpendiculaire (=normale) à la surface
Sens : De la surface vers l'objet
Norme : Variable

La norme du vecteur réaction normale correspond exactement à la force nécessaire pour éviter d'être traversé.

Comment le représenter ?

Faire partir la flèche du centre de la surface de contact et l'orienter perpendiculairement à la surface vers l'objet.

On la décale un peu par rapport au poids pour plus de lisibilité.



Quand la prendre en compte ?

Uniquement si un objet appuie sur une surface non déformable.

Vecteur frottement fluide

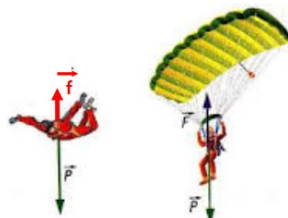
Il s'agit de la force exercée par un fluide (gaz ou liquide) sur un objet en mouvement dans ce fluide

Symbole : f (avec une flèche)
Direction : Celle du mouvement
Sens : Opposé au sens du mouvement
Norme : Variable

L'expression de la force de frottement fluide est complexe. Elle dépend du fluide, de la forme de l'objet, de sa vitesse... En général on cherche expérimentalement un modèle.

Comment le représenter ?

Faire partir la flèche du centre de gravité de l'objet.



$f < P$ l'homme accélère $f = P$ vitesse constante

Quand la prendre en compte ?

Souvent négligeable pour des vitesses faibles dans l'air. A prendre en compte pour des chutes dans les liquides.

Vecteur frottements solides

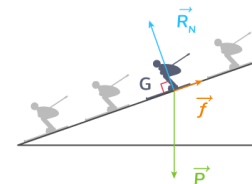
Il s'agit de la force exercée par support sur un objet à son contact. Il s'agit d'une force omniprésente mais que l'on néglige souvent. Sans frottements solides, les roues des vélos patineraient sur le sol.

Symbole : f (avec une flèche)
Direction : parallèle au support
Sens : Opposé au sens du mouvement
Norme : Variable

L'expression est complexe. Elle est extrêmement difficile à prévoir, même pour des spécialistes.

Comment le représenter ?

Faire partir la flèche du point de contact entre l'objet et le support. Evaluer sa norme à l'aide d'un bilan de forces.



Quand la prendre en compte ?

Lorsque l'on en a besoin pour interpréter le comportement d'un objet. Négligée sinon.

Faire un schéma de chacune des situations décrites ci-dessous.

Construire pour chacune un diagramme interaction-objet afin de faire l'inventaire des forces.

Représenter ces forces en prenant en compte le respect (ou non) du principe d'inertie.

- Un ballon gonflé à l'hélium qui s'élève dans les airs.
- Un livre immobile sur un plan incliné
- Le système Terre-Lune
- Une plume qui tombe à vitesse constante
- Un homme debout qui s'appuie contre un mur
- Un javelot que l'on vient de lancer

Force de gravitation

- Rechercher la valeur de la masse de la Terre et son rayon. Faire de même pour la Lune
- Calculer la force de gravitation exercée par la Terre sur un objet de 10 kg situé à sa surface.
- Comparer au poids de l'objet et calculer l'écart relatif entre ces deux forces qui décrivent pourtant un même phénomène. Interpréter la différence.
- Calculer la force d'attraction de la Lune sur cet objet.
- Par analogie avec le poids terrestre, calculer la valeur de l'accélération de la pesanteur lunaire.