



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABOU—BAKR—BELKAID TLEMCEN
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE BIOMEDICAL



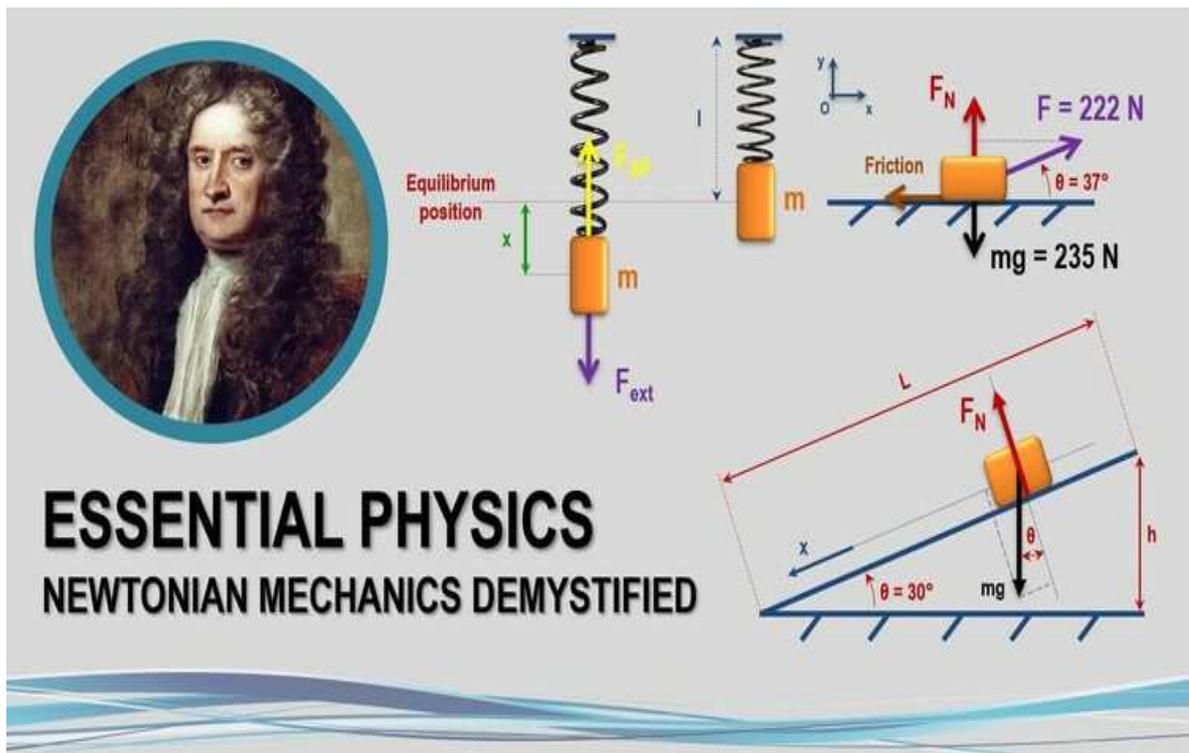
Polycopié de travaux pratiques

Présenté Par

M^{elle} BAAKEK YETTOU NOUR EL HOUDA

PHYSIQUE MÉCANIQUE

1^{eme} année LMD : tronc commun GBM



Avant-propos

Ce polycopié de travaux pratiques de physique mécanique a été élaboré pour la formation des étudiants de première année tronc commun LMD de la filière Génie Biomédical. Il est constitué de quatre textes de travaux pratiques qui vont permettre aux étudiants de mieux comprendre le côté pratique de certaines notions théoriques déjà vues pendant les séances des cours et des travaux dirigés.

Nous avons organisé notre polycopié en quatre TP : le premier TP concerne le plan incliné, le deuxième concerne le pendule simple. Alors que le troisième TP concerne l'oscillateur élastique, et le dernier TP concerne la chute parabolique.

Nous avons terminé notre polycopié par une bibliographie qui contient les différentes ressources utilisées dans l'ouvrage.

Table de matière

Avant-propos

Table de matière

Introduction	1
TPN°1 : Plan incliné	
1.1. Objectif.....	2
1.2. Matériel utilisé.....	2
1.3. Etude théorique.....	2
1.4. Etude expérimentale.....	2
1.5. Conclusion générale.....	3
	4
TP N2: Pendule Simple	
2.1. Objectif	4
2.2. Matériel utilisé	4
2.3. Etude théorique	4
2.4. Etude expérimentale	5
2.4.1. Effet de la longueur (l) du fil sur la période (T).....	5
2.4.2. Effet de la masse de la boule (m) sur la période (T).....	5
2.4.3. Effet de l'amplitude des oscillations sur la période (T).....	5
2.5. Conclusion générale	6
	7
TP N3 : Etude Statique d'un Oscillateur Elastique	
3.1. Objectif	7
3.2. Matériel utilisé	7
3.2.1. Etude théorique	7
3.2.2. Etude pratique	8
3.2.3. Détermination de la masse d'un e sphère.....	8
3.3. Conclusion générale.....	8
	9
TP N4:Chute Parabolique	
4.1. Objectif.....	9
4.2. Matériel utilisé	9
4.2.1. Etude théorique	9
4.2.1.1. Etude expérimentale	10
4.2.2. Conclusion générale	10
Annexe : Erreurs et Incertitudes	
1. Erreur absolue.....	11
2. Erreur relative.....	11
3. Pente et incertitudes.....	11
Référence.....	12

Table de figures

Figure 1.1 : Plan incliné avec un chariot.....	2
Figure 3.2. Schéma d'un pendule simple.....	4
Figure 3.3 : Schéma d'une chute parabolique.....	9

Table des tableaux

Tableau 1.1 : Valeurs de la force F et de l'angle α	3
Tableau 2.1 : Valeurs de la période T et de la longueur l pour la masse m_1	5
Tableau 2.2 : Valeurs de la période T et de la longueur l pour la masse m_2	5
Tableau 2.3 : Valeurs de la période T et de l'angle α	6
Tableau 3.1 : Valeurs de la tension du ressort (F), de la masse (m), de la longueur du ressort l , et de la déformation du ressort x	8
Tableau 4.1 : Valeurs de la hauteur (h), et de la portée X_1	10
Tableau 4.2 : Valeurs de la hauteur (H), de la portée X_1 , et de la vitesse V_1	10

Introduction

En mécanique classique, le concept des forces est fondamental dans les programmes académiques en sciences de l'ingénierie, donc les étudiants (qui viennent de l'enseignement pré-universitaire), doivent le conceptualiser pour appliquer les lois de Newton dans la résolution de différents problèmes concrets.

Les objectifs cruciaux pour la mécanique classique est lié aux fondements théoriques et pratiques, aux mouvements des corps et leurs interactions, le concept de force, de travail, d'énergie, d'accélération, d'équivalence entre l'état de repos et l'état de mouvement à vitesse constante ou variable, ...etc., soutenus par la modélisation mathématique, pour l'explication des différentes positions dans la nature.

Ce polycopié comporte quatre textes de travaux pratiques, chacun d'entre eux à une étude théorique et une autre pratique.

Le premier TP est consacré à l'étude statique d'un plan incliné. Le but de cette manipulation est la détermination de la pesanteur g dans le cas de l'étude d'un chariot en équilibre statique sur un plan incliné.

Le deuxième TP est consacré à l'étude dynamique d'un pendule simple qui bat la seconde. Cette manipulation nous permet de vérifier la variation de la période T de ce pendule en fonction de la longueur du fil, du déplacement angulaire θ , ainsi la détermination de l'accélération de la pesanteur g , et la vérification de Galilée « le carré de la période est proportionnel à la longueur du pendule ».

Alors que le troisième TP est consacré à l'étude statique d'un oscillateur élastique. Le but escompté de ce TP est de déterminer la constante de raideur du ressort et la masse inconnue d'une sphère à partir de la courbe d'étalonnage du ressort, aussi la vérification expérimentale de la formule théorique : $T = 2\pi\sqrt{m/K}$

Tandis que le quatrième TP est dédié à l'étude statique de la chute parabolique, l'objectif de cette manipulation est d'étudier le mouvement d'une bille avec une vitesse initiale horizontale, et la détermination de la portée de ce projectile.

Ce polycopié est terminé par une bibliographie qui contient les différentes références utilisées dans ce travail.

TP1 : Plan Incliné (Etude Statique)

1.1. Objectif

Le but de la manipulation est la détermination de la pesanteur g dans le cas de l'étude d'un chariot en équilibre statique sur un plan incliné.

1.2. Matériel utilisé

- Un plan incliné
- Un dynamomètre pour mesurer la force
- Un chariot de masse m

1.3. Etude théorique

On dispose d'un dynamomètre ainsi que d'un petit chariot de masse $m=250g$. Soit (α) l'angle que fait le plan incliné avec le plan horizontal :

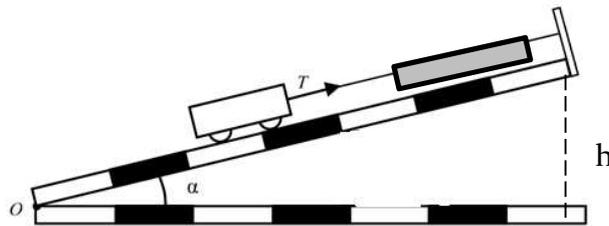


Figure 1.1 : Plan incliné avec un chariot

L'expérience consiste à faire varier l'angle (α) (voir figure 1.1) et lire la tension du fil (F) directement sur le dynamomètre, afin de déterminer expérimentalement la valeur de g . Pour cela on doit connaître la valeur de la masse m , la force F et le $\sin(\alpha)$. En négligeant les frottements :

1. Représenter les forces s'exerçant sur le chariot lorsque ce dernier est retenu par le dynamomètre.
2. Ecrire la condition d'équilibre du chariot.
3. Etablir la relation: $F = m g \sin(\alpha)$. Déduire l'accélération de la pesanteur g .
4. Exprimer l'incertitude absolue Δg en fonction de F , m , α , ΔF , Δm , $\Delta \alpha$.

1.4. Etude expérimentale

1. L'erreur relative commise par le fabricant du chariot lors de la mesure de la masse est de 2%. Donner l'erreur absolue Δm .
2. En tenant compte des incertitudes du dynamomètre et de lecture de l'opérateur. Estimer l'erreur absolue ΔF commise lors de la mesure de la force F .
3. Pour la mesure de l'angle α , on utilisera une planche graduée en degrés. Estimer les erreurs absolues $\Delta \alpha$ et $\Delta \sin \alpha$.
4. Relevez sur le dynamomètre, les valeurs de F pour les angles α . Remplir le tableau suivant en ($m = 200 g$) :

α°	15	25	30	35	45
F(N)					

Tableau 1.1 : Valeurs de la force F et de l'angle α .

5. Que doit-on porter en abscisse et en ordonnée pour déterminer g par la pente d'une droite ?
6. Tracer cette courbe ; sur papier millimétré ; avec les rectangles d'erreurs. En déduire g et Δg .
7. La valeur de g trouvée est-elle compatible avec $g_{th}=9.81m/s^2$? Expliquer pourquoi ?

1.5. Conclusion Générale

TP2 : Pendule Simple

2.1. Objectifs

- Etude dynamique d'un pendule simple qui bat la seconde.
- Vérification de la variation de la période T de ce pendule en fonction de la longueur du fil, de la masse m , et du déplacement angulaire θ .
- Détermination de l'accélération de la pesanteur g ,

2.2. Matériel

- Rapporteur d'angle
- Règle 2m
- Chronomètre
- Fil inextensible 2m
- Deux masses (2 poids)
- Pied statif variable
- Tige-support acier inoxydable
- Noix double

2.3. Etude théorique

On constitue le pendule en suspendant une boule de masse (m) à un fil inextensible de longueur (l), fixé à cette potence par son extrémité supérieure. On écarte légèrement la boule de sa position d'équilibre (amplitude α inférieur à 10°).

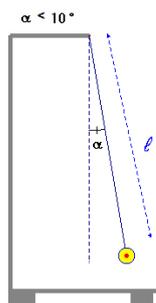


Figure 2.1 : Schéma d'un pendule simple

Lorsqu'on relâche la boule :

1. Ecrire l'équation du mouvement pour $\alpha < 10^\circ$ (démonstration détaillée).
2. Démontrer que la période T s'écrit sous la forme : $T = 2\pi\sqrt{L/g}$
3. Ecrire g en fonction de l et T^2 .

2.4. Etude expérimentale

2.4.1. Effet de la longueur (l) du fil sur la période (T)

Dans cette partie on cherche à voir l'influence de la longueur du fil sur la période du mouvement (T). On commence par suspendre la boule (m_1) à la potence. On fait varier la longueur du fil. Pour chacune des longueurs considérées, on écarte légèrement la boule de sa position d'équilibre ($\alpha=8^\circ$). Enfin, on mesure la période du mouvement du pendule.

(Pour mesurer T , il faut chronométrer dix oscillations, pour enfin diviser le temps obtenu par ce nombre d'oscillations comptées).

- Donner l'erreur de lecture ΔT du chronomètre.
- Donner l'erreur de lecture Δl de la règle.
- Consigner vos résultats dans le tableau 1.
- Tracer la courbe (1) de la variation de $T^2=f(l)$.
- Que représente la pente de la droite obtenue ?, En déduire la valeur de g et Δg .
- Conclusion.

Tableau 1	$l(\text{cm})$	20	30	40	50
	$10T(\text{s})$				
	$T(\text{s})$				
	$T^2(\text{s})$				

Tableau 2.1 : Valeurs de la période T et de la longueur l pour la masse m_1 .

2.4.2. Effet de la masse de la boule (m) sur la période (T)

Dans cette partie on cherche à voir l'influence de la masse de la boule suspendue, sur la période du mouvement (T). On remplace la boule (m_1) par la deuxième boule (m_2). On refait les mêmes mesures que pour la première partie.

- Consigner vos résultats dans le tableau 2.
- Tracer la courbe (2) de la variation de $T^2=f(l)$. En déduire la valeur de g et Δg .
- Conclusion.

Tableau 2	$L(\text{cm})$	20	30	40	50
	$10T(\text{s})$				
	$T(\text{s})$				
	$T^2(\text{s})$				

Tableau 2.2 : Valeurs de la période T et de la longueur l pour la masse m_2 .

2.4.3. Effet de l'amplitude des oscillations sur la période (T)

Dans cette partie on cherche à vérifier la formule de Borda

$$T'(\alpha) = T \left(1 + \frac{\alpha^2}{16} \right)$$

Sachant que : T est la période pour les faibles amplitudes ($\alpha < 10^\circ$)

$T'(\alpha)$ est la période pour les amplitudes ($\alpha > 10^\circ$)

α est l'angle (en radian).

On garde la boule (m2) suspendue au fil pour longueur $l=20\text{cm}$, on fait varier l'amplitude d'écartement de la boule α et on mesure la période $T'(\alpha)$

1. Consigner vos résultats dans le tableau 3.
2. Conclusion.

Tableau 3	Amplitude α°	20	30	40
	$10 T'(\alpha)$			
	Période calculée $T'(\alpha)$			
	Période mesurée $T'(\alpha)$			

Tableau 2.3 : Valeurs de la période T et de l'angle α .

Remarque : pour trouver la période calculée période mesurée $T'(\alpha)$, on utilise la formule de Borda et on prend la valeur de T pour $l=20\text{cm}$ du tableau 2.

2.5. Conclusion générale

TP3 : Etude Statique D'un Oscillateur Elastique

3.1. Objectif

- Mettre en évidence le mouvement d'un système mécanique élémentaire : le pendule élastique.
- Déterminer la constante de raideur du ressort.
- La masse inconnue d'une sphère à partir de la courbe d'étalonnage du ressort.
- Vérifier expérimentalement la formule théorique : $T = 2\pi\sqrt{m/K}$

T : période du mouvement en s.

K : constante de raideur du ressort en N/m.

m : masse du pendule en kg.

3.2. Matériels

- Un ressort
- Une boîte de masses marquées
- Une règle graduée 2m
- Une sphère de masse inconnue
- Pied statif variable
- Tige-support acier inoxydable
- Noix double

3.3. Etude théorique

Lorsqu'on suspend un objet à un ressort, ce dernier se déforme et exerce une force sur la masse responsable de sa déformation. Cette force F est appelée tension du ressort. La déformation du ressort (appelée aussi allongement) est notée x et est définie par :

$$X = |l - l_0| \quad \text{où } l_0 \text{ est la longueur à vide du ressort, } l \text{ est la longueur du ressort déformé.}$$

Le but de cette partie est d'étudier la variation de la valeur de cette tension « F » en fonction de la déformation « x » du ressort et de tracer ainsi la courbe d'étalonnage $F=f(x)$ du ressort.

On suspend un objet de masse m à un ressort attaché par son autre extrémité à un support :

1. Faire un schéma de la situation, représentant une masse suspendue au ressort.
 2. Faire le bilan des forces appliquées à cet objet. Donner leurs expressions vectorielles.
 3. Quelle est la relation vectorielle entre ces forces ?
 4. Quelles est la relation entre les valeurs de ces forces ?
 5. Dédire l'expression de la constante de raideur K en fonction de la masse m.
 6. Donner l'expression de l'incertitude de la constante de raideur du ressort ΔK .
- (On prendra pour tout le TP la valeur de l'accélération terrestre $g=9.81\text{m/s}^2$)

3.4. Etude pratique

1. Donner l'erreur de lecture commise sur la règle graduée.
2. Suspendre un ressort à un support. Mesurer sa longueur à vide(en absence de toute charge).
3. Suspendre des masses marquées suivant l'ordre croissant en veillant à ne pas dépasser la limite d'élasticité du ressort. Mesurer pour chacune des masses, la longueur prise par le ressort.
4. Consigner vos résultats dans le tableau 1.

Masse suspendue m (kg)	m1	m2	m3	m4
Tension du ressort F(N)				
Longueur du ressort l (m)				
Déformation du ressort x (m)				

Tableau 3.1 : Valeurs de la tension du ressort (F), de la masse (m), de la longueur du ressort l, et de la déformation du ressort x.

5. Sur une feuille millimétrée, tracer la courbe d'étalonnage $F=f(x)$ du ressort ainsi que les rectangles d'erreurs. On prend $(\Delta m/m)=5\%$. Déduire la pente de la courbe. Que représente-elle ?
6. A partir de la courbe, calculer l'incertitude sur la constante de raideur du ressort Δk .

3.4.1. Détermination de la masse d'une sphère

Dans cette partie, On va déterminer la masse inconnue d'une sphère (m_1) à partir de la courbe d'étalonnage du ressort. Reprendre le dispositif (support, ressort, règle graduée) utilisé précédemment. Accrocher la sphère au ressort.

1. Déterminer la déformation(x_1) du ressort.
2. Faire le bilan des forces appliquées sur la sphère.
3. Quelle relation vectorielle peut-on écrire ?
4. Utiliser la courbe d'étalonnage du ressort pour déterminer la valeur F_1 de la tension du ressort.
5. En déduire le poids(p_1), puis la masse(m_1) de la sphère.

3.5. Conclusion générale

TP4 : Chute Parabolique

4.1. Objectif

Etude de mouvement d'une bille avec une vitesse initiale horizontale.

4.2. Matériel utilisé

- Une bille métallique
- Une glissière
- Pied statif variable
- Tige-support acier inoxydable
- Noix double
- Papier carbone
- Une règle graduée 2m

4.3. Etude théorique

Dans le dispositif utilisé, la bille est lâchée sans vitesse initiale au point A de la glissière situé à la hauteur H du plan de travail, descend alors librement le long de celle-ci, pour atteindre une vitesse initiale horizontale au point de sortie M0 de coordonné (X=0 ; Z=h). Dans notre système de référence (OX ,OZ), la bille est ensuite naturellement animée d'un mouvement parabolique jusqu'au point de chute M1(X=X1 ;Z=0).

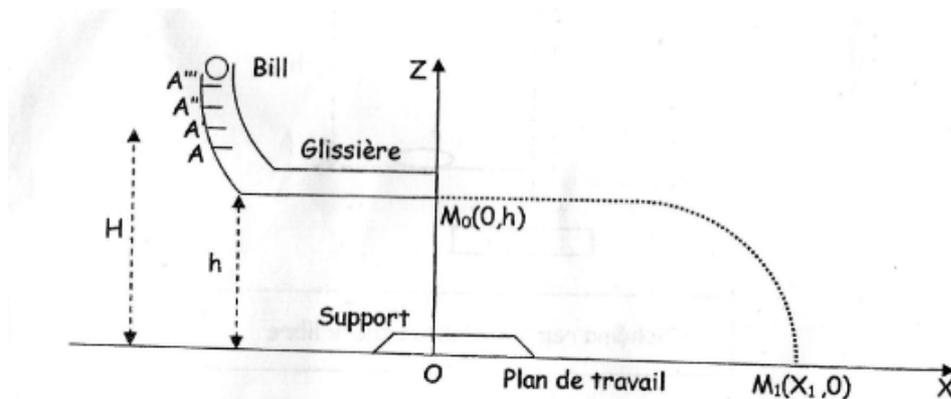


Figure 4.1 : Schéma d'une chute parabolique

1. Ecrire les équations de conservation de l'énergie mécanique. Démontrer alors que : $V_0^2 = 2g(H-h)$ (H-h) étant la hauteur de la glissière à mesurer.

2. Quelle est la nature de mouvement de la bille suivant les axes OX et OZ. Ecrire les équations temporelles X(t) et Z(t) correspondants et déduire l'équation parabolique Z(x) de cette trajectoire.

En utilisant la conservation de l'énergie totale au point de sortie M0 et au point M1, montrer que la vitesse V1 acquise par la bille sur le plan de travail est : $V_1^2 = V_0^2 + 2gh = 2Gh$

4.4. Etude expérimentale

Choisir toujours le même point de lâchage de la bille sur la glissière (même vitesse initiale de sortie), faire varier en réglant la glissière et mesurant les distances OM1=X1 correspondant au point de chute (on placera sur le plan de chute une feuille de papier avec une feuille de papier carbone en dessus, ce qui permet à la bille de laisser une trace au moment de l'impact).

1. Remplir le tableau suivant :

h(cm)	10	20	30	40	50
X1=OM1(cm)					
X ₁ ² (cm ²)					
ΔX ₁ ² (cm ²)					

Tableau 4.1 : Valeurs de la hauteur (h), et de la portée X1.

2. Comparer les valeurs mesurées de X1 avec les valeurs théoriques, pour cela il faut déterminer l'équation de la trajectoire $h=f(x)$ et déduire la portée de la bille.

3. Représenter graphiquement h en fonction de X₁² ($h = f(X_1^2)$). En déduire la valeur initiale V0.

Fixer maintenant la hauteur h (Z=0, M0= h = 50cm) et faire varier la vitesse initiale V0 de la bille en la lâchant aux différentes positions A, A', A'' de la glissière. Relevez les portées X1=OM1 correspondantes et remplir le tableau suivant :

H(cm)	A	A'	A''
X1=OM1(cm)			
V1(m/s)			

Tableau 4.2 : Valeurs de la hauteur (H), de la portée X1, et de la vitesse V1.

Remarque : On suppose que la pesanteur $g=9.81\text{m/s}^2$

4.5. Conclusion générale

Annexe

Erreurs et incertitudes

Il est inévitable que les expériences s'écartent de leurs prédictions théoriques. Cela peut être dû à des erreurs instrumentales et à des erreurs humaines (du manipulateur).

Dans la pratique on trouve deux types d'erreurs: erreur absolue, et erreur relative.

1- Erreur absolue

L'erreur absolue est une indication de l'incertitude d'une mesure. Elle mesure dans quelle mesure la valeur expérimentale peut varier de sa valeur réelle. L'unité de l'erreur absolue c'est la même unité de la grandeur physique à mesurer. Elle est donnée par l'équation (1) :

erreur absolue = valeur mesurée – valeur vraie

$$\Delta_x = X_m - X_v \quad (1)$$

2- Erreur relative

L'erreur relative est calculée par le rapport entre l'erreur absolue et la valeur expérimentale.

Il est exprimé en pourcentage ou en fraction, de sorte qu'il n'a pas d'unités. Elle est donnée par l'équation (2) :

$$\frac{\Delta_x}{X_v} \quad (2)$$

3- Pente et incertitudes :

Dans un graphe, pour déterminer l'incertitude sur une pente, on doit tout d'abord tracer les barres d'incertitudes (Δx sur l'axe horizontale et Δy sur l'axe verticale) (voir la figure ci-dessous).

Ensuite on cherche les pentes extrêmes (la pente maximale a_{max} et la pente minimale a_{min}).

Alors la pente réelle est définie par : $a_{réel} = a_{moy} \pm \Delta a$

a_{moy} : La pente moyenne, elle donnée par : $a_{moy} = \frac{a_{max} + a_{min}}{2}$.

Δa : L'incertitude sur la pente, elle donnée par : $\Delta a = \frac{a_{max} - a_{min}}{2}$

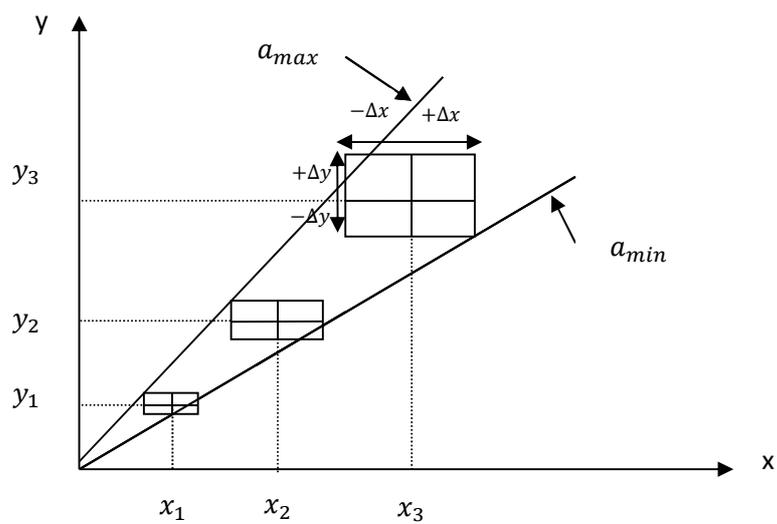


Figure I.3 : représentation graphique (pente et incertitudes)

Références:

[1] SALMA ALRASHEED, “*Principles of Mechanics, Fundamental University Physics*”, Advances in Science, Technology & Innovation, IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development, Springer.pp (1-179), ISSN 2522-8722, ISBN 978-3-030-15195-9 . 2019.

[2] HERBERT GOLDSTEIN, “*Classical Mechanics*”. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, second edition, 1980. QA805.G6.

[3] MICHAEL COHEN, “*Classical Mechanics: a Critical Introduction*”, Department of Physics and Astronomy University of Pennsylvania Philadelphia, PA 19104-6396, Copyright 2011, 2012.

[4] JARED WYNN, “*Motion of a Pendulum*”, Undergraduate Journal of Mathematical Modeling: One + Two, Volume 3, Issue 1, December 2010.

Springhttp://scholarcommons.usf.edu/ujmm/vol3/iss1/21?utm_source=scholarcommons.usf.edu%2Fujmm%2Fvol3%2Fiss1%2F21&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

[5] Chapter 4, “*Oscillatory Motion*”, dated 23/03/2022.

<file:///F:/references%20polycope%20physique/v2chap4.pdf>

[6] DAVID MORIN, “*Chapter 3, Kinematics in 2-D (and 3-D), From Problems and Solutions in Introductory Mechanics*”, (Draft version, August 2014.

<https://web.iit.edu/sites/web/files/departments/academic-affairs/academic-resource-center/pdfs/Kinematics.pdf>,

dated 10/04/2022

[7] DAVID VELASCO VILLAMIZAR , “*Analytical Description of Parabolic Motion*”, Centro de Ciências Exatas Biológicas, Universidade Estadual do Paraná, União da Vitória, CEP 84600-185, Brazil, Dated: February 1, 2018

https://www.researchgate.net/publication/322882552_Analytical_Description_of_Parabolic_Motion/link/5a73b236a6fdcc53fe148151/download