

Les lois de Newton

Chapitre 12

allal Mahdade

Groupe scolaire La Sagesse Lycée qualifiante

27 février 2017

Sommaire

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1 Introduction

2 Notions préliminaires

3 Vecteur vitesse

4 Vecteur-accélération

5 Les lois de Newton

6 Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Sommaire

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1 Introduction

2 Notions préliminaires

3 Vecteur vitesse

4 Vecteur-accélération

5 Les lois de Newton

6 Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Sommaire

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1 Introduction

2 Notions préliminaires

3 Vecteur vitesse

4 Vecteur-accélération

5 Les lois de Newton

6 Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Sommaire

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1 Introduction

2 Notions préliminaires

3 Vecteur vitesse

4 Vecteur-accélération

5 Les lois de Newton

6 Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Sommaire

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

- 1 Introduction
- 2 Notions préliminaires
- 3 Vecteur vitesse
- 4 Vecteur-accélération
- 5 Les lois de Newton
- 6 Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Sommaire

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

- 1 Introduction
- 2 Notions préliminaires
- 3 Vecteur vitesse
- 4 Vecteur-accélération
- 5 Les lois de Newton
- 6 Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Introduction

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .



Le skieur utilise la force exercée par les perches pour se déplacer sur la neige et effectue des sauts .

* Quelles sont les lois de Newton ? et de quoi exprime -t-elle ?

I. Notions préliminaires

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1. Référentiel et repère

Pour l'étude d'un mouvement le choix d'un référentiel est nécessaire .
Qu'est-ce qu'un référentiel ?

Un référentiel est constitué d'un point associé à un objet auquel sont associés trois axes fixes (constituant en général un repère orthonormé).

I. Notions préliminaires

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

On associe au référentiel deux **repères** :

- * **repère d'espace** : pour décrire le mouvement et on le détermine suivant les dimensions du mouvement . se caractérise par une origine à laquelle sont liées trois axes orthonormés
- * **repère du temps** : on le détermine par le choix d'une origine des dates , en général est confondue avec le point de départ du mouvement .
- * Notre étude se limite au mouvement du centre d'inertie G d'un corps solide dans un référentiel et qui peut nous faire connaître **le mouvement d'ensemble** du corps .

I. Notions préliminaires

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

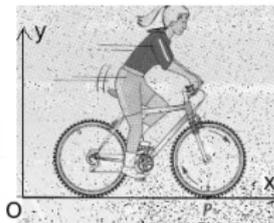
Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

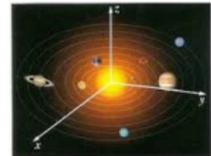
2. Les principaux référentiels



Référentiel terrestre



Référentiel géocentrique



Référentiel héliocentrique

I. Notions préliminaires

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

- ☞ **Le référentiel terrestre** : il est constitué d'un point du sol et de trois axes (en général un axe vertical et deux axes dans le plan horizontal). On l'utilise pour décrire les mouvements à petite échelle des objets qui nous entourent.
- ☞ **Le référentiel géocentrique** : il est constitué du centre de la Terre et de trois axes pointant vers des étoiles suffisamment lointaines pour être considérées comme fixes. On l'utilise pour décrire des mouvements à l'échelle de la planète pour lesquelles la rotation de la Terre ne peut être négligée (en particulier pour décrire le mouvement des satellites)
- ☞ **Le référentiel héliocentrique** : il est constitué du centre du Soleil et de trois axes pointant vers des étoiles suffisamment lointaines pour être considérées comme fixes. Ce référentiel est utilisé pour décrire des mouvements à l'échelle du système solaire (comme celui des planètes).

I. Notions préliminaires

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

3. Grandeurs cinématiques

On se limite à l'étude des mouvement dans un plan (O, \vec{i}, \vec{j})

Vecteur position et trajectoire

On repère un point M d'un mobile par le vecteur \overrightarrow{OM} appelé **vecteur-position** qu'on le détermine par , à la date t , par ces coordonnées par rapport au repère choisi $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$.

Le vecteur position \overrightarrow{OM} s'écrit :

$$\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$$

L'ensemble des positions que le point M du mobile occupe successivement dans le plan au cours de son mouvement est appelé **trajectoire** .

Le point M est mobile dans le repère si l'une , au moins des coordonnées varie au cours du temps . La variation de ses coordonnées s'exprime par les équations horaires : $x(t)$ et $y(t)$.

I. Notions préliminaires

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

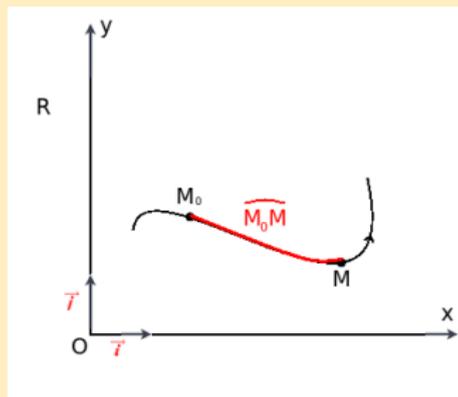
Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

On peut aussi repérer le point M sur sa trajectoire en choisissant une origine M_0 et un sens positif . Sa position est connue si l'on donne son abscisse curviligne $s(t)$ tel que :

$$s(t) = \widehat{M_0M}$$

s est une grandeur algébrique qui, en général , varie au cours du temps :
 $s(t)$ est l'équation horaire .



II. Vecteur vitesse

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1. Définition

On considère $G(t_1)$ la position du centre d'inertie d'un mobile à l'instant t_1 , $G(t_2)$ sa position à l'instant t_2 et $G(t_3)$ sa position à l'instant $t_3 = t_1 + \Delta t$ on définit le vecteur - vitesse à l'instant t_2 par la relation suivante :

$$\vec{V}(t_i) = \frac{\overrightarrow{G_{i-1}G_{i+1}}}{\Delta t}$$

Cette méthode qu'est vue au tronc commun est appelée méthode d'encadrement dans le cas où l'instant t_i est encadré par deux instants t_{i+1} et t_{i-1} très proches .

II. Vecteur vitesse

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

On montre mathématiquement que $\frac{\overrightarrow{G_{i-1}G_{i+1}}}{\Delta t}$ tend vers la dérivée première $\frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$ lorsque $\Delta t \rightarrow 0$
i.e elle tend vers la droite tangente à la trajectoire à l'instant t_i :

$$\vec{V}_G = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{G_{i-1}G_{i+1}}}{\Delta t} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$$

II. Vecteur vitesse

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

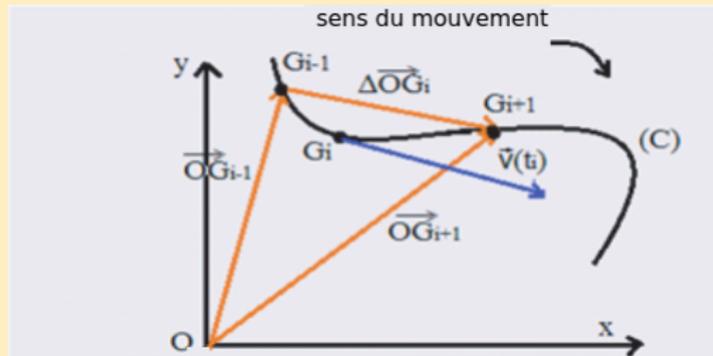
Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .



II. Vecteur vitesse

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

a. Caractéristique du vecteur-vitesse instantanée

Le vecteur-vitesse en un point donné est tangente à la trajectoire et dirigé dans le sens de mouvement .

Dans le cas d'un mouvement rectiligne , la direction du vecteur-vitesse est confondue avec la trajectoire .

L'unité de la vitesse dans le système internationale est le m/s .

Remarque :

Le vecteur-vitesse dépend du corps référentiel choisi .

II. Vecteur vitesse

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

b. Le vecteur-vitesse en coordonnées cartésiennes

Dans un repère orthonormé $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$ (repère cartésienne), les coordonnées de la vitesse instantanée sont :

$$\overrightarrow{OG} = x_G \vec{i} + y_G \vec{j}$$

et d'après la définition ci-dessus :

$$\vec{V}_G = \frac{dx_G}{dt} \vec{i} + \frac{dy_G}{dt} \vec{j} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j}$$

le module de la vitesse est :

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1. Définition

Soit $\vec{V}(t_1)$ le vecteur-vitesse à l'instant t_1 , $\vec{V}(t_3)$ vecteur vitesse à l'instant t_3 tel que $t_3 = t_1 + \Delta t$, on définit le vecteur-accélération \vec{a}_G par la relation :

$$\vec{a}_G = \frac{\vec{V}(t_3) - \vec{V}(t_1)}{t_3 - t_1} = \frac{\Delta \vec{V}_t}{\Delta t}$$

On utilise cette relation dans le cas où l'instant t_i est encadré par les instants t_{i+1} et t_{i-1} très proche .

III. Vecteur-accélération

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-accélération

Les lois de Newton

Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Lorsque $\Delta t \rightarrow 0$ la grandeur $\frac{\Delta \vec{V}_t}{\Delta t}$ tend vers la dérivée première du vecteur-vitesse par rapport au temps :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt}$$

L'unité de l'accélération dans le système international : m/s^2

Remarque :

Le vecteur-accélération dépend du corps référentiel choisi .

III. Vecteur-accélération

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

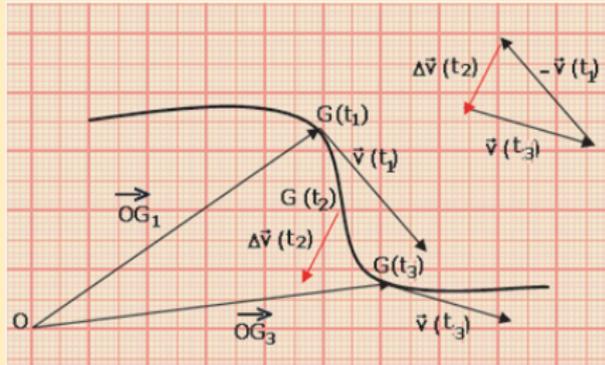
Notions préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-accélération

Les lois de Newton

Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .



III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

2. Vecteur accélération en coordonnées cartésiennes

Les coordonnées du vecteur accélération en coordonnées cartésiennes :
 $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j})$:

$$\vec{a}_G(t) = \frac{d\vec{V}_G}{dt} = \frac{dV_x}{dt}\vec{i} + \frac{dV_y}{dt}\vec{j} = \frac{d^2x}{dt^2}\vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\vec{j} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}$$

le module de l'accélération :

$$a_G = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Application 1

Les coordonnées du centre d'inertie d'un mobile dans un repère cartésienne (O, \vec{i}, \vec{j}) sont :

$$x(t) = 9t + 3, \quad y(t) = 6t^2 + 4t - 3$$

- 1 déterminer le vecteur vitesse $\vec{V}(t)$ dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) et calculer son module à l'instant $t = 2s$
- 2 Déterminée les coordonnées du vecteur-accélération \vec{a} dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) et calculer sa valeur .

III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

3. Mouvement rectiligne uniformément varié

a. Définition :

Le mouvement du centre d'inertie G d'un corps solide est rectiligne uniformément varié , si la trajectoire de G est rectiligne et le vecteur accélération \vec{a}_G du point G reste constante au cours du mouvement .

III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

b. Équation horaire du mouvement

On considère un corps solide S est en mouvement sur une trajectoire rectiligne dans un repère cartésienne (O, \vec{i}, \vec{j}) , on repère le centre d'inertie G , à chaque instant par le vecteur position $\vec{OG} = x\vec{i}$ i.e que le vecteur vitesse du point G est $\vec{v} = v_x\vec{i}$.

En considérant les conditions initiales suivantes : à $t = 0$ on a $x = x_0$ et $v_x = v_{0x}$.

On sait que

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} \Rightarrow v_x = a_x t + C_1$$

On détermine la constante C_1 en utilisant les conditions initiales : $C_1 = v_{0x}$ d'où

$$v_x = a_x t + v_{0x}$$

III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Pour déterminer l'équation horaire du mouvement $x(t)$:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = a_x t + v_{0x} \Rightarrow x(t) = \frac{1}{2} a_x t^2 + v_0 t + C_2$$

On détermine la constante C_2 en utilisant les conditions initiales :

$C_2 = x_{0x}$ donc

$$x(t) = \frac{1}{2} a_x t^2 + v_{0x} t + x_0$$

$x(t)$ représente l'équation horaire du mouvement et dépend des conditions initiales .

III. Vecteur-accélération

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions préliminaires

Vecteur vitesse

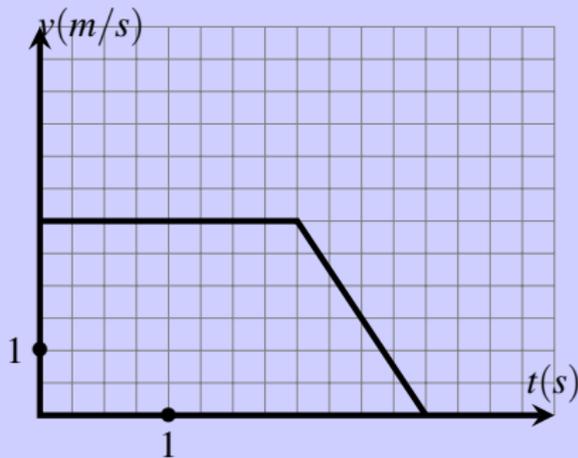
Vecteur-accélération

Les lois de Newton

Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

application 2

Le graphe suivant représente la variation de la vitesse d'un point d'un mobile en mouvement rectiligne en fonction du temps . À l'instant $t = 0$ le point M occupe la position O d'abscisse $x = 0$



IV. Mouvement rectiligne uniformément varié

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

- 1 Déterminer l'expression de $v(t)$ en fonction de t dans les deux intervalles $[0s, 2s]$ et $[2s, 3s]$
- 2 Déterminer la nature du mouvement dans chaque intervalle et calculer son accélération .
- 3 Écrire l'équation horaire du mouvement dans chaque intervalle .

III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

4. Le vecteur accélération dans la base de Frenet

La base de Frenet est un repère mobile lié au mouvement de point M ; son origine est le point mobile M et ses vecteurs unitaires sont :

\vec{u} : tangent à la trajectoire et dirigé dans le sens positif choisi sur la trajectoire

\vec{n} : normal à la trajectoire (perpendiculaire à \vec{u}) et dirigé vers l'intérieure de la concavité de la trajectoire

III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

On peut alors exprimer le vecteur accélération \vec{a} dans la base de Frenet pour un mouvement plan :

$$\vec{a}_G = a_T \vec{u} + a_N \vec{n}$$

tel que \vec{a}_T est le vecteur accélération tangentielle tel que

$$a_T = \frac{dv}{dt}$$

\vec{a}_N le vecteur accélération normal

$$a_N = \frac{v^2}{\rho}$$

avec ρ le rayon de courbure de la trajectoire au point M .Dans le cas ou la trajectoire est un cercle $\rho = R$

III. Vecteur-accélération

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

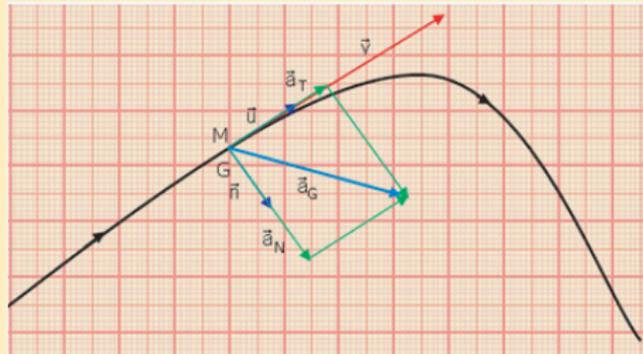
Notions préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-accélération

Les lois de Newton

Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .



III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Remarque :

D'après le produit scalaire des deux vecteurs \vec{v} et \vec{a} , on peut déterminer la nature du mouvement : $\vec{a} \cdot \vec{v} = a.v.\cos(\vec{a},\vec{v})$ Le signe du produit dépend $\vec{a} \cdot \vec{v}$ de l'angle (\vec{a},\vec{v})

Mouvement retardé : $\vec{a} \cdot \vec{v} < 0$

Mouvement accéléré $\vec{a} \cdot \vec{v} > 0$

Mouvement uniforme $\vec{a} \cdot \vec{v} = 0$

III. Vecteur-accélération

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Application 3

Les équations horaires du mouvement du centre d'inertie d'un corps solide dans un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) sont :

$$x(t) = 3\cos\left(2t + \frac{\pi}{4}\right) \quad y(t) = 3\sin\left(2t + \frac{\pi}{4}\right)$$

x et y en mètre , t en seconde .

- 1 Déterminer le vecteur vitesse \vec{v} dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) , en déduire sa norme .
- 2 Déterminer le vecteur accélération \vec{a} dans la base de Frenet .

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1. Forces extérieures - forces intérieures .

Pour faire l'étude d'un système mécanique , il faut déterminer le système étudié qui peut être constituer par un ou plusieurs corps. Ce qui nous permet de classer les actions mécaniques entre ces corps en **forces intérieures et forces extérieures** .

☞ les forces extérieures : ce sont toutes les actions mécaniques exercées par l'extérieur du système .

☞ les forces intérieures : ce sont toutes les actions mécaniques exercées par une partie du système .

Les forces intérieures exercées sur un système leur somme est nulle .

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Remarque :

Si la somme des forces extérieures est nulle , $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$, on dit que le système est pseudo-isolé mécaniquement .

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

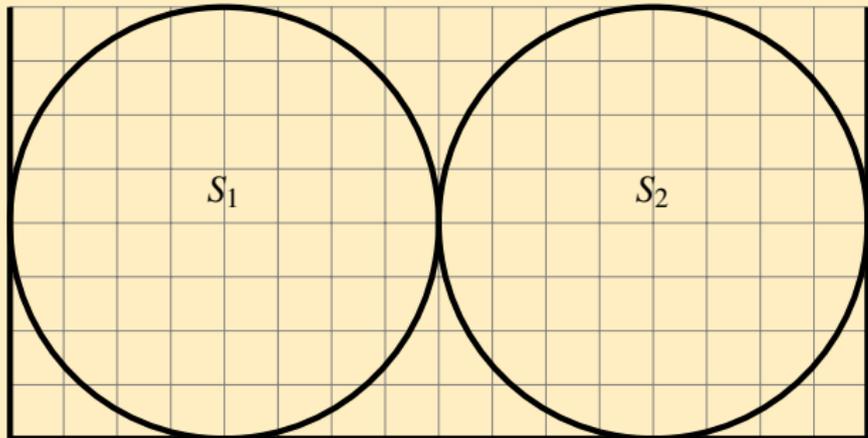
Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Application 4

On considère le système mécanique , représenté par la figure 1 et qui est constitué par deux corps solides S_1 et S_2

Faire le bilan de toutes les forces exercées sur le système et les classer en forces intérieures et extérieures en vérifiant la remarque ci dessous .



V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

2. Première loi de Newton ou principe d'inertie

Dans un référentiel Galiléen , si la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide est nulle $\Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{0}$, le vecteur vitesse \vec{v}_G de son centre d'inertie ne varie pas (reste constant) .

Réciproquement , si le vecteur vitesse \vec{v}_G de centre d'inertie d'un solide ne varie pas , la somme des forces qui s'exercent sur le solide est nulle .

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Application 5 :

Un camion au repos, porte un morceau cubique de glace de masse $m = 20\text{kg}$.

- 1 faire le bilan des forces exercées sur le cube de glace .
- 2 Le principe d'inertie sera - t il vérifié par rapport à un référentiel terrestre ? et puis par rapport à un référentiel lié au camion ?
- 3 que peut-on dire de ces deux référentiels ?
- 4 le camion se met en mouvement , le cube de glace se glisse vers l'arrière , expliquer le phénomène observer ? (on néglige les frottements)

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

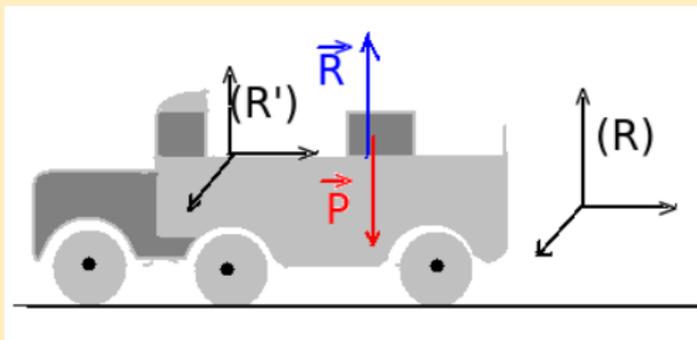
Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .



V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

le bilan des forces qui le cube de glace : le poids de cube de glace \vec{P} , la réaction du support de la glace \vec{R}

Par rapport au référentiel terrestre le camion est au repos donc la vitesse est nulle donc $\Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ i.e que $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$ le principe d'inertie est vérifié .

Même chose que pour un référentiel lié au camion immobile c'est un référentiel Galiléen comme le référentiel terrestre .

Dans le cas où le camion se démarre la vitesse augmente donc le principe d'inertie ne reste plus valable et $\Sigma \vec{F}_{ext} \neq \vec{0}$.

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

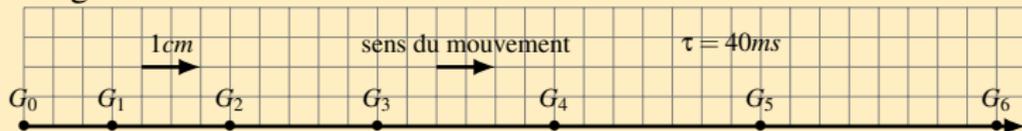
Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

3. Deuxième loi de Newton

Étude expérimentale d'un mouvement plan .

Expérience 1 :

On lance, sans vitesse initiale , un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air incliné d'un angle $\alpha = 20^\circ$ et On enregistre les positions successives de son centre d'inertie . La durée séparant deux enregistrements consécutives est constante : $\tau = 40ms$. On obtient lenregistrement suivant :



V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1. Représenter sur l'enregistrement les vecteurs vitesses \vec{V}_1 et \vec{V}_4 , en choisissant une échelle convenable .
2. Représenter au point G_3 le vecteur $\vec{V}_4 - \vec{V}_1$.
3. On déduire les caractéristiques du vecteur accélération \vec{a}_3

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Expérience 2 :

La table à coussin d'air est horizontale et on lance le mobile autoporteur relié à un point fixe O de la table par l'intermédiaire d'un ressort de raideur k . et on enregistre le mouvement de son centre d'inertie G .

Données :

la masse de l'autoporteur $M = 712,4g$

la longueur initiale du ressort : $l_0 = 7,5cm$

Le raideur du ressort : $k = 12N/m$

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

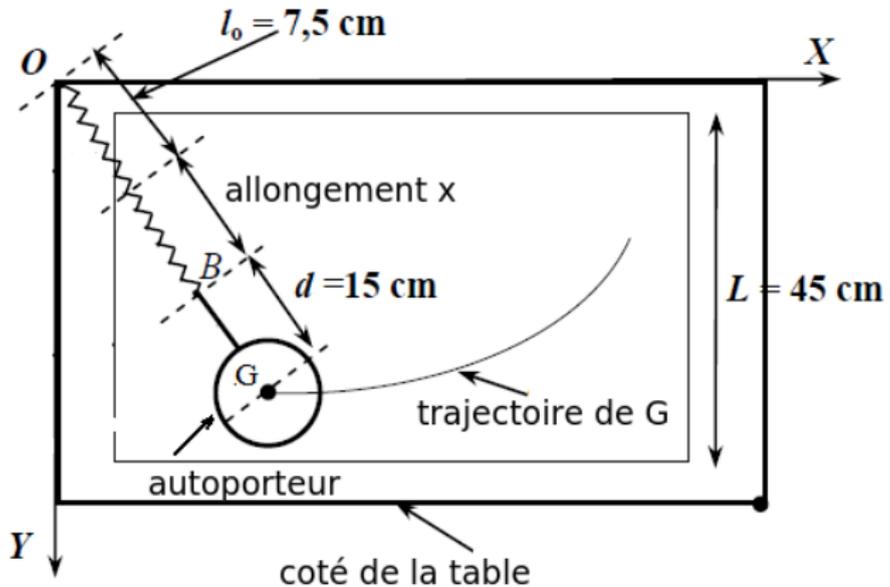
Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .



V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1. Représenter les deux vecteurs vitesses \vec{V}_5 et \vec{V}_7 en choisissant une échelle convenable .
2. Représenter au point G_6 le vecteur $\Delta\vec{V}_G = \vec{V}_5 - \vec{V}_7$.
3. On déduire les caractéristiques du vecteur accélération \vec{a}_6 .
4. Donner le bilan des forces agissantes sur l'autoporteur . Déterminer les caractéristiques de $\Sigma\vec{F}_{ext}$ et le comparer avec \vec{a}_6 . Conclusion .

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

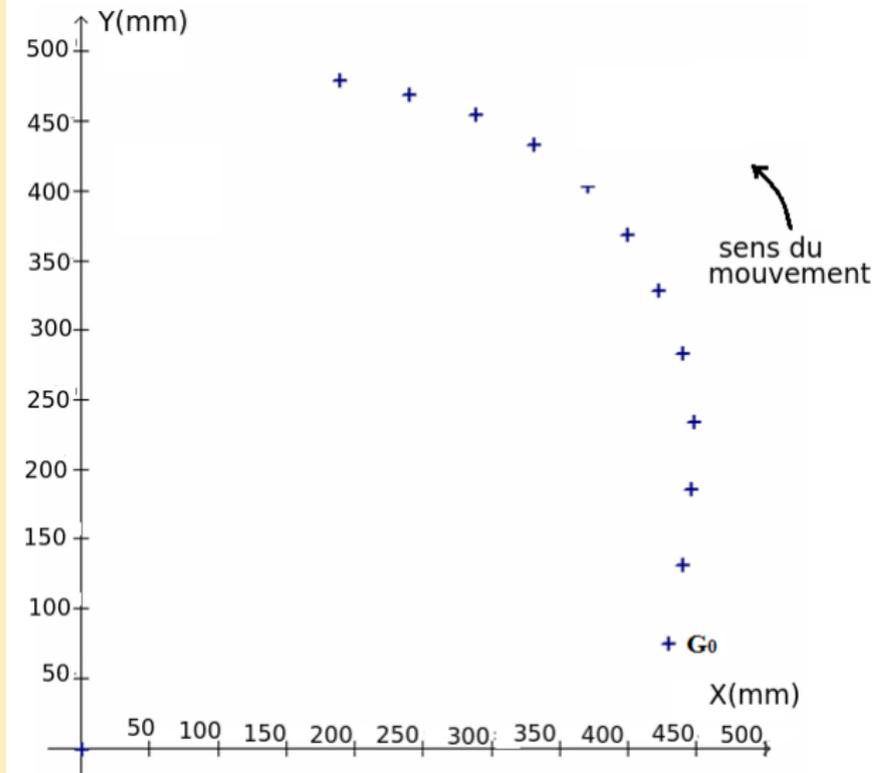
Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .



V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Énoncé de la loi :

Dans un référentiel Galiléen , la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide est égale au produit de la masse du solide par le vecteur accélération de son centre d'inertie .

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Remarque :

Les lois de Newton ne sont valables que des des référentiels Galiléens .

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Application 6

Un manège décrit un mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe dans un repère terrestre \mathcal{R}_0 . Soit un repère \mathcal{R}' lié au manège . Pour un système (enfant, chaise) fixe au manège par un câble qui reste tendu au cours du mouvement de rotation de l'ensemble.

1. Donner le bilan des forces extérieures agissant sur le système (enfant , chaise) .
2. en appliquant la seconde loi de Newton dans le référentiel \mathcal{R}_0 , écrire une relation vectorielle entre les vecteurs forces extérieures et le vecteur accélération \vec{a} .
3. Cette relation reste-t-elle valable dans \mathcal{R}' ? .

V. Les lois de Newton

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

4. Troisième loi de Newton

Énoncé de la loi : le principe d'interaction .

Lorsque le corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$, alors le corps B exerce sur A la force $\vec{F}_{B/A}$.

Que les corps soient au repos ou en mouvement , ces forces :

* sont opposées ; * ont le même support (droite d'action)

$$\vec{F}_{A/B} + \vec{F}_{B/A} = \vec{0}$$

Cette loi est appliquée pour des forces de contacts que des forces à distance .

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Dans cette application, on considère que la masse du solide est concentrée dans son centre d'inertie et la résistance de l'air est considérée négligeable.

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1. Mouvement d'un solide sur un plan horizontal :

On considère un solide (S) de masse $m = 80\text{kg}$ et de centre d'inertie G posé sur un plan horizontal.

On applique sur le solide une force constante \vec{F} de ligne d'action parallèle au plan . Le solide glisse alors sur un le plan horizontal , le contact entre (S) et le plan se fait avec frottement qui sont assimilées à une force unique \vec{f} , constante , parallèle au plan horizontal .

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-accelération

Les lois de Newton

Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Étude dynamique du mouvement du solide :

☞ Système étudié : (le solide) assimilé à son centre d'inertie G .

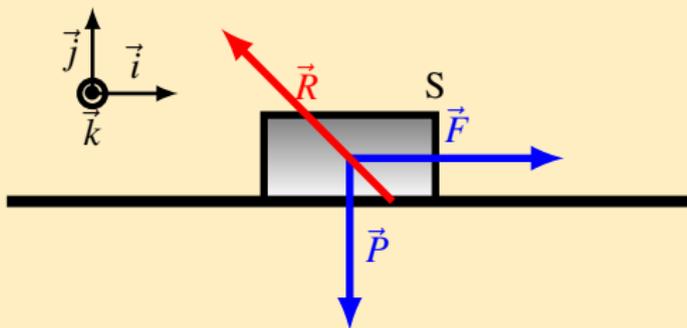
☞ Repère : $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ lié au référentiel terrestre .

☞ Bilan des forces extérieures agissant sur le solide ;

* \vec{P} le poids du solide

* \vec{R} Force exercée par le plan horizontal ;

* \vec{F} force de traction ;



VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

En appliquant la deuxième loi de Newton dans le référentiel \mathcal{R} , écrire une relation vectorielle entre les forces agissantes sur S et le vecteur accélération \vec{a} .

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

En projetant cette relation sur les deux axes , déterminer une relation entre l'accélération a , f , m et F .

Sur l'axe Ox

$$P_x + R_x + F_x = m \cdot a_x$$

$$0 - f + F = m \cdot a_x$$

d'où

$$a_x = \frac{F - f}{m} = Cte$$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

Puisque a_x est constante , le mouvement de G est **rectiligne uniformément varié** .

Déterminer la norme de la réaction du plan horizontal sur le solide .

On sait que $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ avec $R_x = -f$. Pour déterminer R_y on projette la relation vectorielle sur l'axe Oy : $P_y + R_y + F_y = 0$ et

$$-mg + R_N + 0 = 0$$

$$R_N = mg$$

Donc

$$R = \sqrt{(mg)^2 + f^2}$$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

2. Mouvement d'un solide sur un plan incliné

Un solide (S) de masse $m = 80\text{kg}$ et de centre d'inertie G est posé sur un plan incliné (P) d'un angle $\alpha = 12,0^\circ$ par rapport à la ligne horizontale . On applique sur (S) à l'aide d'un câble , une force constante \vec{F} de direction parallèle à la ligne de plus grande pente du plan incliné . Le solide glisse alors sur le plan (P) , l'accélération de son mouvement est $a_x = a = 2,00\text{m/s}^2$.

Les deux composantes, tangentielle et normale de la force \vec{R} exercée par le plan (P) sur le solide sont liées par la relation $R_T = 0,25R_N$.

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

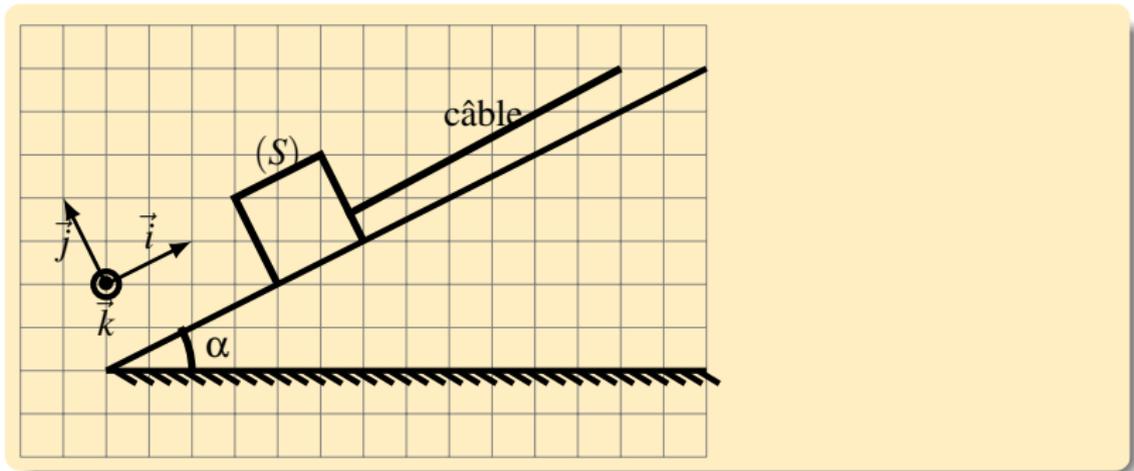
Notions préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-accelération

Les lois de Newton

Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .



VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

① 1. Calculer la valeur de R_N , en déduire la valeur de R_T .

② Système étudié : {Solide (S)}

Forces extérieures agissant sur le solide ;

* \vec{P} le poids du solide

* \vec{R} Force exercée par le plan horizontal ;

* \vec{F} force de traction ;

D'après le deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$.

On projette la relation sur l'axe Oy : $-mg\cos\alpha + R_N = 0$

$$R_N = mg\cos\alpha$$

$$R_N = 767N$$

D'où $R_T = 0,25R_N = 192N$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

❶ 1. Calculer la valeur de R_N , en déduire la valeur de R_T .

❷ Système étudié : {Solide (S)}

Forces extérieures agissant sur le solide ;

* \vec{P} le poids du solide

* \vec{R} Force exercée par le plan horizontal ;

* \vec{F} force de traction ;

D'après le deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$.

On projette la relation sur l'axe Oy : $-mg\cos\alpha + R_N = 0$

$$R_N = mg\cos\alpha$$

$$R_N = 767N$$

D'où $R_T = 0,25R_N = 192N$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

❶ 1. Calculer la valeur de R_N , en déduire la valeur de R_T .

❷ Système étudié : {Solide (S)}

Forces extérieures agissant sur le solide ;

* \vec{P} le poids du solide

* \vec{R} Force exercée par le plan horizontal ;

* \vec{F} force de traction ;

D'après le deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$.

On projette la relation sur l'axe Oy : $-mg\cos\alpha + R_N = 0$

$$R_N = mg\cos\alpha$$

$$R_N = 767N$$

D'où $R_T = 0,25R_N = 192N$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

① 2. Calculer l'intensité F .

② On projette la relation sur l'axe Ox :

$$-mgsin\alpha + R_T + F = m.a$$

$$F = m.a + R_T + mgsin\alpha$$

$$F = 512N$$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

1 2. Calculer l'intensité F .

2 On projette la relation sur l'axe Ox :

$$-mgsin\alpha + R_T + F = m.a$$

$$F = m.a + R_T + mgsin\alpha$$

$$F = 512N$$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de
Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions
préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-
accélération

Les lois de Newton

Application :
mouvement d'un
corps solide sur
un plan horizontal
et sur un plan
incliné .

❶ 2. Calculer l'intensité F .

❷ On projette la relation sur l'axe Ox :

$$-mgsin\alpha + R_T + F = m.a$$

$$F = m.a + R_T + mgsin\alpha$$

$$F = 512N$$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-accelération

Les lois de Newton

Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

① 3. Établir l'équation horaire du mouvement relative à l'abscisse $x(t)$ du point G sachant qu' à l'origine des dates G démarre de l'origine O sans vitesse initiale .

② L'accélération du mouvement est constante ; l'équation différentielle

$$\ddot{x} = 2$$

$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot t^2 + v_0 t + x_0$$

Les conditions initiales : à $t = 0$ on a $x = 0$ et $v = 0$ d'où $x_0 = 0$ et $v_0 = 0$

d'où l'équation horaire du mouvement :

$$x(t) = t^2$$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-accelération

Les lois de Newton

Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

❶ 3. Établir l'équation horaire du mouvement relative à l'abscisse $x(t)$ du point G sachant qu' à l'origine des dates G démarre de l'origine O sans vitesse initiale .

❷ L'accélération du mouvement est constante ; l'équation différentielle

$$\ddot{x} = 2$$

$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot t^2 + v_0 t + x_0$$

Les conditions initiales : à $t = 0$ on a $x = 0$ et $v = 0$ d'où $x_0 = 0$ et $v_0 = 0$

d'où l'équation horaire du mouvement :

$$x(t) = t^2$$

VI. Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

Les lois de Newton

allal Mahdade

Introduction

Notions préliminaires

Vecteur vitesse

Vecteur-accelération

Les lois de Newton

Application : mouvement d'un corps solide sur un plan horizontal et sur un plan incliné .

- 1 3. Établir l'équation horaire du mouvement relative à l'abscisse $x(t)$ du point G sachant qu' à l'origine des dates G démarre de l'origine O sans vitesse initiale .
- 2 L'accélération du mouvement est constante ; l'équation différentielle

$$\ddot{x} = 2$$

$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot t^2 + v_0 t + x_0$$

Les conditions initiales : à $t = 0$ on a $x = 0$ et $v = 0$ d'où $x_0 = 0$ et $v_0 = 0$

d'où l'équation horaire du mouvement :

$$x(t) = t^2$$