

But de l'activité : Définir ce qu'est un référentiel galiléen ; Découvrir et exploiter les lois de Newton.

L'étude quantitative du mouvement est la base du domaine de la physique appelé la mécanique. Il faut alors définir de quel point de vue le système est étudié puis relier le mouvement à des données physiques.

Référentiel galiléen

Un référentiel est un système de coordonnées (3 axes) centré sur un objet et par rapport auquel on repère une position ou un mouvement.

Par définition, un référentiel est dit galiléen si le principe d'inertie est vérifié dans ce référentiel.

Exemples :

Le référentiel héliocentrique est considéré comme galiléen.

Le référentiel géocentrique est galiléen si l'étude ne dépasse pas quelques heures (pour négliger la rotation de la Terre autour du Soleil)

Le référentiel terrestre est galiléen si l'étude ne dépasse pas quelques minutes (pour négliger la rotation propre de la Terre)

Lois de Newton

Première loi de Newton ou Principe d'inertie

Dans un référentiel galiléen, tout corps qui est soumis à une force résultante nulle est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, et réciproquement.

Seconde loi de Newton ou Principe Fondamental de la Dynamique (PFD)

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures qui s'exercent sur le solide est égale à la masse fois l'accélération.

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

Troisième loi de Newton ou Principe des actions réciproques

Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B : $\vec{F}_{A/B} = - \vec{F}_{B/A}$.

D'où viennent, mathématiquement, les équations horaires ?

En mécanique classique, on s'intéresse aux grandeurs position (x), vitesse (v) et accélération (a),

Ces grandeurs sont définies par : $v = \frac{dx}{dt}$ $a = \frac{dv}{dt}$

L'outil mathématique utilisé ici est la dérivation, qui, connaissant l'expression d'une grandeur, permet de déterminer les variations de cette grandeur. [ici on s'intéresse aux variations en fonction du temps]

A l'inverse, en connaissant les variations d'une grandeur, on peut déterminer l'expression de cette grandeur (la primitive).

Le tableau ci-contre donne les dérivées et primitives de quelques fonctions simples utilisées en mécanique.

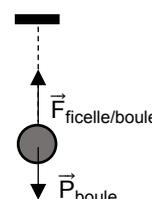
[A, B et C sont des constantes quelconques, qui peuvent être déterminées si nécessaire à partir des valeurs initiales]

Dérivée	Primitive
$f(t) = \frac{dF}{dt} = 0$	$F(t) = A$
$f(t) = \frac{dF}{dt} = A$	$F(t) = At + B$
$f(t) = \frac{dF}{dt} = At + B$	$F(t) = \frac{1}{2} At^2 + Bt + C$

PARTIE I : En voiture !

Dans la vidéo Voiture.mp4, on peut observer une boule suspendue à un rétroviseur par une ficelle du point de vue de l'intérieur de la voiture (donc dans le référentiel de la voiture).

1. Lorsque la voiture est à l'arrêt, on peut considérer que le référentiel de la voiture est le même que le référentiel terrestre. Le bilan des forces sur la boule est donné dans le schéma ci-contre. Que peut-on dire des forces s'exerçant sur la boule ? Justifier.



2. Lorsque la voiture se met en mouvement, de nouvelles forces viennent-elles s'appliquer sur la boule ?

3. Compléter le tableau ci-dessous.

	1	2	3	4
Situation				
Mouvement de la voiture dans le référentiel terrestre	Rectiligne accéléré	Rectiligne uniforme	Rectiligne ralenti	Circulaire uniforme
Déplacement de la boule dans le référentiel de la voiture				
Principe d'inertie vérifié ?				

4. Conclure : On considère un référentiel (voiture) en mouvement dans un référentiel galiléen (surface de la Terre). Sous quelle(s) condition(s) le référentiel considéré ne peut pas être lui-même galiléen ?

PARTIE II : Le saut de Felix

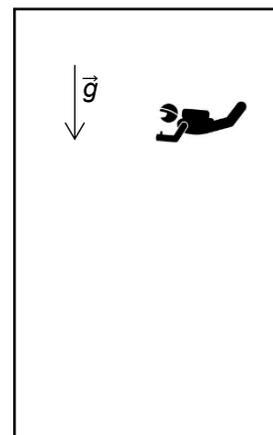
Le dimanche 14 octobre 2012, Felix Baumgartner est entré dans l'Histoire en menant à bout sa mission. L'Autrichien s'est élancé à plus de 39 kilomètres d'altitude, pour une chute libre qui a duré plusieurs minutes, battant au passage trois records du monde !



Felix Baumgartner aurait ce jour franchi le mur du son (c'est-à-dire atteint une vitesse supérieure à $v_{son} = 340 \text{ m.s}^{-1}$).

Problématique : Felix a-t-il pris le risque de s'écraser au sol avant de franchir le mur du son ?

On considère ici le mouvement de Felix Baumgartner (de masse $m = 95 \text{ kg}$) lors de la chute libre (lorsque le système n'est soumis qu'à son poids) à la surface de la Terre, en ignorant les frottements de l'air. Par simplification, on associera toute la masse de Felix à un point, appelé le centre de masse du système.



- 5.** Définir le système étudié ainsi que le référentiel d'étude.
- 6.** Quelle base de coordonnées sera la plus adaptée à l'étude de ce mouvement ? Dessiner en bleu le(s) axe(s) de cette base sur le schéma ci-contre (Félix est à l'origine).
- 7.** Faire le bilan des forces qui s'appliquent sur le système, donner l'expression vectorielle de la force et dessiner en rouge (sans souci d'échelle) le vecteur force sur le schéma ci-contre.
- 8.** Dédire de la question précédente la valeur de l'accélération de Felix pendant la chute libre.
- 9.** Avec des primitives successives, déterminer la forme des équations horaires de la vitesse et de la position de Felix au cours du temps.
- 10.** A l'instant initial du saut (donc à l'origine de la base de coordonnées), la vitesse de Felix est $v(0) = v_0 = 1 \text{ m.s}^{-1}$. Donner alors les équations horaires complètes (avec la valeur des constantes) de l'évolution de la vitesse et de la position lors de la chute libre.
- 11.** Répondre à la problématique en justifiant clairement la réponse.

Données : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

❖ Référentiel galiléen

Un référentiel est un système de coordonnées (3 axes) centré sur un objet et par rapport auquel on repère une position ou un mouvement.

Par définition, un référentiel est dit galiléen si

En général, tout référentiel qui tourne, ralenti ou accélère par rapport à un référentiel galiléen n'est pas galiléen.

❖ Centre de masse d'un système

Le centre de masse d'un système est le point, par simplification.

❖ Lois de Newton

- **Première loi de Newton** ou **Principe d'inertie**

Dans un référentiel galiléen, tout corps qui est soumis à une force résultante nulle est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, et réciproquement.

- **Seconde loi de Newton** ou **Principe Fondamental de la Dynamique (PFD)**

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures qui s'exercent sur le solide est égale à la masse fois l'accélération.

- **Troisième loi de Newton** ou **Principe des actions réciproques**

Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B.

Savoir faire

❖ Exploiter les équations horaires d'un mouvement

En mécanique classique, on s'intéresse aux grandeurs position (x), vitesse (v) et accélération (a).

Ces grandeurs sont définies par : $v = \frac{dx}{dt}$ $a = \frac{dv}{dt}$

L'outil mathématique utilisé ici est la dérivation, qui, connaissant l'expression d'une grandeur, permet de déterminer les variations de cette grandeur. *[ici on s'intéresse aux variations en fonction du temps]*

A l'inverse, en connaissant les variations d'une grandeur, on peut déterminer l'expression de cette grandeur (la primitive).

Le tableau ci-dessous donne les dérivées et primitives de quelques fonctions simples utilisées en mécanique. *[A, B et C sont des constantes quelconques, qui peuvent être déterminées si nécessaire à partir des valeurs initiales]*

Dérivée	Primitive
$f(t) = \frac{dF}{dt} = 0$	$F(t) = A$
$f(t) = \frac{dF}{dt} = A$	$F(t) = At+B$
$f(t) = \frac{dF}{dt} = At + B$	$F(t) = \frac{1}{2}At^2 + Bt + C$