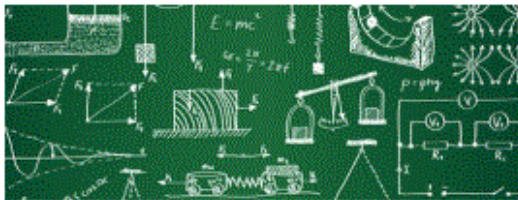


Travaux Pratiques Physique1(L1-S1) TP N01 : calcule d'erreurs



Université Mohamed Boudiaf
de M'sila

Faculté de technologie

1ère année de licence Base
commune

Email: koriker.
mustapha@univ-msila.dz

Dr.KORIKER Mustapha

1.0

25 -02-2024

Table des matières

Objectifs	4
I - pre –requires	5
1. Carte mentale	5
2. Définitions	5
3. Exercices tactiques tribaux	6
4. Exercice	6
5. Évaluation de l'examen d'entrée	6
II - Introduction	7
III - Partie théorique	8
1. La signification de l'incertitude dans les mesures physiques	8
2. Estimation de l'incertitude des mesures physiques	8
3. les Types de mesure	8
4. Mesure directe	9
4.1. La valeur moyenne	9
4.2. L'incertitude moyenne	9
4.3. L'incertitude quadratique moyenne	9
4.4. L'incertitude absolue	9
5. Mesure indirecte	9
5.1. L'incertitude relative	10
IV - Partie pratique	11
1. Mesure directe	11
2. Questions	11
3. Mesure indirecte	11
4. Questions	12
V - exercice de évaluation	13
1. Exercice : 01	13
2. Exercice : 02	13

3. Exercice : 03	13
4. Exercice : 04	13

Conclusion	14
-------------------	-----------

Solutions des exercices	15
--------------------------------	-----------

Abréviations	16
---------------------	-----------

Bibliographie	17
----------------------	-----------

Webographie	18
--------------------	-----------

Objectifs

Apprendre quelques règles de base pour estimer les incertitudes expérimentales et valoriser ainsi les mesures effectuées au laboratoire.

La physique travaille continuellement avec des approximations. Une des raisons en est que toute mesure d'une grandeur quelconque est nécessairement entachée d'erreur. Il est impossible d'effectuer des mesures rigoureusement exactes.

Pour prendre conscience du degré d'approximation avec lequel on travaille, on fait l'estimation des erreurs qui peuvent avoir été commises dans les diverses mesures et on calcule leurs conséquences dans les résultats obtenus. Ceci constitue le calcul d'erreur, ou calcul d'incertitude

Calculer les erreurs de mesure lors d'expérimentations et de mesures physiques

I pre -requires

1. Carte mentale

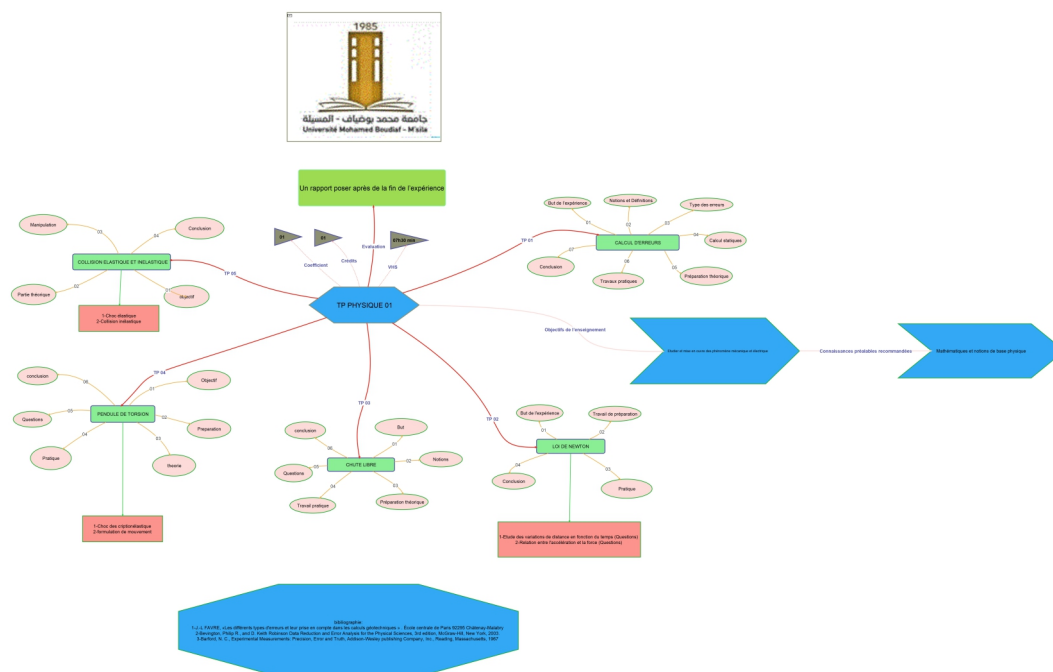


Fig 1 : Carte mentale

Fiche-Contact

Établissement : Université Med BOUDIAF- M'sila

Faculté : technologie

Département : ST

Public cible : 1ère année Licence, tronc commun

Intitulé du cours : Travaux Pratiques Physique 1 (L1-S1)

Unité d'enseignement Transversales (UET) : Crédit : 1 | Coefficient : 1

Durée : 6 semaines **Horaire** : mardi : 8h - 17h00

Enseignant : Dr. KORIKER Mustapha **Contact par mail** : koriker.mustapha@univ-msila.dz

Disponibilité : Au département : mardi, jeudi de 09h00 - 17h00

2. Définitions

1- utilisé les normes internationales en mesures physiques

- 2- Une compréhension générale des erreurs physiques
- 3- Comprendre les forces qui affectent l'objet et leur représentation
- 4- Application de la deuxième loi de Newton
- 5- La différence entre la chute libre et la chute réelle.
- 6- Dériver la solution d'une équation différentielle du second ordre.
- 7- Un aperçu des collisions physiques

3. Exercices tactiques tribaux

1- Donner moi

- La Valeur Moyenne ($\bar{x}$)
- la somme des erreurs.
- La moyenne des erreurs

4. Exercice

[solution n°1 p.15]

1- Quelle est la principale estimation de l'imprécision des mesures physiques :

- ☐ évaluation des erreurs
- ☐ Estimation de l'incertitude des mesures physiques
- ☐ Calculer les erreurs

5. Évaluation de l'examen d'entrée

Après l'examen d'entrée, si vous avez obtenu une note inférieure à cinquante pour cent, nous vous suggérons de revoir les références suivantes

1- **Théorie des erreurs** - Ce cours aborde les fondements de la méthode des moindres carrés pour les modèles linéaires, une méthode essentielle pour le calcul des erreurs en sciences géographiques et dans d'autres domaines

2- **Les mathématiques au service de la science** - Cet ouvrage explore les contributions de mathématiciens comme Poisson dans le domaine des probabilités et de la statistique, incluant la théorie des erreurs et son application

3- **Analyse des erreurs de précision des calculs** - Ce document examine les erreurs induites par les arrondis nécessaires dans les calculs numériques, en particulier avec les nombres flottants

4- **Calcul des probabilités et théorie des erreurs en géodésie** - Ce texte traite de l'application de la théorie des erreurs aux sciences d'observation, notamment en géodésie

II Introduction

Mesurer une grandeur, ce n'est pas simplement trouver la valeur de cette grandeur mais aussi lui associer une incertitude* afin de pouvoir qualifier la qualité de la mesure. Cette incertitude est associée à des erreurs de mesure dues à l'instrument de mesure, à l'opérateur ou à la variabilité de la grandeur mesurée. L'incertitude de mesure est la valeur qui caractérise la dispersion des valeurs, qui peut être attribuée à la grandeur mesurée.

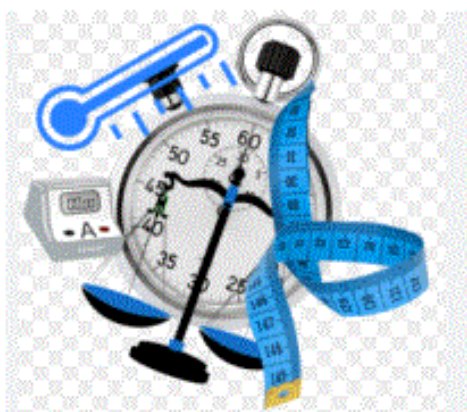


Fig 2 : Outils de mesure

III Partie théorique

1. La signification de l'incertitude dans les mesures physiques

Presque chaque fois que vous effectuez une mesure, le résultat ne sera pas un nombre exact, mais une plage de valeurs possibles. La plage de valeurs associée à une mesure est décrite par l'incertitude. L'incertitude est un nombre qui suit le signe $\pm$. Par exemple, dans la mesure (8 ± 2) , 8 est la valeur et 2 est l'incertitude. Puisque toute la science dépend de mesures, il est important de comprendre les incertitudes et de s'habituer à les utiliser. L'incertitude d'une mesure est parfois appelée « erreur ». Il s'agit d'un terme dépassé, car le mot « erreur » implique qu'une erreur a été commise. Au contraire, l'incertitude est une partie nécessaire de toute mesure, et ce serait une erreur de ne pas la signaler. (Les erreurs de mesure)

2. Estimation de l'incertitude des mesures physiques

Deux méthodes de mesure différentes doivent être distinguées : la mesure directe et la mesure indirecte.

Définition

Une erreur peut être définie comme la différence entre les valeurs mesurées et réelles

$$\delta_e = X_r - X_m$$

Où

X_r : est la valeur réelle (expérimentalement la valeur moyenne)

X_m : est la valeur réelle mesurée

3. les Types de mesure

Il existe deux types de mesure :

- mesure directe
- mesure indirect

4. Mesure directe

4.1. La valeur moyenne

La valeur moyenne ($\overline{VM}^*$) est obtenu en divisant la somme totale des mesures (X_i) par le nombre total de mesures (n). Son expression est donnée comme suit :

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

4.2. L'incertitude moyenne

Il s'agit de la moyenne des écarts entre les valeurs mesurées et la valeur moyenne. Son expression est donnée comme suit :

$$\Delta \overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \overline{X}|}{n}$$

4.3. L'incertitude quadratique moyenne

L'incertitude quadratique moyenne (EQM^{*}) désigne la moyenne des carrés des écarts entre les valeurs mesurées et la valeur moyenne. Son expression est donnée comme suit

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X})^2}{n-1}}$$

4.4. L'incertitude absolue

Cela représente l'ampleur absolue de la plus grande différence entre les valeurs mesurées et la valeur moyenne. Son expression est donnée comme suit :

$$\Delta X = \text{MAX} |X_i - \overline{X}|$$

Ou la valeur maximale que peut prendre une erreur

$$\Delta X = \text{MAX} |\delta_d|$$

5. Mesure indirecte

Dans de telles situations, nous déterminons la valeur d'une quantité grâce à des relations mathématiques avec d'autres variables. La mesure indirecte est choisie lorsqu'il n'est pas possible de mesurer directement la quantité ou lorsqu'une analyse plus détaillée est nécessaire pour explorer la manière dont des variables spécifiques l'affectent. Nous pouvons évaluer l'incertitude absolue ou relative d'une grandeur physique $x=f(a,b,c,..)$, qui est exprimée en fonction d'autres variables, en utilisant la méthode différentielle d'estimation de l'incertitude comme suit :

$$\Delta X = \left| \frac{\partial f}{\partial a} \right| \Delta a + \left| \frac{\partial f}{\partial b} \right| \Delta b + \left| \frac{\partial f}{\partial c} \right| \Delta c$$

5.1. L'incertitude relative

Cela signifie la proportion de l'incertitude absolue par rapport à la valeur moyenne. Son expression est donnée comme suit :

$$\frac{\Delta X}{\bar{X}}$$

Rappel

La valeur mesurée s'écrit sous la forme suivante

$$X = \bar{X} \pm \Delta X$$

Exemple : expression incertitude absolue

dans cet exemple. Si on veut déterminer la surface d'une pièce, on mesure sa longueur L et sa largeur D et la surface est donnée par la fonction $S = L \cdot D$. Les distances mesurées comportent une incertitude dL sur la longueur et dD sur la largeur. Comment déduire l'incertitude dS sur la surface calculée ?

Envisageons le cas le plus défavorable et considérons que les incertitudes augmentent chaque fois les grandeurs mesurées. L'incertitude dS sur la surface correspond alors à l'accroissement total de la surface (voir Fig. 2) :

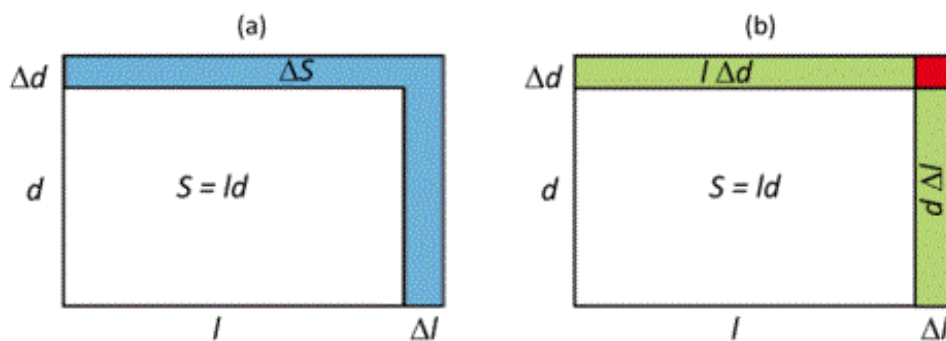


fig 3 : Accroissement total (a) et différentielle (b) de la surface d'un rectangle de longueur l et de largeur d

dS est donné par l'équation suivante :

$$\Delta S = \left| \frac{\partial S}{\partial L} \right| \Delta L + \left| \frac{\partial S}{\partial D} \right| \Delta D$$

IV Partie pratique

1. Mesure directe

Utiliser des instruments de mesure habituels :

- pied à coulisse et balancier.
- Calculer les incertitudes (Calcul d'erreurs).

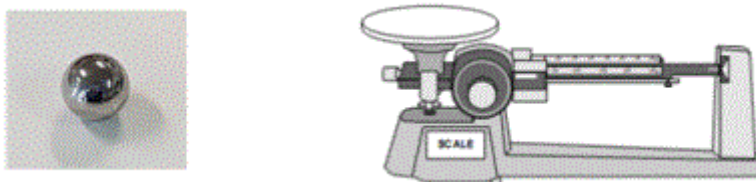


Fig 4 : Bille d'acier et équilibre

Choisissez un objet sphérique et mesurez plusieurs fois la masse d'une boule de fer à l'aide d'une balance traditionnelle. Écrivez les résultats dans le tableaux suivant :

N mesurées	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
masse (g)	27.92	27.89	27.94	27.96	27.87	27.88	27.9	27.91	27.91	27.9

2. Questions

- Calculez la valeur moyenne mesurée. $\bar{m} = 27,92$
- Calculer l'erreur moyenne absolue $\Delta\bar{m} = 0,01$
- Calculer l'incertitude quadratique moyenne $\sigma = 0,017$
- Calculer l'incertitude absolue et relative $\Delta m = 0,03$
 $\Delta m / \bar{m} = 0,00107$
- Écrivez la valeur mesurée dans le formulaire $m = \bar{m} \pm \Delta m$
 $m = 27.92 \pm 0.03$

3. Mesure indirecte

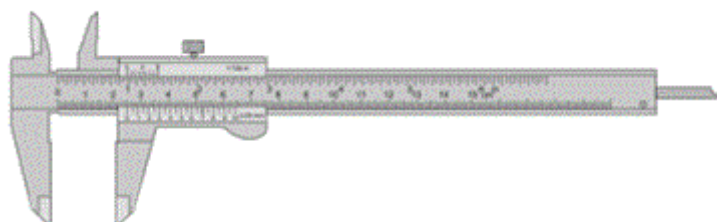


Fig 5 : pied à coulisse

Choisissez un objet sphérique et mesurez son rayon plusieurs fois avec un pied à coulisse. Écrivez les résultats dans les tableaux suivants :

n mesuree	1	2	3	4	5	6
diameter(cm)	0.95	0.94	0.96	0.93	0.96	0.94
volume(cm ³)	1.92	1.9	1.94	1.96	1.95	2
Masse vol	14.1	13.96	14.1	14.4	14.05	13.9

4. Questions

- Calculer la valeur moyenne mesurée. $\bar{\rho}=14,16$
- Calculer l'erreur moyenne absolue $\Delta\bar{\rho}=0,11$
- Calculer l'incertitude quadratique moyenne $\sigma=0,13$
- Calculer l'incertitude absolue et relative $\bar{v}=1,97$ $\Delta v=0,03$
- Donne les expressions de l'incertitude absolue $\Delta\bar{\rho}$ en fonction de $V, m, \Delta V$ et Δm

on a la fonction de la masse volumique est donnée par:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \Delta\rho = \left| \frac{\partial \rho}{\partial m} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial \rho}{\partial V} \right| \Delta V$$

- Calculer l'incertitude absolue et relative $\Delta\rho=0,04$ $\Delta\rho/\bar{\rho}=0,002$
- Écrivez la valeur mesurée sous la forme : $\rho = \bar{\rho} \pm \Delta\rho; \rho = 14,16 \pm 0,04$

V exercice de évaluation

1. Exercice : 01

- Expliquez en quelques mots quel est le but du calcul d'erreur.
- Dans quels cas parle-t-on d'erreur ? d'incertitude ?
- Définissez l'incertitude absolue et l'incertitude relative.

2. Exercice : 02

Pour mesurer l'épaisseur e d'un cylindre creux, vous mesurez le diamètre intérieur $D1$ et le diamètre extérieur $D2$ et vous trouvez $D1 = 19.5 \pm 0.1$ mm et $D2 = 26.7 \pm 0.1$ mm.

- Donnez le résultat de la mesure de e avec son incertitude absolue puis la précision (incertitude relative).

3. Exercice : 03

[solution n°2 p.15]

Une des causes d'erreur dans la mesure directe

- ☐ Répétez le processus de mesure
- ☐ Ne pas écrire de lois
- ☐ Il y a un défaut dans l'instrument de mesure
- ☐ quelques choses d'autres

4. Exercice : 04

[solution n°3 p.15]

La méthode utilisée pour vérifier le réglage de l'instrument de mesure

- ☐ Précision
- ☐ Étalonnage zéro de l'appareil
- ☐ unités
- ☐ angle de vue

Conclusion

Grâce à l'application de méthodes statistiques, un calibrage minutieux et la prise en compte des erreurs systématiques et aléatoires peuvent atténuer les inexactitudes dans une mesure significative. En reconnaissant et en quantifiant ces incertitudes, nous améliorons non seulement la fiabilité de nos résultats, mais favorisons également une culture de transparence et de rigueur dans la recherche scientifique. Accepter l'incertitude dans les mesures renforce en fin de compte les fondations sur lesquelles reposent les avancées scientifiques futures, garantissant que nos conclusions reposent sur des données robustes et fiables.

Solutions des exercices

> **Solution n° 1**

Exercice p. 6

1- Quelle est la principale estimation de l'imprécision des mesures physiques :

- ☒ évaluation des erreurs
- ☐ Estimation de l'incertitude des mesures physiques
- ☐ Calculer les erreurs

> **Solution n° 2**

Exercice p. 13

Une des causes d'erreur dans la mesure directe

- ☐ Répétez le processus de mesure
- ☐ Ne pas écrire de lois
- ☒ Il y a un défaut dans l'instrument de mesure
- ☐ quelques choses d'autres

> **Solution n° 3**

Exercice p. 13

La méthode utilisée pour vérifier le réglage de l'instrument de mesure

- ☐ Précision
- ☒ Étalonnage zéro de l'appareil
- ☐ unités
- ☐ angle de vue

Abréviations

EQM : L'incertitude quadratique moyenne

VM : La valeur moyenne

Bibliographie

J.-L FAVRE, «Les différents types d'erreurs et leur prise en compte dans les calculs géotechniques » . École centrale de Paris 92295 Châtenay-Malabry

Bevington, Philip R., and D. Keith Robinson Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences, 3rd edition, McGraw-Hill, New York, 2003.

Barford, N. C., Experimental Measurements: Precision, Error and Truth, Addison-Wesley publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts, 1967

Webographie

<https://www.univ-chlef.dz/ft/wp-content/uploads/2020/10/Chapitre-2.pdf>