THEME

PLAN INCLINE

Année académique :2024-2025

Membres du groupe numéro 7	**Chargé du cours**
ADAMAH Kouevi Joseph (LF_IS_S2)	Dr Edo AYELEH
AMEGAN koffi Séna Malson (LF_IA_S6)	**Code UE**
BAVI Kpade Junior(LF_GE_S2)	PHY1220
DOH kodjo Benjamin (LF_GM_S2)	**intitulé UE**
KPAKPO Adoudé Marette(LF_LT_S2)	Mécanique du Solide

TRAVEAU PRATIQUE : Plan incliné

Table des matières

Introduction Et Objectif De La Manipulation

L'étude des mouvements d'un corps sur un plan incliné est un classique en physique, permettant d'analysé les forces en jeu, telle que la gravité, la friction et la réaction normal. Dans cette expérience notre objectif principale est de **calculer l'accélération d'un chariot en mouvement sur un plan incliné**, en mesurant le temps qu'il met à parcourir différentes distances. Ces mesures expérimentales seront comparées aux résultats théoriques pour vérifier la validité de nos calculs.

En parallèle, nous avons étudié les chocs produits lors des collisions entre deux billes, afin d'observer l'influence des forces lors d'un impact. Les caractéristiques comme la vitesse des deux billes après le choc et le temps mit par les billes pour parcourir les plans horizontaux ont été analyser théoriquement et expérimentalement.

Le but de cette expérience est donc double : d'**une part, déterminer l'accélération du charriot à partir des temps mesurés et des principes du mouvement rectiligne uniformément accélère,** et **d'autre part explorer les phénomènes de choc entre les billes**, pour mieux comprendre les lois de conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique dans le système. Ce travaille nous permettra non seulement mieux appréhender la dynamique des corps en mouvement sur un plan incliné mais aussi d'approfondir notre compréhension des interactions lors des chocs.

Approche historique

Le plan incliné est utilisé dès l'antiquité pour observer le mouvent des objets. *Galilée,* au XVIIe siècle, l utilisa pour étudier la chute des corps et démontra que les objets tombent avec une accélération constante, quel que soit le poids. Cela a été une étape clés dans le développement de la mécanique.

Plus tard, *Isaac Newton* intégra le concept du plan incliné dans ses lois du mouvement, établissant ainsi une base théorique solide pour la compréhension des forces et des mouvements

TRAVEAU PRATIQUE : Plan incliné

1.1 Etude théorique

Dans cette section, nous allons d'abord poser les principes théoriques qui reglissent le mouvement d'un objet sur un plan incliné et les phénomènes de chocs. Nous appuierons sur les lois fondamentales de la mécanique en particulier **les lois du mouvement de Newton.**

1 .1 .1 Eude sur plan incliné (sur AB) sans les forces frottement

Un chariot de masse *m= 32.93g* se déplace le long d'un rail représentant un plan incline d'angle β= 30° , d(A,B)=AB=20cm, d(B,C)=BC=40cm

Représentation schématique du système étudie

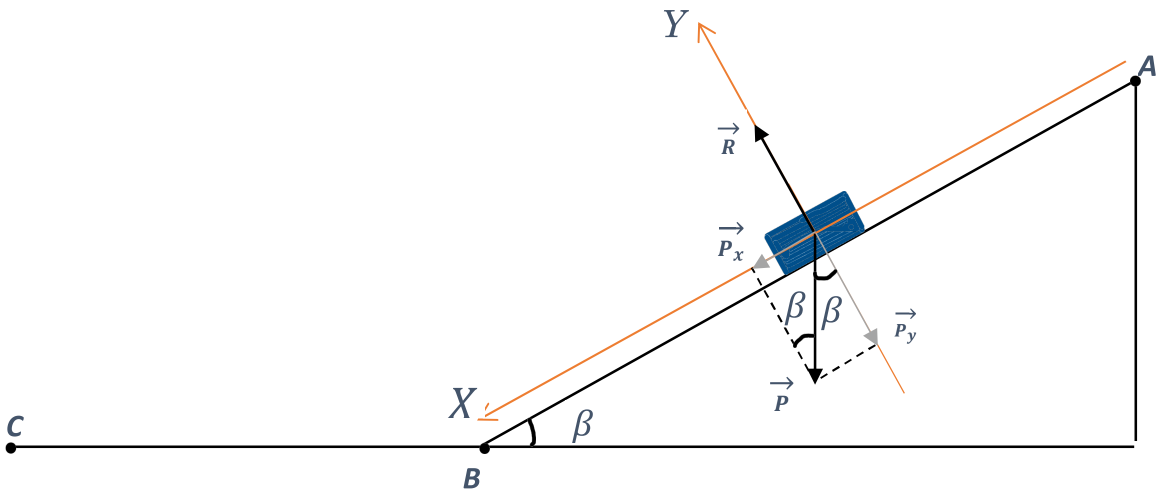

FIGURE 1 : Déplacement du chariot sur un plan incliné d'angle β= 30° sans les forces de frottements

Bilan des forces

-Poids chariot : $\vec{P}$=m$\vec{g}$;
-La réaction du plan sur le chariot : $\vec{R}$

La projection des forces sur les axes de cordonné :

$\vec{P}=\begin{cases} P_x = P\sin\beta \\ P_y = -P\cos\beta \end{cases}$ et $\vec{R}=\begin{cases} R_x = 0 \\ R_y = -P_y = P\cos\beta \end{cases}$

En appliquant le principe fondamental de la dynamique (PFD) dans (xOy) on a :

$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$ avec **m** la masse du chariot et **a** l'accélération du chariot sur le plan incliné, on a :

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

La projection des forces et l'accélération sur les axes de coordonné c est à dire sur (OX) et sur (OY) on a :

$$\begin{cases} P\sin\beta + 0 = ma \ (suivant\ OX) \\ -P\cos\beta + R = 0\ (suivant\ OY) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ma = P\sin\beta & (1) \\ R = P\cos\beta & (2) \end{cases}$$

En explicitant (1) ça nous donne ma= $mg\sin\beta$ donc $\boxed{\mathbf{a=gsin}\,\boldsymbol{\beta}}$

L'application numérique

a = 9.8 × $\sin\beta = \frac{9.8}{2}$ ⇒ $\boxed{\mathbf{a=4.9m}\,/\boldsymbol{m^2}}$

1.1.2 Equation de la trajectoire sur AB

L'accélération du chariot étant positive et constante on conclut que le chariot a un mouvement **rectiligne uniformément accéléré** . alors l'équation générale de la trajectoire en fonction du temp est donné par

$\mathbf{X(t)} = \frac{1}{2}\boldsymbol{at^2} + \boldsymbol{V_0 t} + \boldsymbol{X_0}$

Avec V_0 la vitesse initiale de l'objet et X_0=X(t=0) l'emplacement de l'objet a t=0 ; prenons comme origine des temps et de l espace le point A alors $\boldsymbol{V_0} = \mathbf{0}$ et $\boldsymbol{X_0} = \mathbf{0}$. L'équation du chariot sur le plan incliné est réduite à X(t) = $\frac{1}{2}at^2$ donc :

$$\mathbf{X(t)} = \frac{1}{2}\boldsymbol{g}\,\mathbf{sin}\,\boldsymbol{\beta}\,\boldsymbol{t^2} \qquad \mathbf{(3)}$$

En remplaçant la valeur de a trouver on a X(t) = $\frac{1}{2}4.9t^2$ au final l'expression réduite de la trajectoire sur le plan incliné est :

$$\mathbf{X(t)=2\ .45}\boldsymbol{t^2} \qquad \mathbf{(4)}$$

La vitesse d'un objet étant le dérivé de l'équation de sa trajectoire on peut écrire V(t) $= \frac{dX(t)}{dt}$ et l'équation (3) nous permets d'écrire V(t) = $\frac{d(\frac{1}{2}g\sin\beta t^2)}{dt}$ d'où la vitesse du chariot est V(t) = $(g\sin\beta)$ t + V_0 , V_0 étant nul alors :

$$\mathbf{V(t)} = (\boldsymbol{g}\,\mathbf{sin}\,\boldsymbol{\beta})\,\mathbf{t} \qquad \mathbf{(5)}$$

Remplaçons la valeur de $g\sin\beta$ dans (5) on a alors **V(t)=4.9t**

1.1.3 Durée du chariot sur AB

Soit T_{AB} la durée parcourue par le chariot sur AB en remplaçant T_{AB} et la distance AB dans (3) on a :

$$\mathrm{AB} = \frac{1}{2} g \sin\beta \, (T_{AB})^2 \;\Rightarrow\; {T_{AB}}^2 = \frac{2AB}{g\sin\beta}$$

$$\Rightarrow\; T_{AB} = \sqrt{\frac{2AB}{g\sin\beta}}$$

la duré du chariot sur le plan incliné d'angle β= 30° et de longueur d(A,B)=AB=20cm, est :

$$\boldsymbol{T_{AB} = \sqrt{\frac{2AB}{g\sin\beta}}} \qquad \textbf{(8)}$$

L'application numérique avec les valeurs de AB de g=9.8m/s^2 et de $\sin\beta$ nous donne T_{AB}=$\sqrt{\frac{2\times0.2\times2}{9.8}}$ **=** 0 .29s

Le chariot prend 0,29 second pour parcourir AB c'est à dire avant d'atteindre le point B en partant de A avec une vitesse nul.

1.1.4 Eude sur le plan Horizontal (sur BC) sans les forces de frottement

A présent le même chariot (de masse m=32.93g) se deplace sur le plan horizontal de distance d(B,C)=BC=40cm

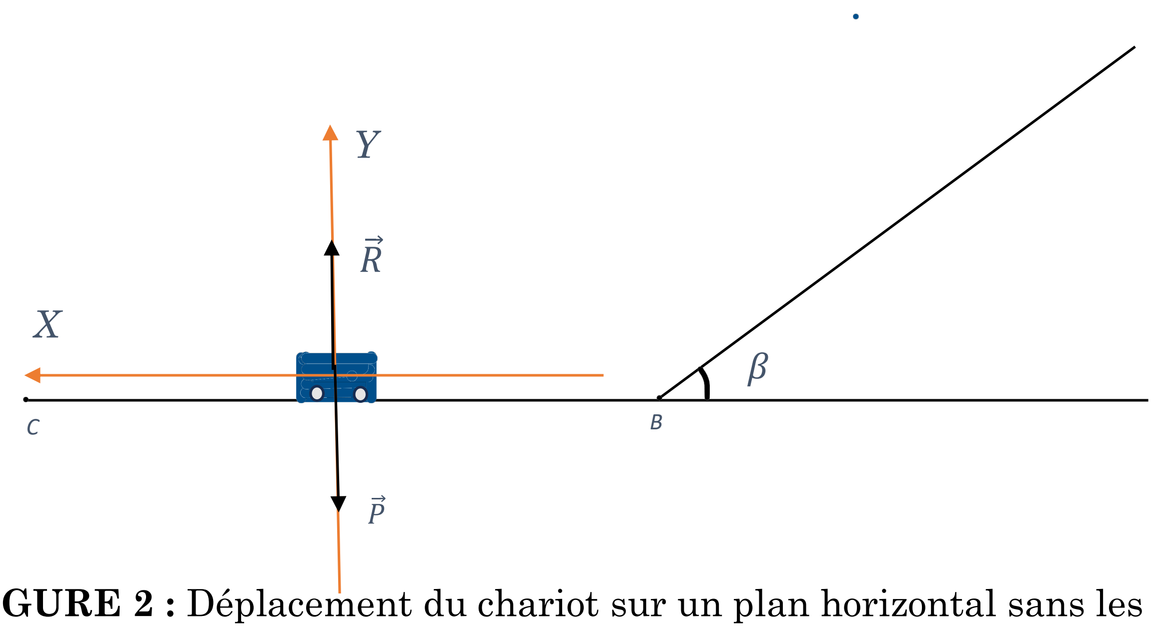

FIGURE 2 : Déplacement du chariot sur un plan horizontal sans les forces de frottements

Bilan des forces

-Poids chariot : $\vec{P}$=m$\vec{g}$

-La réaction du plan sur le chariot : $\vec{R}$=$\overrightarrow{P_y}$

La projection des forces sur les axes des cordonnés **:**

$\vec{P}$=$\begin{cases} P_x = 0 \\ P_y = -P \end{cases}$ et $\vec{R}$=$\begin{cases} R_x = 0 \\ R_y = -P_y = P \end{cases}$

En appliquant le principe fondamental de la dynamique (PFD) on a

$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a} \quad \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

Donc $\begin{cases} 0 + 0 = ma \quad (suivant\ (0X)) \\ -P + R = 0 \quad (suivant\ OY) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0 \\ P = R = mg \end{cases}$

La projection des forces sur les axes de coordonné nous montre que l'accélération du chariot sur le plan horizontal (BC) est nul **a = 0**

1.1.5 Equation de la trajectoire du chariot sur BC

L'équation générale de la trajectoire étant donné par $\mathbf{X(t)} = \frac{1}{2}\boldsymbol{at^2} + \boldsymbol{V_0 t} + \boldsymbol{X_0}$ alors on peut déterminé l'équation de la trajectoire en remplaçant la valeur de a, V_0 et de X_0 dans l'équation générale**.** Dans cette partie considérons l'origine des temps et de l espace comme le chariot au point B, alors $\boldsymbol{X_0} = \mathbf{0}$ et $\boldsymbol{V_0} = \boldsymbol{V_B}$ **.**

L'équation du chariot sur BC revient à :

$$\mathbf{X(t)}=\boldsymbol{V_B t} \qquad \mathbf{(9)}$$

D'après (5) on peut écrire que :

$$\boldsymbol{V_B}= (\mathbf{g}\sin\boldsymbol{\beta})\, \boldsymbol{T_{AB}} \qquad \mathbf{(10)}$$

L'application numérique donne $\boldsymbol{V_B}$**= 1.42m /s** et **X(t) = 1.42t**

REMARQUE

Nous pouvons déterminé la vitesse en B en appliquant TEC (théorème d'Energie cinétique) sur la portion AB(plan incliné) . En appliquant *TEC* sur AB on a :

$$\frac{1}{2}mV^2{}_B - \frac{1}{2}mV^2{}_A = \sum \overrightarrow{W}_{Fext} \Rightarrow \frac{1}{2}mV^2{}_A - \frac{1}{2}mV^2{}_B = \overrightarrow{W}_P + \overrightarrow{W}_R$$

Or $V_A = V_0 = 0$ et $\overrightarrow{W_R} = \vec{0}$ (puisque $\vec{R} \perp$ (AB)) donc
$\frac{1}{2}mV^2{}_B$ = m × g ×H (avec H=AB × g × sin β) ⇒ $V^2{}_B$= 2×AB×sin β

$$\Rightarrow \boldsymbol{V_B = \sqrt{2 \times AB \times \sin\beta}}$$

L'application numérique donne la même chose que l'équation (10) c'est à dire 1.42 mètre par second

1 .1.6 Durée du chariot sur BC

La distance BC étant égale à 40cm on peut déterminer facilement la durée du chariot sur BC en remplaçant cette valeur dans l'équation (9). Soit T_{BC} . T_{BC} dans (9) nous donne BC = $V_B T_{BC}$ d ou :

$$\boldsymbol{T_{BC} = \frac{BC}{V_B}} \qquad \textbf{(11)}$$

L'application numérique nous donne $\boldsymbol{T_{BC}}$ **= 0.28s**

1.1.7 Etude sur plan incliné Etude avec frottement

Le chariot de masse m= 32.93g se déplace le long d'un rail représentant un plan incline d'angle β= 30° sur lequel existe des forces de frottement f, d(A,B)=AB=20cm

Bilan des forces

- Le poids du chariot :$\vec{P}$=m$\vec{g}$
- La réaction du plan sur le chariot : $\vec{R}$=-$\overrightarrow{P_y}$
- Les forces de frottement : $\vec{f}$

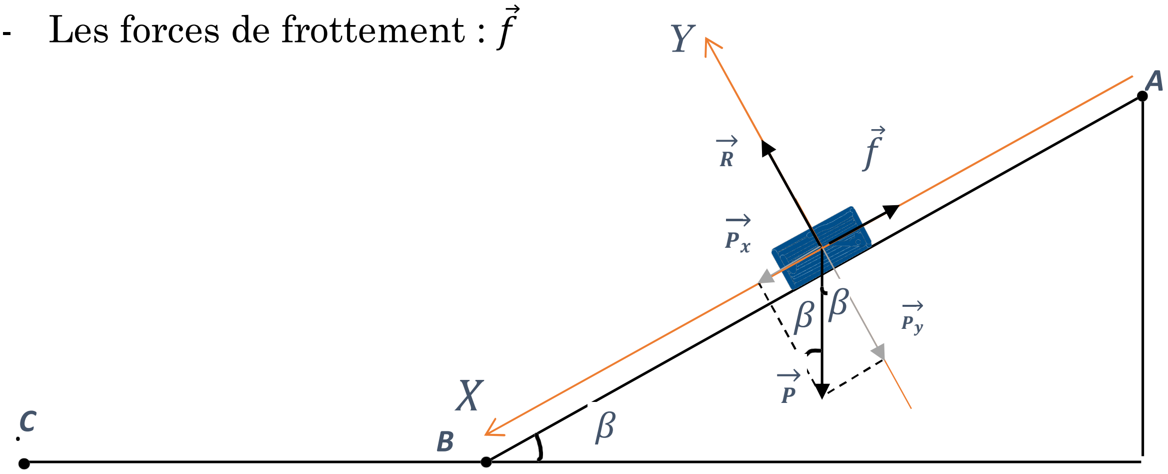

FIGURE 3 : Déplacement du chariot sur un plan incliné d'angle β=30° où existe les forces de frottements

La projection des forces sur les axes de cordonné :

$\vec{P}=\begin{cases} P_x = P\sin\beta \\ P_y = -P\cos\beta \end{cases}$ $\vec{R}=\begin{cases} R_x = 0 \\ R_y = -P_y = P\cos\beta \end{cases}$ et $\vec{f}=\begin{cases} f_x = -f \\ f_y = 0 \end{cases}$

L'application du principe fondamentale dans (XOY) nous donne

$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$

$\vec{P} + \vec{f} + \vec{R} = m\vec{a}$

En projetant sur les axes (OX) et (OY) on a :

$\begin{cases} P\sin\beta + 0 - f = ma \quad (suivant\ OX)\ (I) \\ -P\cos\beta + R = 0 \qquad (suivant\ OY)\ (II) \end{cases}$

Selon (I) on a :

$$P\sin\beta + 0 - f = ma \Rightarrow \mathrm{mg}\sin\beta - f = ma$$

L'accélération du chariot sur le plan incliné en existence des forces de frottement est donc :

$$\mathbf{a = g}\sin\boldsymbol{\beta} - \frac{\boldsymbol{f}}{\boldsymbol{m}} \qquad \mathbf{(12)}$$

1.1.8 Equation de la trajectoire du chariot sur AB

L'équation (12) nous montre qu'a est une constante car f est constante de même de l'autre paramètre alors on est en présence d'un mouvement uniformément variée donc L'équation générale de la trajectoire est donnée par $\mathbf{X(t)} = \frac{1}{2}\boldsymbol{a}\boldsymbol{t}^2 + \boldsymbol{V_0}\boldsymbol{t} + \boldsymbol{X_0}$. Prenons comme origine des temps et de l'espace la position du chariot en A alors on a V_0= 0 et X_0= 0 alors l'équation de la trajectoire du chariot est donnée par :

$$\mathbf{X(t)} = \frac{1}{2}(\mathbf{g}\sin\boldsymbol{\beta} - \frac{\boldsymbol{f}}{\boldsymbol{m}})\boldsymbol{t}^2 \qquad \mathbf{(13)}$$

L'équation (13) nous permets de trouver la vites en fonction du temps en utilisant la relation qui lie la vitesse et la trajectoire $\mathrm{V(t)} = \frac{dX(t)}{dt}$;

$\mathrm{V(t)} = \frac{d(\frac{1}{2}(\mathrm{g}\sin\beta - \frac{f}{m})t^2)}{dt}$ alors la vitesse du chariot sur le plan incliné en présence des forces de frottement est :

$$\mathbf{V(t)} = (\mathbf{g}\sin\boldsymbol{\beta} - \frac{\boldsymbol{f}}{\boldsymbol{m}})\boldsymbol{t} \qquad (14)$$

REMARQUE

Ici nous ne pouvons pas conclure si le mouvement est accéléré ou décélérer car tout dépend de la valeur de f;mais nous pouvons distingue les cas

- $a < 0$

  $a < 0 \Rightarrow (g\sin\beta - \frac{f}{m}) < 0$

  $\frac{f}{m} > g\sin\beta \Rightarrow f > m\,g\sin\beta$

  Si $f > m\,g\sin\beta$ alors $a < 0$ et on est en présence du Mouvement rectiligne uniformément décéléré
- $a > 0$

  $a > 0 \Rightarrow (g\sin\beta - \frac{f}{m}) > 0$

  $\frac{f}{m} < g\sin\beta \Rightarrow f < m\,g\sin\beta$

  Si $f < m\,g\sin\beta$ alors $a > 0$ et on est en présence du Mouvement rectiligne uniformément accéléré
- $a = 0$

  $a = 0 \Rightarrow (g\sin\beta - \frac{f}{m}) = 0$

  $\frac{f}{m} = g\sin\beta \Rightarrow f = m\,g\sin\beta$

  Si $f = m\,g\sin\beta$ alors $a = 0$ et on est en présence du Mouvement rectiligne uniforme

  En distinguant les cas on a :

  Cas1 : $f > \mathbf{m\,g\sin\boldsymbol{\beta}}$ alors $a < 0$ on a mouvement rectiligne décéléré

  Cas2 : $f < \mathbf{m\,g\sin\boldsymbol{\beta}}$ alors $a > 0$ on a mouvement rectiligne accéléré

  Cas3 : $f = \mathbf{m\,g\sin\boldsymbol{\beta}}$ alors $a = 0$ on a mouvement rectiligne uniforme

1.1.9 Durée du chariot sur BC

D'après l'équation (13) on peut écrire : $AB = \frac{1}{2}(g\sin\beta - \frac{f}{m})T^2$

Avec T la durée du chariot sur AB en présence des forces de frottements

$AB = \frac{1}{2}(g\sin\beta - \frac{f}{m})T^2 \Rightarrow T^2 = \frac{2\times AB}{g\sin\beta - \frac{f}{m}}$

Au final la durée du chariot est donnée par :

$$\boldsymbol{T} = \sqrt{\frac{2\times \boldsymbol{AB}}{\mathbf{g}\sin\boldsymbol{\beta} - \frac{\boldsymbol{f}}{\boldsymbol{m}}}} \qquad \textbf{(15)}$$

1.1.10 Eude sur plan Horizontal avec les frottements (sur BC)

A présent le chariot roule sur le plan horizontal ou règne des forces de fortement f

Bilan des forces

- Le poids du chariot :$\vec{P}$=m$\vec{g}$
- La réaction du plan sur le chariot : $\vec{R}$=$\overrightarrow{P_y}$
- Les forces de frottement : $\vec{f}$

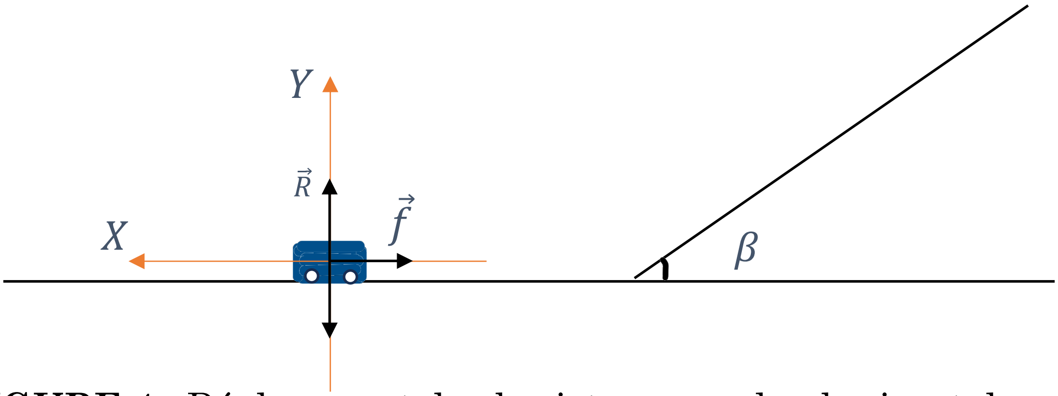

FIGURE 4 : Déplacement du chariot sur un plan horizontal en présence des forces de frottements

Suivons les mêmes procédures que celle de

La projection des forces sur les axes de cordonné :

$\vec{P}$=$\begin{cases}\overrightarrow{P_x} = 0\\ \overrightarrow{P_y} = P\end{cases}$ $\vec{R}$=$\begin{cases}\overrightarrow{R_x} = 0\\ \overrightarrow{R_y} = P\end{cases}$ et $\vec{P}$=$\begin{cases}\overrightarrow{f_x} = -f\\ \overrightarrow{f_y} = 0\end{cases}$

L'application du principe fondamentale dans (XOY) nous donne

$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$

$\vec{P} + \vec{f} + \vec{R}$=$m\vec{a}$

En projetant sur les axes (OX) et (OY) on a :

$\begin{cases}0 - f = ma \quad (suivant\ OX)\ (I)\\ P - R = 0 \qquad (suivant\ OY)\ (II)\end{cases}$

Selon (I) on a :

$$0 - f = ma \Rightarrow -f = ma$$

L'accélération du chariot sur le plan incliné en existence des forces de frottement est donc

$$\mathbf{a} = -\frac{f}{m} \qquad \textbf{(16)}$$

1.1.11 Equation de la trajectoire du chariot sur BC

L'accélération du chariot sur BC est constante (car f et m sont constant) et inferieur a zéro alors on conclut que la nature du mouvement du chariot sur la portion BC est : mouvement rectiligne uniformément décéléré.

Considérons B comme l'origine des temps et d'espace. Avec l'équations (16) on peut déduire facilement l'équation de la trajectoire $X(t) = \frac{1}{2}(-\frac{f}{m})t^2 + V_B t$

Pour déterminer V_B il suffit seulement de remplacer (15) dans (14) alors on a $V_B = (g\sin\beta - \frac{f}{m})\sqrt{\frac{2\times AB}{g\sin\beta \; \frac{f}{m}}} = \sqrt{2\times AB\times\; (g\sin\beta - \frac{f}{m})}$ donc l équations de la trajectoire et de la vitesse en fonction du temps revient à :

$$\mathbf{X(t)} = \frac{1}{2}(-\frac{f}{m})t^2 + t\sqrt{2\times AB\times\; (g\sin\beta - \frac{f}{m})} \qquad \textbf{(17)}$$

$$\mathbf{V(t)} = (-\frac{f}{m})t + \sqrt{2\times AB\times\; (g\sin\beta - \frac{f}{m})} \qquad (18)$$

1.1.12 Durée du chariot sur BC

Comme le mouvement du chariot est uniformément décéléré alors a un certain moment le chariot s'arrête ; déterrons la durée au bout de laquelle il s'arrête et comparons la distance qu' il a parcouru avant de s arrêté est BC. Soit T' cette durée on sait que $V(T') = 0$ alors $(-\frac{f}{m})T' + \sqrt{2\times AB\times\; \left(g\sin\beta - \frac{f}{m}\right)} = 0 \Rightarrow \left(\frac{f}{m}\right)T' = \sqrt{2\times AB\times\; (g\sin\beta - \frac{f}{m})}$

La durée qu'a mit le chariot avant de s arrêté est :

$$\boldsymbol{T'} = \frac{m\sqrt{2\times AB\times\,(g\sin\beta - \frac{f}{m})}}{f} \qquad \textbf{(19)}$$

1.1.13 Etudes du choc élastique

Dans cette expérience, nous cherchons à analyser le choc élastique entre deux billes, en absence de frottement, afin d'observer les effets

de la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique.
Expérience :
Deux billes, B1 et B2, de masses respectives $\mathbf{m_1 = 5.29g}$ et $\mathbf{m_2 = 16.7\ g}$ sont utilisé. La bille B1 est initialement placée au point A en haut d'un plan incliné sans frottement. Elle est lâchée **sans vitesse initiale** et descend librement sous l'effet de la gravité. La bille **B2 est immobile au point B**, situé plus bas sur le même plan incliné. Lorsque B1 atteint B, un choc élastique se produit entre les deux billes. La piste située après le point B, notée BC, est également sans frottement, permettant d'observer le mouvement post-collision sans pertes d'énergie dues à la résistance.

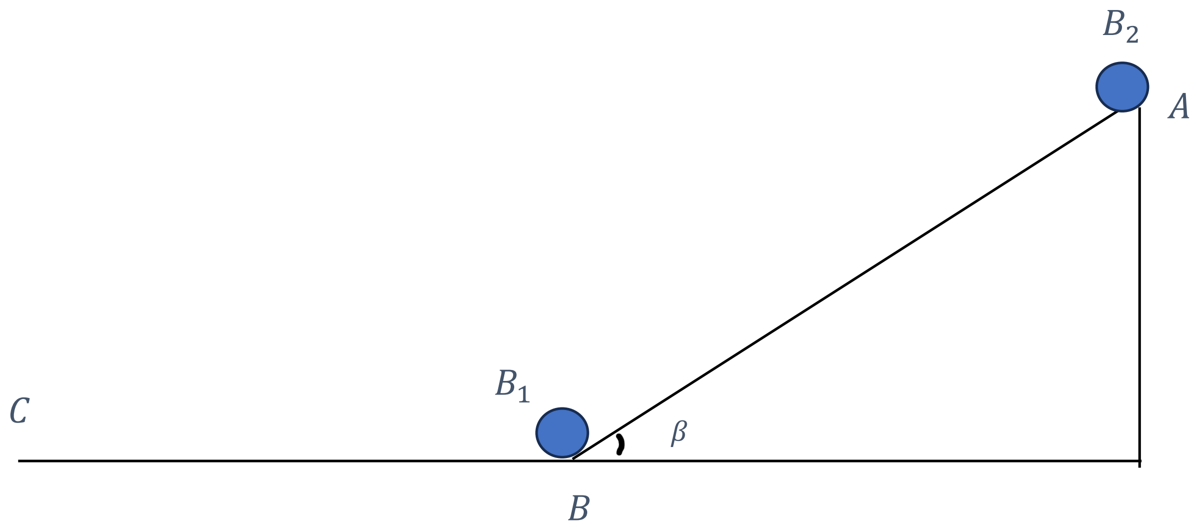

FIGURE 4 : les deux billes B_1 de masse m_1 et B_2 de masse m_2 sur le plan incliné d'angle β

Etude du choc

Soit v_1 et v_2 la vitesse respective de la boule B_1 et B_2 juste avant le choc. Avant le choc la bille B_2 est au repos au point B donc $v_1 = 0$,le choc a lieu au point B donc juste avant le choc B_2 se retrouve en B alors $v_2 = \mathrm{V_B}$ et d'après (10) $v_2 = (\mathrm{g} \sin\beta)\, T_{AB} = 1.42\mathrm{m/s}$.
Soit v'_1 et v'_2 la vitesse respective des bille B_1 et B_2 avant le choc.
D'après la loi de conservation du quantité du mouvement on a :

$$P_{avant} = P_{apre} \Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_1 v'_2$$
$$\Rightarrow m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$
$$\Rightarrow m_2(v_2 - v'_2) = m_1 v'_1 \qquad \text{(a)}$$

Et d'après la loi de conservation de l'energie cinétique on a :

$EC_{avant} = \ EC_{apres} \Longrightarrow \frac{1}{2}m_1{v_1}^2 + \frac{1}{2}m_2{v_2}^2 = \frac{1}{2}m_1{v'_1}^2 + \frac{1}{2}m_2{v'_2}^2$

Donc $m_2{v_2}^2 = m_1{v'_1}^2 + m_2{v'_2}^2 \Longrightarrow m_2{v_2}^2 - m_1{v'_2}^2 = m_1{v'_1}^2$

$$\Longrightarrow m_2({v_2}^2 - {v'_2}^2) = m_1{v'_1}^2 \qquad \text{(b)}$$

$\frac{(b)}{(a)} \Leftrightarrow \ v_2 + v'_2 = v'_1 \Longrightarrow v'_2 = v'_1 - v_2$

En remplaçant v'_2 dans (a) on a :

$m_2(v_2 - (v'_1 - v_2)) = m_1 v'_1 \Longrightarrow m_2(2v_2 - v'_1) = \ m_1 v'_1$

$$\Longrightarrow v'_1(m_1 + m_2) = \ 2m_2 v_2$$

$$\Longrightarrow v'_1 = \frac{2m_2v_2}{m_1+m_2}$$

La vitesse de la bille B_1 après le choc est donné par

$$\boldsymbol{v'_1 = \frac{2m_2v_2}{m_1+m_2}} \qquad \textbf{(20)}$$

Avec $v_2 =$ (g sin β) T_{AB} = 1.42m/s.

En remplaçant v'_1 dans (a) on a :

$$m_2(v_2 - v'_2) = m_1\frac{2m_2v_2}{m_1+m_2} \Longrightarrow m_2v'_2 = m_2v_2 - \frac{2m_2m_1v_2}{m_1+m_2}$$

$$\Longrightarrow v'_2 = v_2(\frac{m_1+m_2-2m_1}{m_1+m_2})$$

La vitesse de la bille B_2 après le choc est donné par :

$$\boldsymbol{v'_2 = v_2(\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2})} \qquad \textbf{(21)}$$

Application numérique nous donne : $\boldsymbol{v'_1 = 2.17m/s}$ et $\boldsymbol{v'_2}$= 0.74m/s

Après le choc les deux billes se retrouve sur le plan horizontal sans frottement. A l'aide de l'équation (9) on peut déterminé l'équation horaire de chacun des bille sur le plan horizontal

$$\begin{cases} \mathbf{X(t)} = \boldsymbol{tv'_1} & \text{(pour } B_1\text{)} \\ \mathbf{X(t)} = \boldsymbol{tv'_2} & \text{(pour } B_2\text{)} \end{cases}$$

Et a l'aide de l'équation on détermine la durée de chacun de bille sur BC après le choc

$$\begin{cases} \boldsymbol{T_{BC1} = \frac{BC}{v'_1}} & \text{(pour } B_1\text{)} \\ \boldsymbol{T_{BC2} = \frac{BC}{v'_2}} & \text{(pour } B_2\text{)} \end{cases}$$

L'application numérique $\boldsymbol{T_{BC1}}$ =0.18s et $\boldsymbol{T_{BC2}}$ =0.54s

1 .2 Etude expérimental

Liste des matériels

Le matériel utilisé est composé :

- Un rail monté sur un plan incliné d'un angle β
- Un chariot de masse (m) pouvant se mouvoir sur le rail ;
- Deux boule l une B1 de masse $\mathbf{m_1 = 5.29g}$ et B1 l'autre m_2 **= 16.7**g
- Un tapi grisé pouvant crée des frottements le long du trajet
- Une règle graduée ;
- Un chronomètre afin de mesurer le temps

Manipulation

Pour la réalisation de l'expérience, on procède de la manière suivante :

Étape 1 : en utilisant une règle graduée, on fixe la distance x (en cm) à parcourir par le chariot,
Étape 2 : en utilisant un rapporteur, on incline le rail d'un angle $\beta = 30$

Étape 3 : par le moyen d'un chronomètre, on mesure le temps t (en s) pris par le chariot pour parcourir la distance x. (soit AB soit BC)

NB : On prendra $\Delta t = 0{,}2$ s, et $\Delta x = 0{,}001$ m

FIGURE 5 : réalisation expérimentale du plan incliné

1.2.1 Etude sur plan incliné sans frottement

Sur le plan incline on laisse le chariot sans vitesse initiale et on mesure la durée qu'il met avant d'atteindre le point B. Dans le tableau si dessous on a la durée mesurée du chariot en **second** à l'aide du chronomètre :

TRAVEAU PRATIQUE : Plan incliné

Étudiant	Essaie 1	Essaie 2	Essaie 3	Essaie 4
Joseph	0.24	0.21	0.27	0.29
Junior	0.27	0.27	0.25	0.20
Benjamin	0.23	0.25	0.21	0.30
Mariette	0.24	0.30	0.22	0.25
Malson	0.20	0.19	0 .21	0.24
moyenne	0.236	0.244	0.232	0.256

TABLEAU 1 : tableau montrant le temps relevé par les diffèrent étudiants

Interprétation des résultats

D'après l'équation (3) on a X=$\frac{1}{2}$at^2 ; posons X= $g(a,t) = \frac{1}{2}$at^2 pour faciliter les calcule appliquons la fonction ln a chaque membre alors on a :

Ln(X)=Ln (g)=Ln ($\frac{1}{2}$at^2) $\Longrightarrow \ln X = \ln g = -\ln 2 + \ln a + 2\ln t$

Alors :$d(X) = d(g) = \frac{d(a)}{a} + 2\frac{d(t)}{t} \Longrightarrow \frac{\triangle(X)}{X} = \frac{\triangle(g)}{g} = \frac{\triangle(a)}{a} + 2\frac{\triangle(t)}{t}$

$$\Longrightarrow \frac{\triangle(a)}{a} = \frac{\triangle(X)}{X} - 2\frac{\triangle(t)}{t}$$

$$\Longrightarrow \triangle(a) = a \times \left(\frac{\triangle(X)}{X} - 2\frac{\triangle(t)}{t}\right)$$

Avec a=$\frac{2X}{t^2}$. Remplissons le tableau si dessous qui nous permets d analysé les résultats

Grandeur	Essaie 1	Essaie 2	Essaie 3	Essaie 4
t	0.236	0.236	0.232	0.256
t^2	0.056	0.06	0.054	0 .066
$\frac{X}{t^2}$	3.57	3.33	3.7	3.03
a	7.14	6.66	7 .4	6.06
$\triangle(a)$	−12.07	−11.25	−12.72	−9.44
$\frac{\triangle(a)}{a}$	−1.69	−1.69	−1.72	−1.55

TABLEAU 2: tableau montrant le calcul des paramètres de l'incertitude

La valeur absolue la plus faible des incertitudes est cellui du **l essaie4** Alors **le meilleur essaie est l'essai 4**

1.2.2 Etude sur le plan incliné avec frottement

Procédons de la même manier comme dans la partie *1.2.1* afin de déterminé l'intensité des force de frottement.

Tout d'abord relevons la durée qu'a mis le chariot avant d'atteindre le point B (il existe des forces de frottements sur AB)

Étudiant	Essaie 1	Essaie 2	Essaie 3	Essaie 4
Joseph	0.27	0.31	0.40	0.27
Junior	0.30	0.29	0.35	0.36
Benjamin	0.29	0.33	0.32	0.38
Mairette	0.32	0.34	0.31	0.37
Malson	0.30	0.26	0 .40	0.29
moyenne	0.296	0.306	0.356	0.334

TABLEAU 3 : tableau montrant la durée du chariot dur AB (existence des forces de frottement)

Même raisonnement que la partie *1.2.1* (puisque l'équation générale de la trajectoire n'a pas changé c'est à dire X=$\frac{1}{2}at^2$) on trouve $\triangle(a)$= a×($\frac{\triangle(X)}{X} - 2\frac{\triangle(t)}{t}$) avec a $=\frac{2X}{t^2}$. ; remplissons le tableau suivante

Grandeur	Essaie 1	Essaie 2	Essaie 3	Essaie 4
t	0.296	0.306	0.356	0.334
t^2	0.088	0.094	0.13	0 .11
$\frac{X}{t^2}$	2.28	2.14	1.58	1.79
a	4.56	4.28	3.16	3.58
$\triangle(a)$	-6.14	-5.57	-3.54	-4.27
$\frac{\triangle(a)}{a}$	-1.34	-1.30	-1.12	-1.19

TABLEAU 4 : tableau montrant les incertitudes

La valeur absolue la plus faible des incertitudes est cellui du **l essaie3**

Alors **le meilleur essaie est l'essai 3**

1.2.3 déterminations de l'intensité des forces de frottement

D'après l'équation (12) a = $g\sin\beta - \frac{f}{m}$ vu qu'on connait la valeur de a on peut déterminé celle de f .

a = $g\sin\beta - \frac{f}{m} \Rightarrow \frac{f}{m} = g\sin\beta - a$ donc $\boldsymbol{f = gm\sin\beta - am}$

L'application numérique nous donne :

$$f = 9.8 \times 0.329 \times 0.5 - 3.16 \times 0.329$$

D'où $\boldsymbol{f = 0.573N}$

REMARQUE

D'après la remarque de la partie *1.1.8* on constante qu'on est en présence du deuxième cas c'est à dire $\boldsymbol{f < m\,g\sin\beta}$ alors a > 0 on peut facilement conclure que le mouvement du chariot sur le plan incliné en présence des forces de frottement est un **mouvement rectiligne uniformément accéléré**

1.2.4 Etude du choc

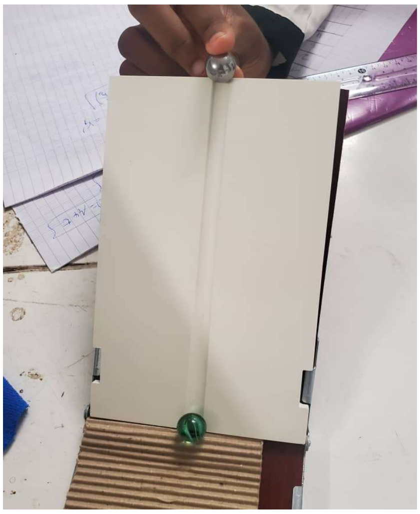

FIGURE 6 : réalisation expérimentale du choc

Résumons dans un tableau les valeur du temps mis par les deux boule pour parcourir le plan horizontal BC après le choc au point B (toutes les mesures sont en second)

TRAVEAU PRATIQUE : Plan incliné

Temps parcouru par B_1 ($\mathbf{m_1 = 5.29g}$)sur BC				
Étudiant	Essaie 1	Essaie 1	Essaie 1	Essaie 1
Joseph	0.20	0.19	0.18	0.27
Junior	0.21	0.26	0.31	0.29
Benjamin	0.25	0.30	0.32	0.22
Mariette	0.17	0.27	0.23	0.38
Malson	0.18	0.33	0 .19	0.28
moyenne	0.20	0.27	0.24	0.29

TABLEAU 5 : tableau montrant la durée de la bille B_1 sur BC après le choc

Temps parcouru par B_2 (m_2 = **16.7g**)sur BC				
Étudiant	Essaie 1	Essaie 1	Essaie 1	Essaie 1
Joseph	0.60	0.54	0.49	0.50
Junior	0.50	0.60	0.56	0.57
Benjamin	0.55	0.62	0.55	0.64
Mariette	0.62	0.59	0.53	0.63
Malson	0.63	0.55	0 .54	0.58
moyenne	0.58	0.58	0.534	0.584

TABLEAU 6: tableau montrant la durée de la bille B_2 sur BC après le choc

INTERPRETION DES RESULTAT

On sait que l'équation des billes sur le BC après le choc est donné par X=Vt en appliquant ln on a : $\ln X = \ln V + \ln t$

en appliquant ensuite la dérivé on a :$d(X) = d(V) + d(t)$ alors $\frac{\triangle(X)}{X} = \frac{\triangle(V)}{V} + \frac{\triangle(t)}{t}$

$\frac{\triangle(V)}{V} = \frac{\triangle(X)}{X} - \frac{\triangle(t)}{t}$. pour B_1on a v'_1 $\frac{\triangle(v'_1)}{v'_1} = \frac{\triangle(X)}{X} - \frac{\triangle(t)}{t}$ et pour B_1 on a $\frac{\triangle(v'_2)}{v'_2} = \frac{\triangle(X)}{X} - \frac{\triangle(t)}{t}$; remplissons le tableau suivant

Grandeur	Essaie 1	Essaie 2	Essaie 3	Essaie 4
t	0.20	0.27	0.24	0.29
v'_1	2	1.48	1.66	1.38
$\triangle(v'_1)$	-1.995	-1.09	-1.38	-0.95
$\frac{\triangle(v'_1)}{v'_1}$	-0.998	-0.74	-0.83	-0.69

TABLEAU 7: calcule de l'incertitude pour la bille B_1

Grandeur	Essaie 1	Essaie 2	Essaie 3	Essaie 4
t	0.58	0.58	0.534	0.584
v'_1	0 .69	0 .69	0.75	0.68
$\triangle(v'_2)$	-0.24	-0.24	-0.28	-0.23
$\frac{\triangle(v'_2)}{v'_2}$	-0.34	-0.34	-0.37	-0.33

TABLEAU 7 : calcule de l'incertitude pour la bille B_2

les valeurs absolues des incertitudes les plus faible sont celle du 4eme essais. Les meilleurs essais sont donc ceux du 4eme alors on peut écrire

$\boldsymbol{v'_1 = 1.38 \pm 0.95 \; et \; v'_2 = 0.69 \pm 0.24}$

Conclusion

Dans le cadre de cette étude expérimentale, nous avons analysé plusieurs phénomènes physiques, en commençant par le mouvement d'un chariot sur un plan incliné (partie***1.1.1***) et un plan horizontal (partie ***1.1.4***). Nous avons observé l'impact des frottements sur la dynamique du chariot (***1.1.7***), ce qui nous a permis de mieux comprendre comment ces forces influencent le déplacement d'un objet sur une surface. Nous avons également étudié les collisions entre deux billes (***1.1.13***), en déterminant la distance parcourue par chaque bille après le choc sur un plan horizontal. Cette analyse a mis en évidence l'importance des propriétés mécaniques des objets (comme leur masse, leur vitesse et la restitution d'énergie lors du choc) dans les systèmes de collision. L'ensemble de ces observations et calculs nous a permis de consolider nos connaissances sur la cinématique, la dynamique des systèmes avec et sans frottement, ainsi que sur les principes des collisions élastiques. Ces expériences pratiques ont été cruciales pour l'application des concepts théoriques étudiés en cours et ont renforcé notre compréhension des phénomènes physiques en mécanique.
En conclusion, ce travail pratique a été enrichissant, non seulement sur le plan des connaissances théoriques, mais également en termes de développement de compétences expérimentales, permettant une meilleure appréhension des concepts fondamentaux de la mécanique.

Reference

[1] Hibbeler, R. C. (2016). Mécanique des matériaux et des solides. 10e édition, Pearson Education France

[2] Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). Fundamentals of Physics. 10e édition, Wiley

[3] Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. 9e édition, Cengage Learning

[4] https://www.khanacademy.org/science/physics/forces-and-newtons-laws/inclined-planes/a/inclined-planes-and-friction

[5] http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Collisions/collcon.html

[6] https://www.physicsclassroom.com/class/friction