

RAPPORT DE TP

MECANIQUE DU POINT

TP PLAN INCLINE

ANNEE SCOLAIRE : 2024-2025

CODE UE : PHY1120

Intitulé UE : Mécanique Du Point Matériel

CHARGE : Dr. AYELEH Edo

MEMBRES DU GROUPE N°23

- 1- DJOSSOU Kokou Armand *Light*⁽¹⁾ (LF-IA&BD)
- 2- TCHANI Moufida (LF-GC)
- 3- KOSSI Minonboukpo Adolphe (LF-IS)
- 4- BALOUKI Essohanam Joseph (LF-GE)

Sommaire

Introduction et Objectifs du TP	2
Etude Théorique	3
1. Etude du mouvement du solide sur le plan incliné sans frottement	
a) Expérience 1	
b) Bilan des forces	
c) Détermination de l'expression de l'accélération	
d) Equation de la trajectoire	
e) Durée du mouvement sur AB	
2. Etude du mouvement du solide sur le plan horizontal sans frottement	
a) Expérience 2	
b) Bilan des forces	
c) Détermination de l'expression de l'accélération	
d) Equation de la trajectoire	
e) Durée du mouvement sur BC	
3. Etude du mouvement du solide sur le plan incliné avec frottement	
i. Expérience 3	
ii. Bilan des forces	
iii. Détermination de l'expression de l'accélération	
iv. Equation de la trajectoire	
4. Etude du mouvement du solide sur le plan horizontal avec frottement	
➤ Expérience 4	
➤ Bilan des forces	
➤ Détermination de l'accélération	
➤ Equation de la trajectoire	
5. Etude du choc élastique	
Etude Expérimentale	11
1. Liste des matériels	
2. Manipulation	
3. Etude du mouvement sur le plan incliné (avec et sans frottement)	
4. Etude du choc	
Conclusion	17

Introduction et Objectifs du TP

Le plan incliné est un élément fondamental de la mécanique, utilisé pour étudier les forces, les mouvements et les principes de bases de la physique. Il s'agit d'une surface plane qui est inclinée par rapport à l'horizontale, permettant ainsi d'étudier le mouvement d'un solide qui se déplace à sa surface ainsi que l'action des forces agissant sur le solide.

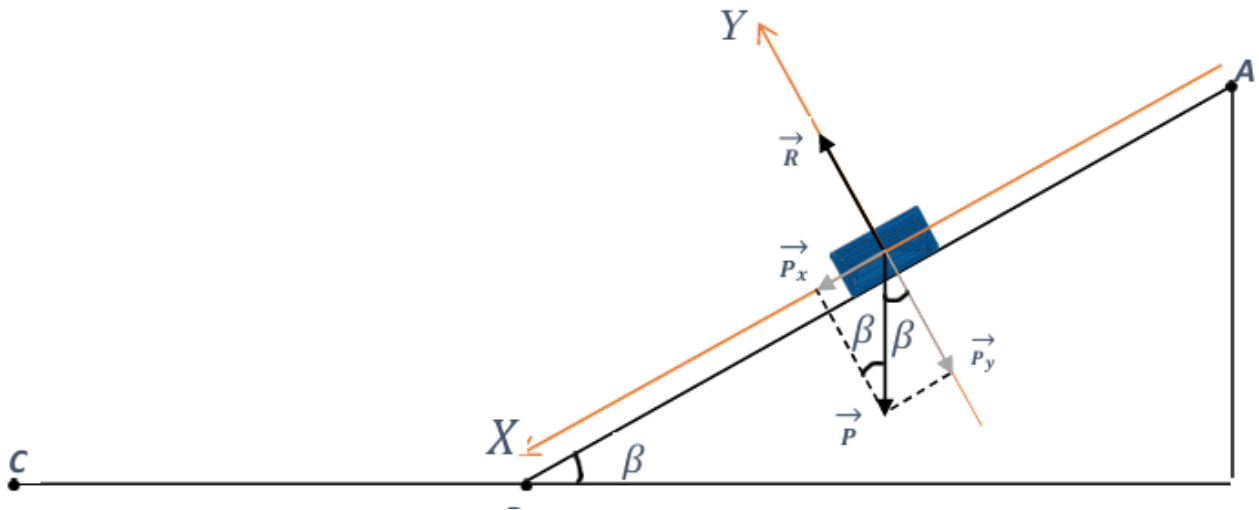
L'objectif principal de cette séance de travaux pratiques est d'analyser l'effet des forces agissant sur un objet placé sur un plan incliné. Plus précisément il s'agit de :

- Etudier l'influence de l'angle d'inclinaison sur la vitesse et l'accélération d'un objet en mouvement
- Analyser la décomposition des forces agissant sur l'objet et comprendre leur rôle dans le mouvement sur un plan incliné.
- Observer et mesurer les effets du frottement
- Vérifier expérimentalement la relation théorique entre l'angle d'inclinaison et l'accélération d'un objet, en utilisant des outils de mesure appropriés ...

I. Etude Théorique

1. Etude du mouvement du solide sur le plan incliné sans frottement

- a) **Expérience 1** : On lâche un chariot du haut d'une pente (en un point A), puis on étudie son mouvement sur AB



b) Bilan des forces :

- Le poids \vec{P} du chariot
- La réaction \vec{R} du plan sur le chariot

Les données :

$$L = AB = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$$

$$\text{Angle d'inclinaison } \beta = 30^\circ$$

$$\text{Masse du chariot } m = 33,1\text{g}$$

c) Déterminons l'expression de l'accélération

En appliquant le principe fondamental de la dynamique dans le référentiel (XOY) on a

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \quad \text{avec } \vec{a} \text{ l'accélération du chariot}$$

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

Projection suivant les axes du repère :

- Suivant (OX) on a : $P \sin \beta = ma$
- Suivant (OY) on a : $R - P \cos \beta = 0$

D'après la projection suivant (OX) on a :

PLAN INCLINE

$$a = \frac{P \sin \beta}{m} \rightarrow a = \frac{mg \sin \beta}{m}$$
$$\rightarrow a = g \sin \beta$$
$$= \frac{9,81}{2}$$
$$\underline{a = 4,905 \text{ m/s}^2}$$

d) Equation de la trajectoire :

a est une constante, c'est-à-dire que le chariot effectue un mouvement rectiligne uniformément accéléré donc l'équation de la trajectoire est donnée par la formule :

$$x(t) = \frac{1}{2} a t^2 + V_o t + x_o$$

A $t = 0$ on a $x = 0$ et $V = 0$ alors on a :

$$\underline{x(t) = 2,4525t^2}$$

e) Durée du mouvement sur AB

On a $L = 0,2\text{m}$, $g = 9,8\text{N/m}$

Soit T la durée du mouvement du chariot sur AB

$$x(t) = \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow T = \sqrt{\frac{2L}{a}}$$

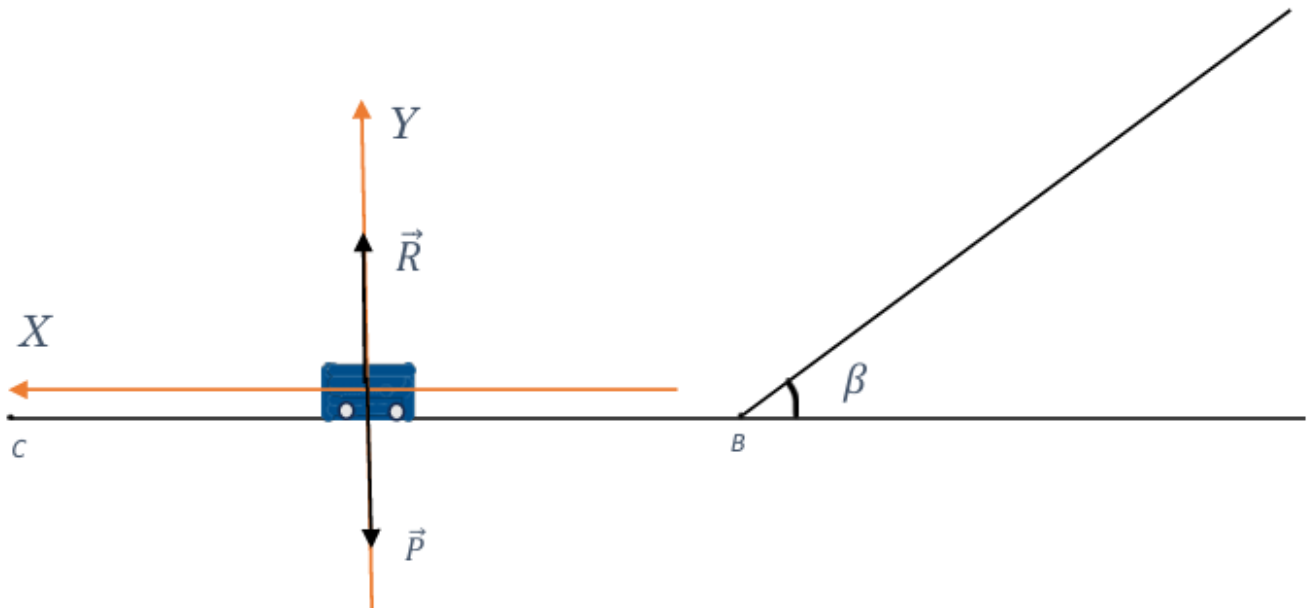
$$\underline{T = 0,2851 \approx 0,3\text{s}}$$

2. Etude du mouvement sur le plan horizontal sans frottement (BC)

a. Expérience 2 :

Dans cette partie on étudie le mouvement du chariot de l'expérience 1 après avoir parcouru le plan AB (il descend sur le plan BC)

PLAN INCLINE



b. Bilan des forces :

- Le poids \vec{P} du chariot
- La réaction \vec{R} du plan sur le chariot

Les données :

- $D = BC = 40\text{cm} = 0,4\text{m}$
- Masse du chariot $m = 33,1\text{g}$

c. Déterminons l'expression de l'accélération

En appliquant le principe fondamental de la dynamique dans le référentiel (XOY) on a

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \quad \text{avec } \vec{a} \text{ l'accélération du chariot}$$

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

Projection suivant les axes du repère :

- Suivant (OX) on a : $a = 0$
- Suivant (OY) on a : $R - P = 0$

d. Equation de la trajectoire :

$a = 0$ alors le mouvement du chariot sur le plan horizontal est un mouvement rectiligne uniforme d'où l'équation de la trajectoire est :

$$x(t) = V_o t + x_o$$

Dans cette partie considérons l'origine des temps et de l'espace comme le chariot au point B, alors $X_o = 0$ et $V_o = V_B$

PLAN INCLINE

D'après la relation obtenue dans l'expérience 1-) on a :

$$V_B = aT \rightarrow V_B = 4,905T$$

$$\rightarrow V_B = 1,47 \text{ m/s}$$

$$\underline{x(t) = V_B t = 1,47t}$$

e. Durée du mouvement sur BC :

Soit T' cette durée, on a :

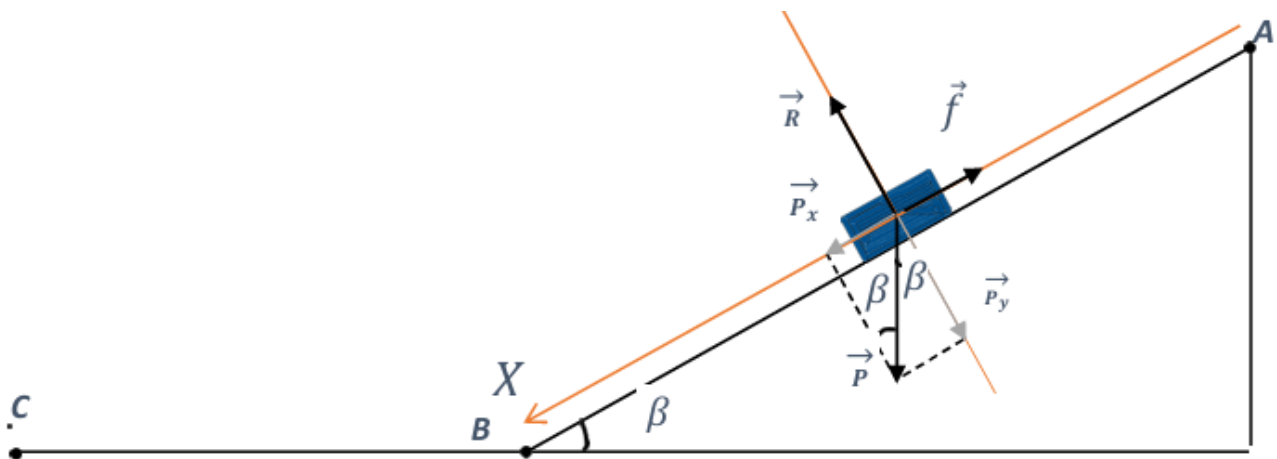
$$T' = \frac{D}{V_B}$$

$$\underline{T' = 0,27s}$$

3. Etude du mouvement sur le plan incliné avec frottements

i. Expérience 3 :

On lâche un chariot du haut d'une pente (en un point A), puis on étudie son mouvement sur AB. Dans cette partie l'effet des forces de frottement n'est pas négligé



ii. Bilan des forces :

- Le poids \vec{P} du chariot
- La réaction \vec{R} du plan sur le chariot
- La résultante \vec{f} des forces de frottement

Les données :

- $L = AB = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$
- Masse du chariot $m = 33,1\text{g}$
- Angle d'inclinaison $\beta = 30^\circ$

iii. Déterminons l'expression de l'accélération

En appliquant le principe fondamental de la dynamique dans le référentiel (XOY) on a

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

PLAN INCLINE

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

Projection suivant les axes du repère :

- Suivant (OX) on a : $P \sin \beta - f = ma$
- Suivant (OY) on a : $R - P \cos \beta = 0$

D'après l'équation obtenue par la projection suivant (OX) on a :

$$a = g \sin \beta - \frac{f}{m}$$

iv. Equation de la trajectoire :

L'accélération est une constante alors le mouvement du chariot est rectiligne uniformément varié donc l'équation de la trajectoire s'écrit :

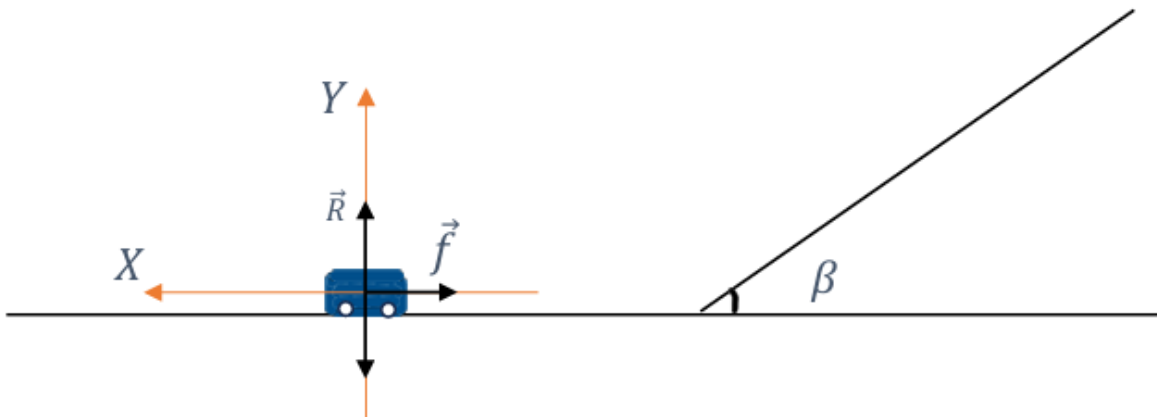
$$x(t) = \frac{1}{2} a t^2 + V_0 t + x_0$$

$$\text{A } t = 0 \text{ on a } x_0 = 0 \text{ et } V_0 = 0 \rightarrow x(t) = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \left(g \sin \beta - \frac{f}{m} \right)^2 t$$

4. Etude du mouvement du chariot sur le plan horizontal avec frottement

➤ Expérience 4 :

A présent le chariot roule sur le plan horizontal où règne des forces de frottement f :



➤ **Bilan des forces :**

- Le poids \vec{P} du chariot
- La réaction \vec{R} du plan sur le chariot
- La résultante \vec{f} des forces de frottement

Les données :

- $D = BC = 40\text{cm} = 0,4\text{m}$
- Masse du chariot $m = 33,1\text{g}$

PLAN INCLINE

➤ Déterminons l'expression de l'accélération

En appliquant le principe fondamental de la dynamique dans le référentiel (XOY) on a

$$\begin{aligned}\sum \vec{F}_{ext} &= m\vec{a} \\ \rightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{f} &= m\vec{a}\end{aligned}$$

Projection suivant les axes du repère :

- Suivant (OX) on a : $0 - f = ma$
- Suivant (OY) on a : $P - R = 0$

D'après l'équation obtenue par la projection suivant (OX) on a :

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

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

$$a = - \frac{f}{m}$$

➤ Equation de la trajectoire :

L'accélération du chariot sur BC est constante (car f et m sont constant) et inférieure à 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. On peut déduire facilement l'équation de la trajectoire :

$$x(t) = \frac{1}{2} \left(-\frac{f}{m} \right) t^2 + V_B t$$

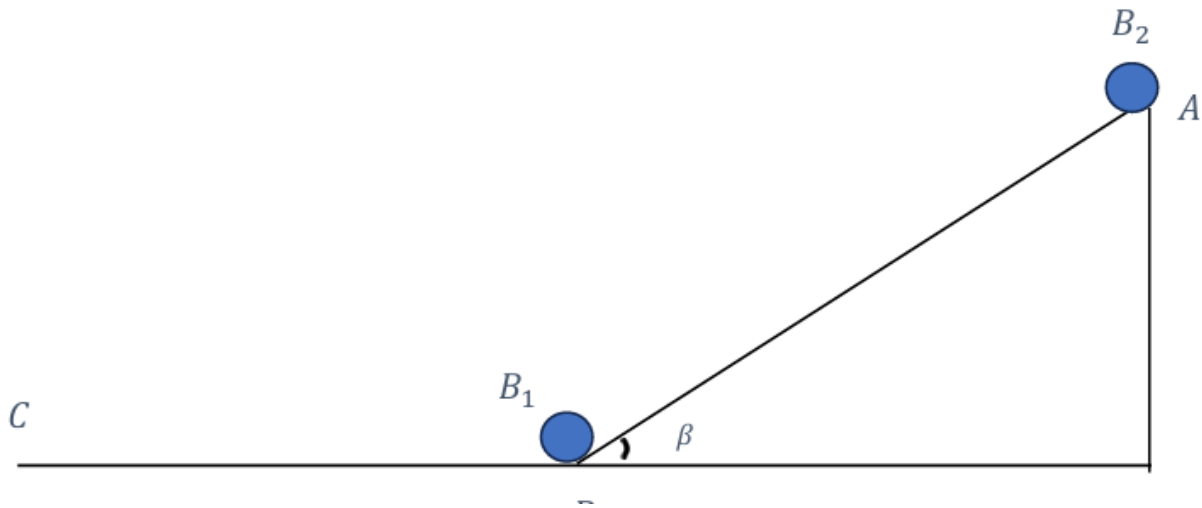
5. Etudes du choc élastique

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 :

On considère deux billes B1 et B2, de masses respectives $m_1 = 5.29 \text{ g}$ et $m_2 = 16.7 \text{ g}$. 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.

PLAN INCLINE



➤ 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_1 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 $v_2 = V_B$

TEC entre A et B on a : $\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = mgL\sin\beta$ or la vitesse initiale est nulle

On a alors $V_B = \sqrt{2gL\sin\beta} \rightarrow V_B = 1,4 \text{ m/s}$

Soit v_1' et v_2' les vitesses respectives des billes B_1 et B_2 apres le choc

D'après la loi de conservation de la quantité du mouvement on a :

$$\begin{aligned} Pav &= Pap \rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ &\rightarrow m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ &\rightarrow m_2 (v_2 - v_2') = m_1 v_1' \end{aligned} \quad (a)$$

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

$$\begin{aligned} ECav &= ECap \rightarrow \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2 = \frac{1}{2}m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2'^2 \\ &\rightarrow m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2 \\ &\rightarrow m_2 v_2^2 - m_2 v_2'^2 = m_1 v_1'^2 \\ &\rightarrow m_2 (v_2^2 - v_2'^2) = m_1 v_1'^2 \end{aligned} \quad (b)$$

$$\frac{(a)}{(b)} \Leftrightarrow v_2 + v_2' = v_1'$$

$$\rightarrow v_2' = v_1' - v_2$$

En remplaçant v_2' dans (a) on a :

$$\begin{aligned} m_2 (v_2 - (v_1' - v_2)) &= m_1 v_1' \rightarrow m_2 (2v_2 - v_1') = m_1 v_1' \\ &\rightarrow v_1' (m_1 + m_2) = 2 m_2 v_2 \end{aligned}$$

PLAN INCLINE

$$v'_1 = \frac{2m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

En remplaçant v'_1 dans (a) on a :

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

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

Après le choc les deux billes se retrouvent sur le plan horizontal sans frottement. A l'aide de l'équation trouvé dans l'expérience 2 on peut déterminer l'équation horaire de chacun des billes sur le plan horizontal

$$\begin{cases} T_1 = \frac{D}{v'_1} & (\text{pour } B_1) \\ T_2 = \frac{D}{v'_2} & (\text{pour } B_2) \end{cases}$$

L'application numérique donne : $T_1 = 0.18\text{s}$ et $T_2 = 0.54\text{s}$

II. Etude Expérimental

1. Liste des matériels :

Le dispositif expérimental est composé de :

- Un rail monté sur un plan incliné d'un angle β



- Un chariot de masse (m) pouvant se déplacer sur le rail ;

PLAN INCLINE



- Deux billes B1 et B2 de masse respective $m_1 = 5.29\text{g}$ et $m_2 = 16.7\text{g}$

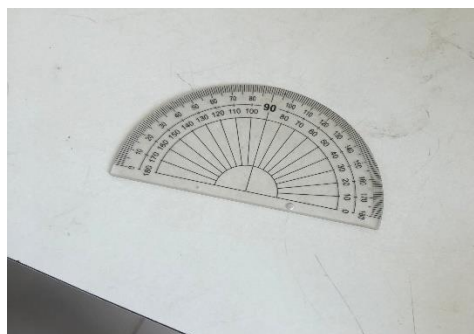


- Un tapi grisé pouvant crée des frottements le long du trajet



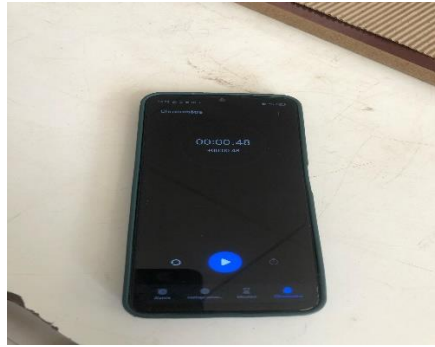
- Une règle graduée ;

- Un rapporteur ou inclinomètre



- Un chronomètre afin de mesurer le temps

PLAN INCLINE



2. 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 $\beta = 30$

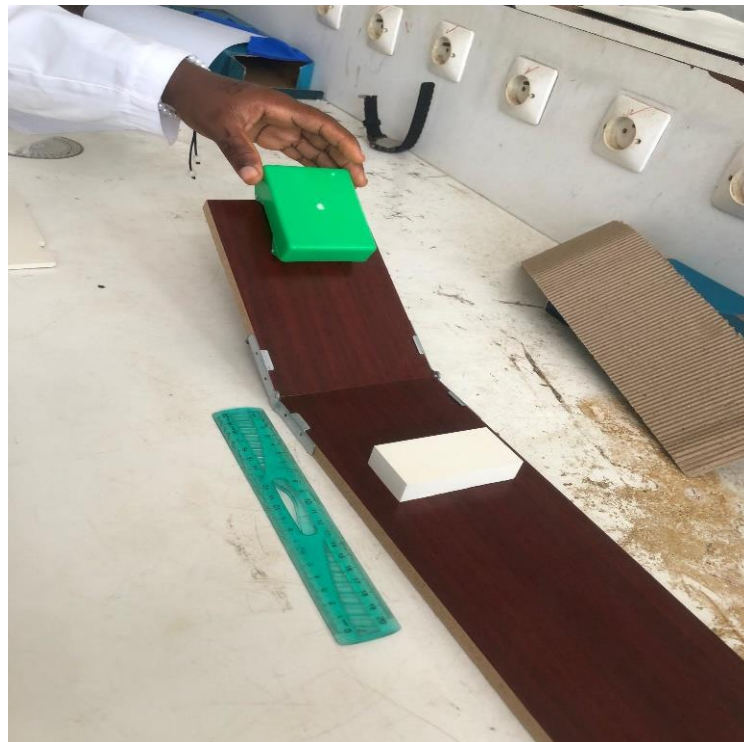
Étape 3 : par le moyen d'un chronomètre, on mesure le temps t (en s) pris par le chariot pour parcourir la distance x .

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

3. Etude du mouvement sur le plan incliné

3.1. 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 ci dessous on a la durée mesurée du chariot en second à l'aide du chronomètre :



PLAN INCLINE

Etudiant	Essaie 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5
Adolphe (t)	20	22	39	18	18
Joseph (t)	29	19	19	27	22
Light (t)	17	17	17	19	16
Moufida (t)	21	17	16	23	16
Moyenne (s)	0.362	0.312	0.379	0.363	0.3

Interprétation des résultats

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

$$\ln x = \ln g = \ln\left(\frac{1}{2} a t^2\right) \Rightarrow \ln x = \ln g = -\ln 2 + \ln a + 2 \ln t$$

$$\text{Alors on a : } d(x) = d(g) = \frac{d(a)}{a} + 2 \frac{d(t)}{t} \rightarrow \frac{\Delta(x)}{x} = \frac{\Delta(g)}{g} = \frac{\Delta(a)}{a} + 2 \frac{\Delta(t)}{t}$$

$$\rightarrow \frac{\Delta(a)}{a} = \frac{\Delta(x)}{x} - 2 \frac{\Delta(t)}{t}$$

$$\rightarrow \Delta(a) = a \times \left(\frac{\Delta(x)}{x} - 2 \frac{\Delta(t)}{t} \right) \quad \text{avec } a = \frac{2x}{t^2}$$

Remplissons le tableau ci-dessous qui nous permet d'analyser les résultats

Grandeur	Essaie 1	Essaie 2	Essaie 3	Essaie 4	Essaie 5
t	0.362	0.312	0.379	0.363	0.3
t ²	0.0473	0.0361	0.0517	0.0473	0.0324
$\frac{x}{t^2}$	4.228	4.689	3.865	4.228	4.173
a	8.456	8.378	7.730	8.456	8.346
$\Delta(a)$	-9.294	-10.697	-8.117	-9.266	-11.079
$\frac{\Delta(a)}{a}$	-1.099	-1.277	-1.050	-1.096	-1.328

En se basant sur les résultats obtenu dans le tableau on en déduit que le meilleur essai est **l'essai 3**

3.2. Avec frottement

Le protocole expérimentale reste le même que le premier seulement qu'on fait intervenir des forces de frottement dans cette partie

PLAN INCLINE



Etudiant	Essaie 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5
Adolphe (t)	36	40	27	43	25
Joseph (t)	22	19	21	24	22
Light (t)	28	19	21	35	20
Moufida (t)	37	24	25	44	39
Moyenne (s)	0.513	0.425	0.391	0.608	0.442

Meme raisonnement que dans la première partie car la trajectoire demeure une droite d'équation :

$$x(t) = \frac{1}{2} a t^2$$

Grandeur	Essaie 1	Essaie 2	Essaie 3	Essaie 4	Essaie 5
t	0.513	0.425	0.391	0.608	0.442
t ²	0.263	0.181	0.153	0.370	0.195
$\frac{x}{t^2}$	0.761	1.105	1.307	0.541	1.026
a	1.521	2.210	2.614	1.081	2.051
$\Delta(a)$	-1.178	-2.068	-2.662	-0.706	-1.846
$\frac{\Delta(a)}{a}$	-0.774	-0.936	-1.018	-0.653	-0.900

PLAN INCLINE

En se basant sur les résultats obtenu dans le tableau on en déduit que le meilleur essai est **l'essai 4**

3.3. Détermination de la valeur des forces de frottement

D'après l'équation obtenue dans la partie théorique on a : $a = g \sin \beta - \frac{f}{m}$

On en déduit l'expression de f : $f = gm \sin \beta - m.a$
 $= 9.8 \times 0.331 \times 0.5 - 1.081 \times 0.331$

$$\underline{f = 0.9 \text{ N}}$$

4. Etude du choc



Schéma du montage

➤ Etudions le mouvement de la bille B1 et B2 après le choc : B1 ($m_1 = 5.27\text{g}$) B2 ($m_2 = 16.69\text{g}$)

	BILLE 1					BILLE 2				
Etudiant	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5
Adolphe (t)	42	45	42	42	43	49	58	58	48	55
Light (t)	40	39	39	42	38	51	47	50	50	50
Moufida (t)	42	40	40	39	40	52	49	55	50	52
Joseph (t)	39	40	42	39	40	50	48	51	49	49
Moyenne (s)	0.68	0.683	0.679	0.675	0.671	0.842	0.841	0.892	0.821	0.858

PLAN INCLINE

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

$$\ln X = \ln V + \ln t \rightarrow \frac{dX}{X} = \frac{dV}{V} + \frac{dt}{t}$$

$$\rightarrow \frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta t}{t}$$

$$\rightarrow \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta X}{X} - \frac{\Delta t}{t}$$

Remplissons le tableau :

	BILLE 1				
Grandeur	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5
t	0.68	0.683	0.679	0.675	0.671
V_1'	1.7	1.708	1.698	1.688	1.678
$\Delta V_1'$	-0.4957	-0.4958	-0.4961	-0.4958	-0.4959
$\frac{\Delta V_1'}{V_1'}$	-0.2926	-0.2923	-0.2921	-0.2938	-0.2956

	BILLE 2				
Grandeur	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5
t	0.842	0.841	0.892	0.821	0.858
V_2'	2.105	2.103	2.23	2.053	2.145
$\Delta V_2'$	-0.4947	-0.4948	-0.4944	-0.4951	-0.494
$\frac{\Delta V_2'}{V_2'}$	-0.2350	-0.2353	-0.2217	-0.2411	-0.2306

La valeur absolue des incertitudes de l'essai 3 est plus faible donc on peut conclure que le meilleur essai est l'essai 3.

$$V_1' = 1.698 \pm 0.29 \text{ m/s} \quad \text{et} \quad V_2' = 2.23 \pm 0.22 \text{ m/s}$$

Conclusion

Cette séance de travaux pratiques nous a permis de mieux comprendre les principes fondamentaux liés au mouvement d'un corps sur un plan incliné. À travers les différentes manipulations et observations réalisées, nous avons pu vérifier expérimentalement la décomposition des forces appliquées à un objet en pente, notamment le poids, la réaction normale au plan et les frottements.

Nous avons également constaté que l'angle d'inclinaison influence directement l'accélération de l'objet : plus l'angle est grand, plus la composante de la force parallèle au plan augmente, facilitant ainsi le mouvement. Ces observations confirment les lois théoriques de la mécanique classique.

En somme, ce TP nous a offert une application concrète des notions vues en cours, renforçant ainsi notre compréhension des phénomènes mécaniques. Ces connaissances sont essentielles non seulement en physique, mais aussi dans de nombreux domaines techniques et technologiques, comme l'ingénierie ou l'architecture.