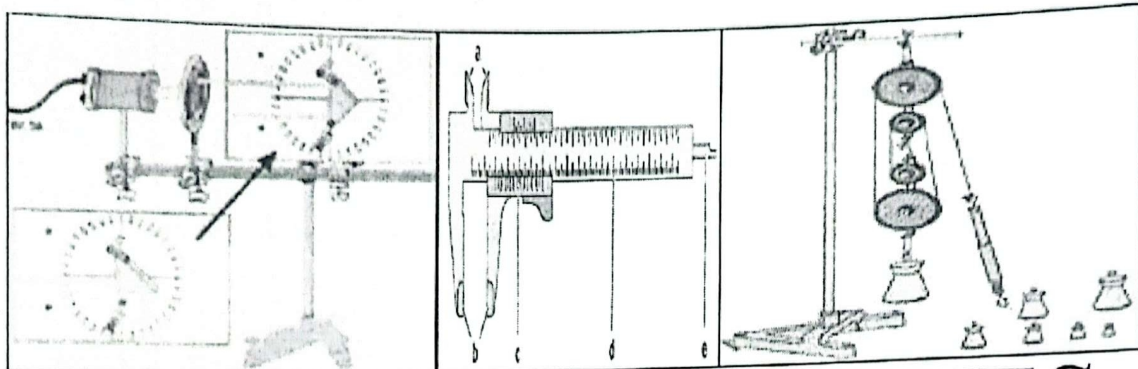


LICENCE 1

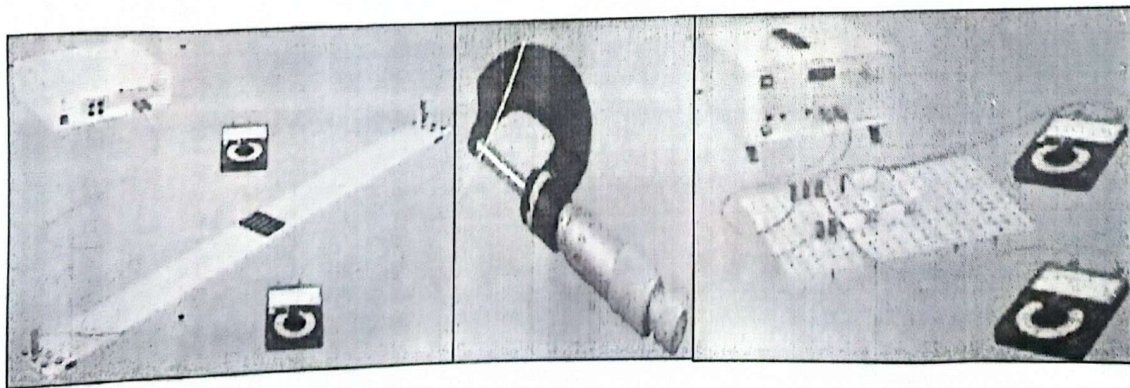
PC-MI- MPCT-MPT



TRAVAUX PRATIQUES

DE

PHYSIQUE



Dr. FOFANA ALHASSANE (Maître de Conférences)
Dr. KOFFI K. FIRMIN (Maître-Assistant)
Dr. GBANE AHMADOU (Maître-Assistant)
Dr. BAMBA BAKARY (Maître-Assistant)
UFHB Cocody – Abidjan
Version 2024-2025

I- INTRODUCTION

- Les travaux pratiques (TP) de Physique de la 1^{ère} année se composent d'une série de manipulations d'électricité, de mécanique et d'optique.
- Les étudiants travaillent par groupe en nombre réduit.
- La présence en T.P. est obligatoire. Au-delà de 3 absences, l'étudiant est automatiquement exclu de l'examen.
- A la fin de chaque séance, un compte rendu individuel de la manipulation doit être remis à l'enseignant pour correction. La note finale de T.P. est la moyenne des notes obtenues par chaque étudiant sur l'ensemble des comptes rendus et la note d'examen.

II- BUT DES TRAVAUX PRATIQUES

Il est triple :

- Illustrer les connaissances de bases données par l'enseignement théorique.
- Initier l'étudiant aux méthodes expérimentales de mesure.
- Apprendre à « rendre compte » d'une manipulation, c'est-à-dire traduire correctement en termes scientifiques les résultats d'une expérience. Une grande importance sera accordée à la rédaction de ces comptes rendus.

III- EXECUTION DES MANIPULATIONS

Toute manipulation de Travaux Pratiques doit être préparée en lisant le texte, en étudiant le principe et en se rapportant au cours théorique.

Pour une bonne exécution des manipulations, il faut, en premier lieu, reconnaître les appareils, leur nature, leur principe de fonctionnement et lire éventuellement leur précision afin de déterminer les erreurs de mesure.

Ensuite disposer les appareils avec soin afin de rendre la manipulation aisée.

IV- LISTE DES TP

- 1- POULIE SIMPLE, POULIE MOBILE, PALAN
- 2- LENTILLE MINCE CONVERGENTE : DETERMINATION DE LA DISTANCE FOCAL
- 3- REFRACTION, REFLEXION, INDICE DE REFRACTION, LOI DE DESCARTES
- 4- PETITES MESURES ET CALCUL D'ERREURS
- 5- ETUDE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE : PONT DIVISEUR DE TENSION, PONT DIVISEUR DE COURANT
- 6- RESISTANCE LINEAIRE : LOI D'OHM

POULIE SIMPLE

POULIE MOBILE

PALAN

1. BUT

- Vérifier les relations qui lient le poids à soulever à la force à appliquer quand on a une poulie simple, une poulie renversée ou poulie mobile, un palan.
- Déterminer l'intensité de la pesanteur g .

2. RAPPELS THEORIQUES

2-1. Poulie simple

Une poulie est une machine simple, c'est-à-dire un dispositif de mécanique élémentaire. Elle est constituée d'une roue servant à la transmission du mouvement. La poulie est utilisée avec une courroie, une corde, une chaîne ou un câble et la forme de la jante est adaptée aux cas d'utilisation. Une poulie simple est constituée d'une roue avec une gorge appelée réa, et d'une chape. La figure 1 ci-dessous présente une schématisation simplifiée de la poulie simple.

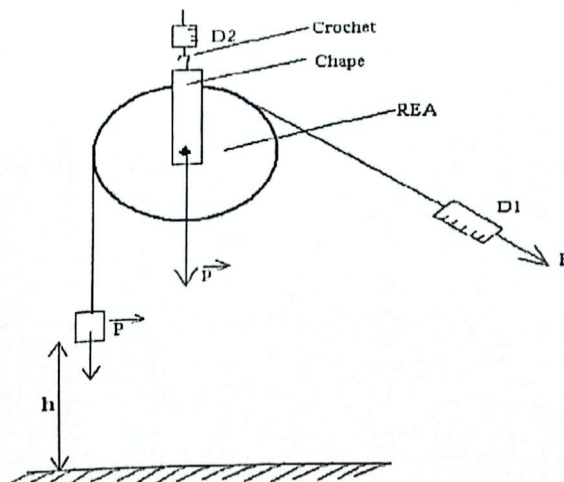


Figure 1 : Schéma d'une poulie simple.

2-2. Poulie renversée ou poulie mobile

Dans le cas de la poulie mobile, le crochet sert à porter la charge. La figure 2 ci-dessous montre trois exemples de poulies mobiles.

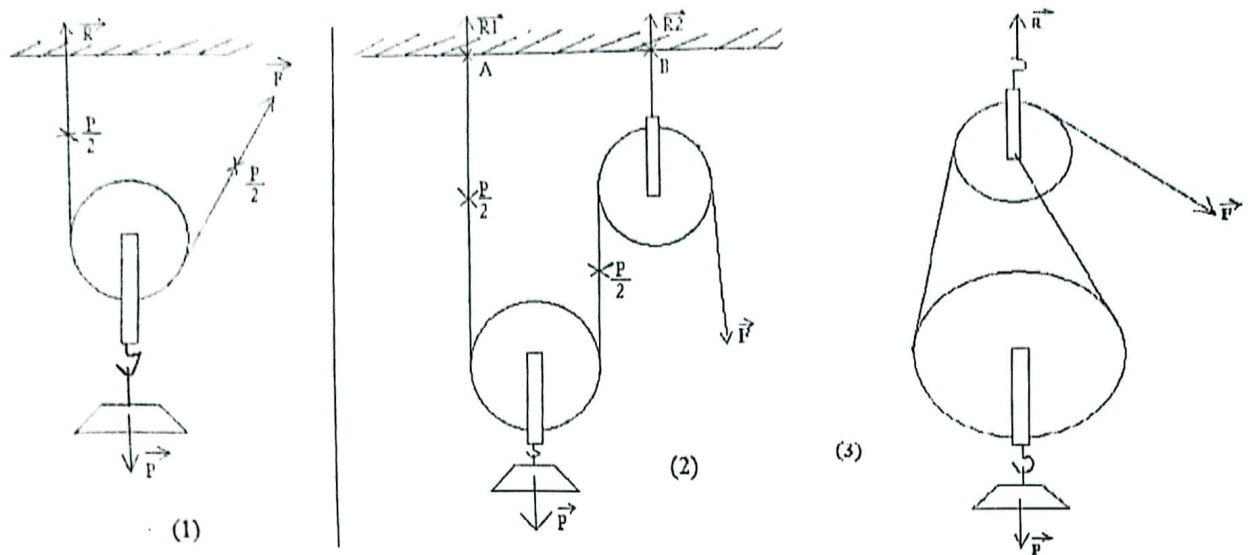


Figure 2 : Présentation de trois exemples de poulies mobiles.

On voit bien que l'association « poulie simple-poulie mobile » ne change pas la relation entre la force à appliquer (F) et le poids (P).

2-3. Palan à 4 poulies

Une représentation schématique du palan à 4 poulies est donnée par la figure 3.

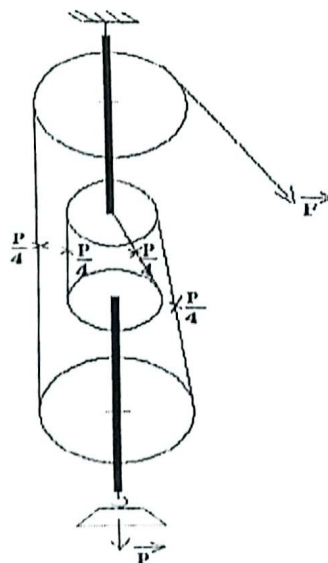


Figure 3 : Schéma conceptuel d'un palan à 4 poulies.

3. PRINCIPE ET EQUATIONS DE BASE

3-1. Poulie simple

La figure 1 montre bien que deux forces interviennent :

- Le poids (P) de la charge de masse m
- La force à appliquer d'intensité (F)

On a :

$$F = P = m \times g \quad (1)$$

3-2. Poulie renversée ou poulie mobile

La figure 2 montre bien que deux forces interviennent :

- Le poids (P) de la charge de masse m
- La force à appliquer d'intensité (F)

On a :

$$F = \frac{P}{2} = \frac{m \times g}{2} \quad (2)$$

3-3. Palan à 4 poulies

La figure 3 montre bien que deux forces interviennent :

- Le poids (P) de la charge de masse m
- La force à appliquer d'intensité (F)

On a :

$$F = \frac{P}{4} = \frac{m \times g}{4} \quad (3)$$

3-4. Calcul d'erreurs

Pour déterminer l'expression de l'erreur commise sur le poids P notée ΔP , on procède comme suit :

On linéarise dans une première étape l'équation (1). On obtient le résultat suivant :

$$\ln(P) = \ln(m) + \ln(g) \quad (4)$$

Ensuite, on calcule la différentielle de l'équation (4) puis on déduit l'expression de l'erreur relative $\frac{\Delta P}{P}$ tout en maximisant l'erreur.

$$\frac{dP}{P} = \frac{dm}{m} + \frac{dg}{g} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} \quad (5)$$

On déduit alors la relation donnant l'erreur absolue ΔP .

$$\Delta P = P \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} \right) \quad (8)$$

4. MANIPULATION

4-1. Poulie simple

Prendre : $g = 10 \text{ N/kg}$, $\Delta m = 1 \text{ g}$, $\frac{\Delta g}{g} = 10\%$.

1. Reproduire puis compléter le tableau ci-dessous :

m (kg)	Poids P (N) (Valeurs théoriques)	ΔP (N)	Force à appliquer F (N) (Valeurs expérimentales)	ΔF (N)
0,1				
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,7				
1				
1,5				
2				

2. Comparer les valeurs théoriques du poids P aux valeurs expérimentales de la force à appliquer F pour les différentes masses étudiées. En déduire la relation liant F et P .
3. Tracer la courbe $F = f(m)$. Commenter la courbe. Donner la nature de la courbe puis établir son équation.
4. En déduire graphiquement la valeur de l'intensité du champ de pesanteur noté g_1 . Comparer g_1 à g , puis conclure.
5. Exprimer F en fonction de m et g_1 .
6. Etablir l'expression de ΔF en fonction de Δm et Δg_1 puis compléter le tableau ci-dessus.

4-2. Poulie mobile

Prendre : $g = 10 \text{ N/kg}$, $\Delta m = 1 \text{ g}$, $\frac{\Delta g}{g} = 10\%$.

1. Reproduire puis compléter le tableau ci-dessous :

m (kg)	Poids P (N) (Valeurs théoriques)	Force à appliquer F (N) (Valeurs expérimentales)	ΔF (N)
0,1			
0,2			
0,3			
0,4			
0,5			
1			
1,5			
2			
2,5			
3			
3,5			

2. Comparer les valeurs théoriques du poids P aux valeurs expérimentales de la force à appliquer F pour les différentes masses étudiées. En déduire la relation liant F et P .

3. Tracer la courbe $F = f(m)$. Commenter la courbe. Donner la nature de la courbe puis établir son équation.

4. En déduire graphiquement la valeur de l'intensité du champ de pesanteur noté g_2 . Comparer g_2 à g , puis conclure.

5. Exprimer F en fonction de m et g_2

4-3. Palan

Prendre : $g = 10 \text{ N/kg}$, $m = 1 \text{ g}$, $\frac{\Delta g}{g} = 10\%$.

1. Reproduire puis compléter le tableau ci-dessous :

m (kg)	Poids P (N) (Valeurs théoriques)	Force à appliquer F (N) (Valeurs expérimentales)	ΔF (N)
1			
1,5			
2			
2,5			
3			
3,5			
4			
4,5			

2. Comparer les valeurs théoriques du poids P aux valeurs expérimentales de la force à appliquer F pour les différentes masses étudiées. En déduire la relation liant F et P .
3. Tracer la courbe $F = f(m)$. Commenter la courbe. Donner la nature de la courbe puis établir son équation.
4. En déduire graphiquement la valeur de l'intensité du champ de pesanteur noté g_3 . Comparer g_3 à g , puis conclure.
5. Exprimer F en fonction de m et g_3

4-4. Conclusion

1. Donner la relation liant le poids P d'une charge suspendue à la force à appliquer F dans le cas des machines de levage étudiées :

- Poulie simple
- Poulie mobile
- Palan

2. Lequel des trois machines simples étudiés proposeriez-vous à l'ouvrier pour le levage d'une charge de masse m ? Justifiez votre réponse.

3. Pour les machines simples (figure 4) :

- Reproduire le schéma en indiquant la force à appliquer (F) et le poids (P) de la charge.
- Quelle est la relation entre la force à appliquer (F) et le poids (P) de la charge dans chacun des cas ?

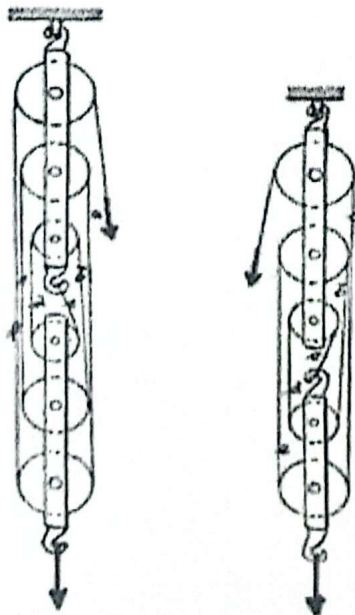


Figure 4 : Machines simples à plusieurs poulies

LENTILLE MINCE CONVERGENTE

DETERMINATION DE LA DISTANCE FOCALE

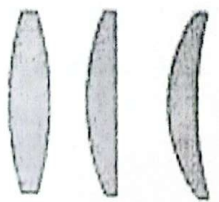
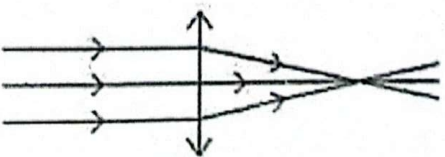
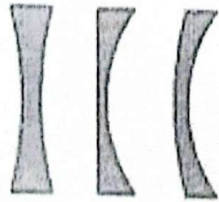
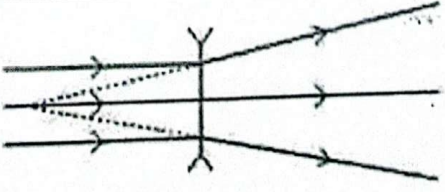
1. BUT DU TP

Déterminer la distance focale d'une lentille mince convergente à l'aide de deux méthodes :

- La méthode des plans conjugués
- La méthode de Bessel

2. RAPPEL THEORIQUE

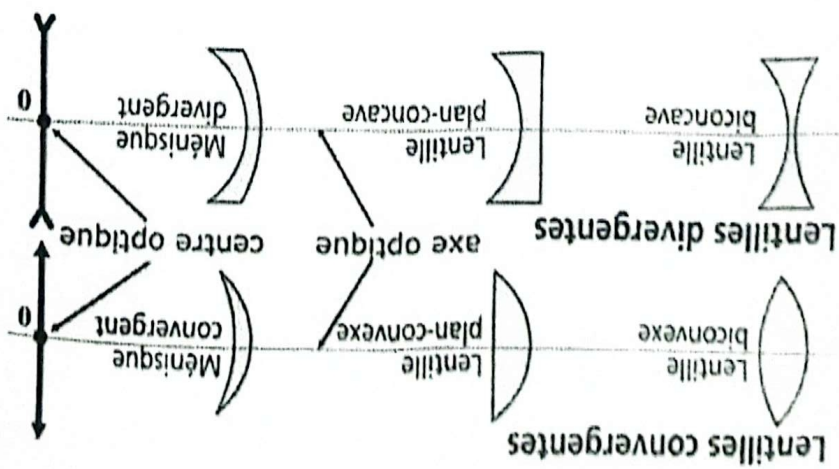
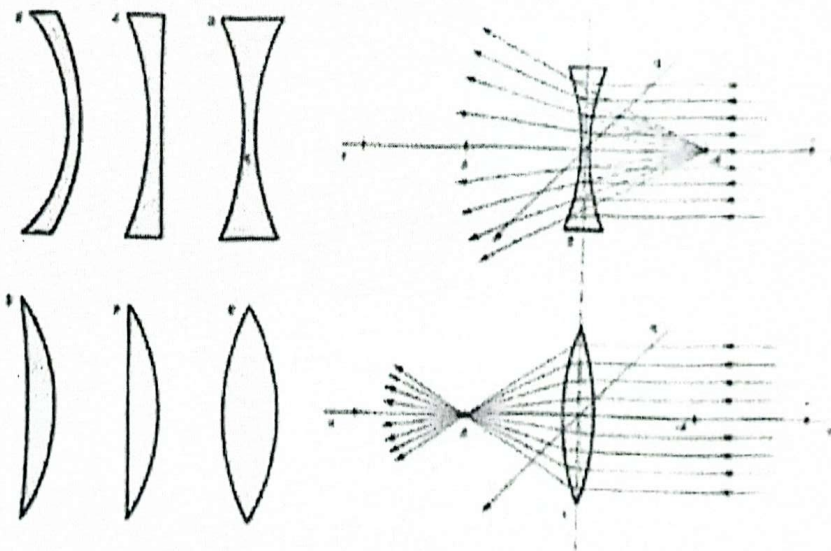
Une lentille est un dispositif optique.
Elle peut être convergente ou divergente

	vue en coupe	schéma	déviati on de la lumière
lentilles convergentes			
lentilles divergentes			

La lentille convergente ci-dessus a une distance focale $F = 100 \text{ mm}$
La distance focale donne la position des deux foyers :

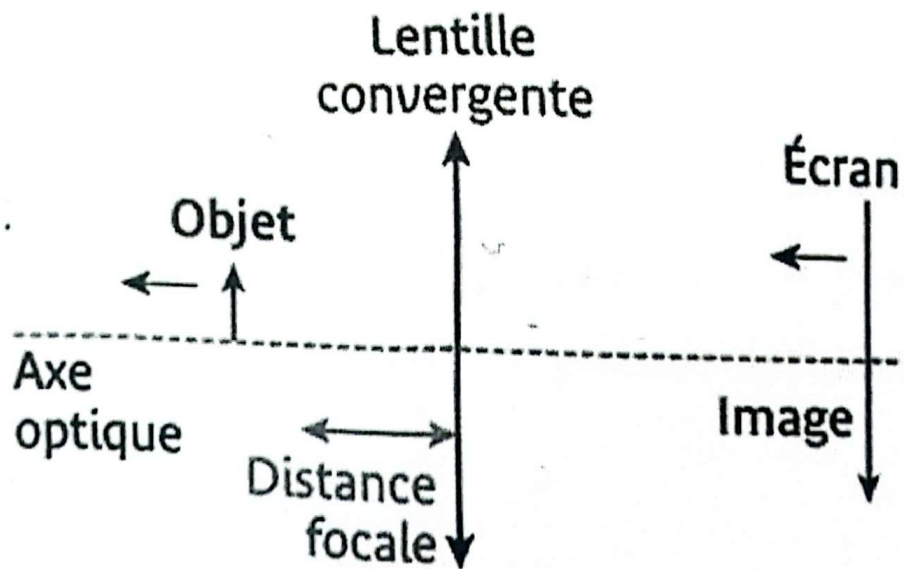
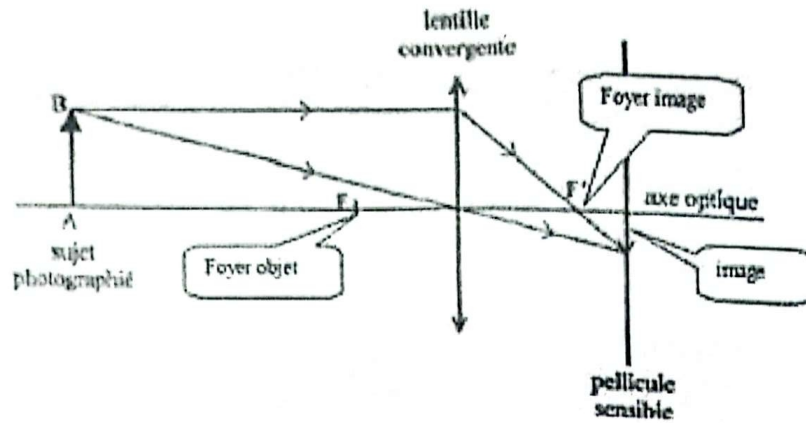


Une lentille est caractérisée par sa distance focale F

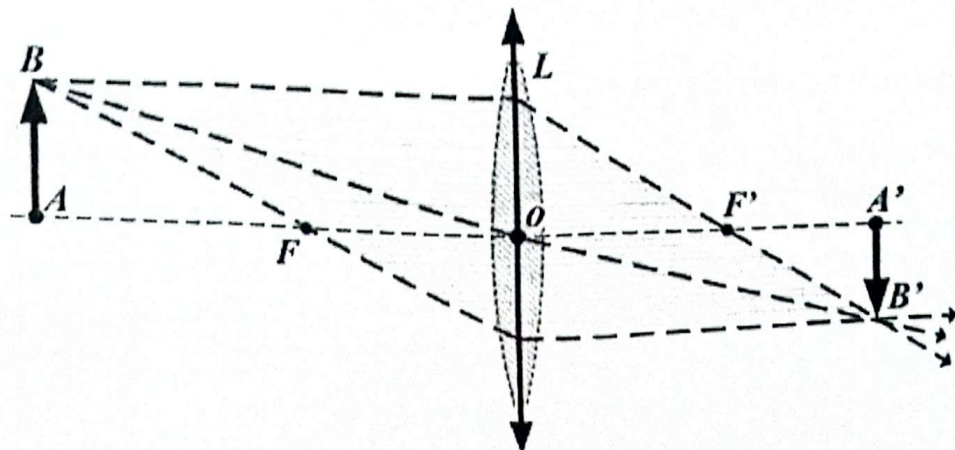


- le foyer objet et
- le foyer image.

Une lentille convergente donne d'un objet une image nette sur un écran

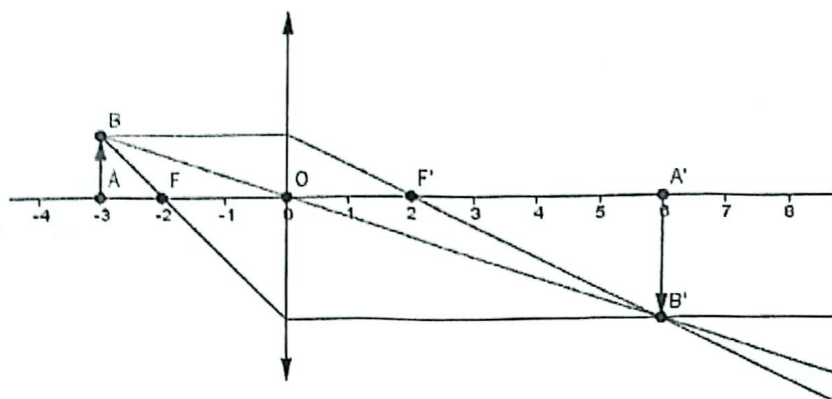


L'objet et l'image sont inversés l'un par rapport à l'autre



3. PRINCIPES

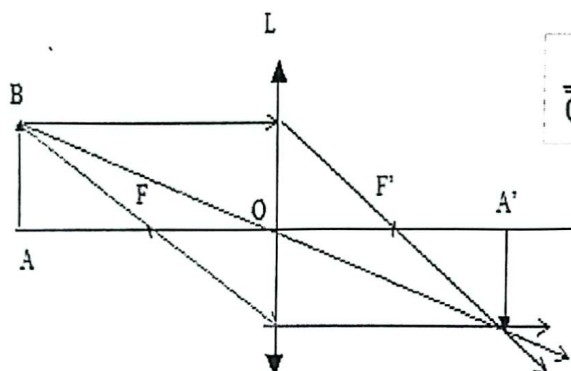
Pour construire l'image d'un objet à travers une lentille on suit 3 règles (voir la figure ci-dessous).



3-1. Méthode des plans conjugués

La position de l'objet et la position de l'image sont liées par la relation de conjugaison

Pour chaque position de l'objet on a une position unique de la lentille pour laquelle l'image est nette.



$$\frac{1}{OF} = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} \text{ formule de conjugaison}$$

$$\gamma = \frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \text{ grandissement}$$

On fixe une distance Objet-Lentille.

On déplace l'écran pour avoir une image nette.

Une autre relation de conjugaison

Nous pouvons également obtenir une relation similaire, avec origine au centre de la lentille cette fois-ci. En partant de la formule du grandissement :

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{F'O}{F'O} = \frac{F'O + OA'}{F'O} = 1 + \frac{OA'}{F'O}$$

$$\frac{OA'}{OA} = 1 - \frac{OA'}{OF'}$$

Relation de conjugaison de Descartes (avec origine au centre)

On obtient ainsi la relation de conjugaison de Descartes :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

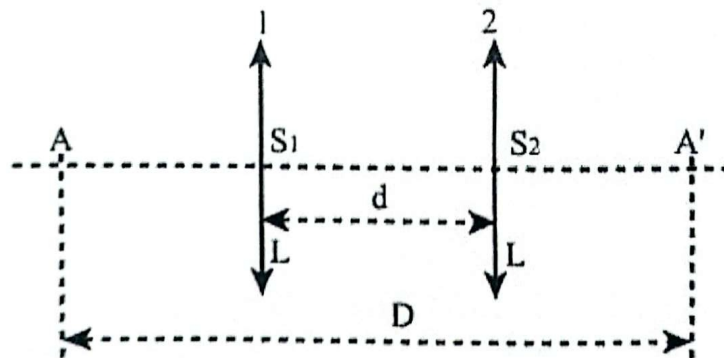
Notations

Remarque : on note parfois les distances $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ respectivement P et P' .

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$

3-2. Méthode de Bessel

La méthode de Bessel pour déterminer la distance focale f' consiste donc à s'imposer une distance D entre un objet A et un écran E et à rechercher les deux positions de la lentille L qui donnent une image nette de A sur l'écran E . En mesurant les distances D et d on calcule la valeur de la distance focale f' . S'il n'est pas possible de trouver ces deux positions on augmente la valeur de la distance D qui sépare l'objet A de l'écran E .



La distance focale f' est donnée par

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

4. MANIPULATION

4-1. Calcul théorique

A partir des expressions de la distance focale f' , exprimer l'erreur absolue $\Delta f'$ pour les deux méthodes.

4-2. Manipulation

4-2.1. Méthode des plans conjugués

1) Reproduire puis compléter le tableau ci-dessous :

	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Mesure 4	Mesure 5	Mesure 6
$\overline{SA}$ (cm)						
$\overline{SA'}$ (cm)						
f' (cm)						
$\Delta f'$ (cm)						

2) Calculer la distance focale f' de la lentille (f'_{moy}).

3) Écrire f' sous la forme $f' = (f'_{\text{cal}} \pm \max(\Delta f')) \text{ cm}$.

En déduire un encadrement de f'

4-2.2. Méthode de Bessel.

1) Reproduire puis compléter le tableau ci-dessous :

	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Mesure 4	Mesure 5	Mesure 6
D (cm)						
d (cm)						
f' (cm)						
$\Delta f'$ (cm)						

2) Calculer la distance focale f' de la lentille (f'_{moy}).

3) Écrire f' sous la forme $f' = (f'_{\text{cal}} \pm \max(\Delta f')) \text{ cm}$.

En déduire un encadrement de f' .

On supposera que $\Delta f' = \frac{D^2 + d^2}{4D^2} \Delta D + \frac{d}{2D} \Delta d$ pour la méthode de Bessel

4-2.3. Conclusion

- Comparer les deux méthodes en vérifiant leur **compatibilité**.
- Identifier la lentille étudiée parmi les lentilles étiquetées du tableau ci-dessous.

Lentille A	Lentille B	Lentille C
$f' = 10,5 \text{ cm}$	$f' = 6 \text{ cm}$	$f' = 15,08 \text{ cm}$

REFRACTION

REFLEXION

INDICE DE REFRACTION

LOI DE DESCARTES

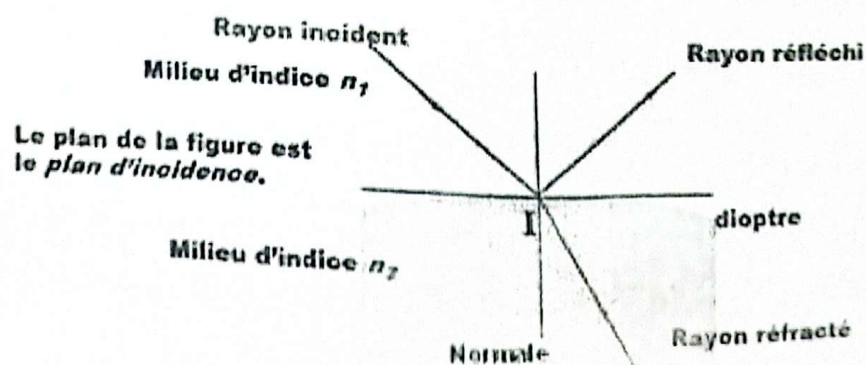
1. BUT DU TP

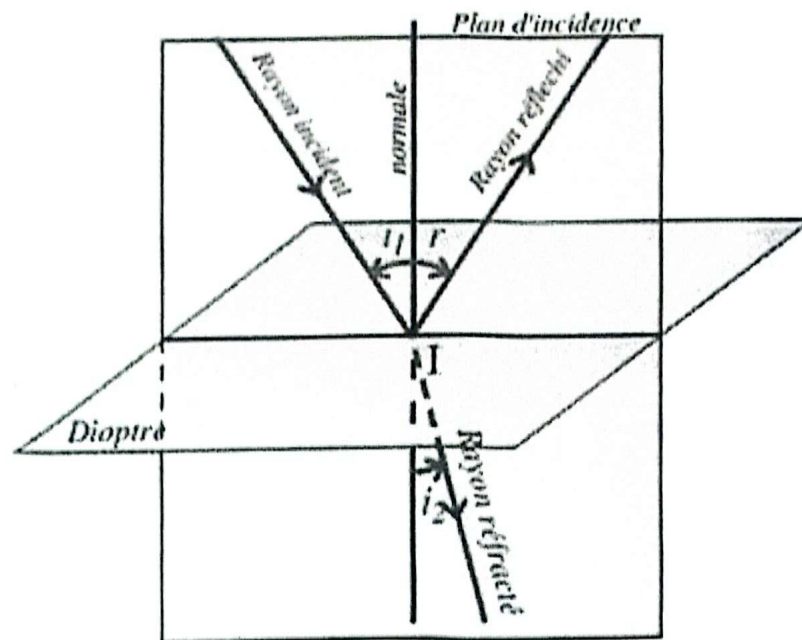
- Déterminer l'indice de réfraction d'un prisme et la déviation D d'un rayon à travers celui-ci.
- Déterminer la nature de systèmes optiques.

2. RAPPEL THEORIQUE

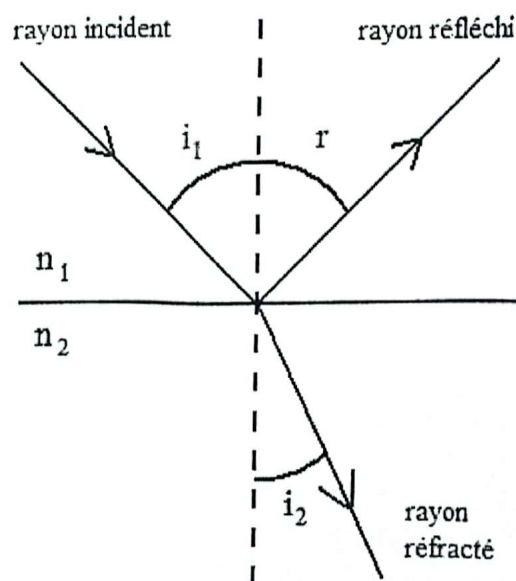
- *Première loi de Descartes :*

A l'interface de deux milieux optiques d'indices différents (dioptré), un **rayon lumineux incident** donne généralement naissance à un **rayon réfléchi** et à un **rayon réfracté**, ou transmis, situés dans le **plan d'incidence**.

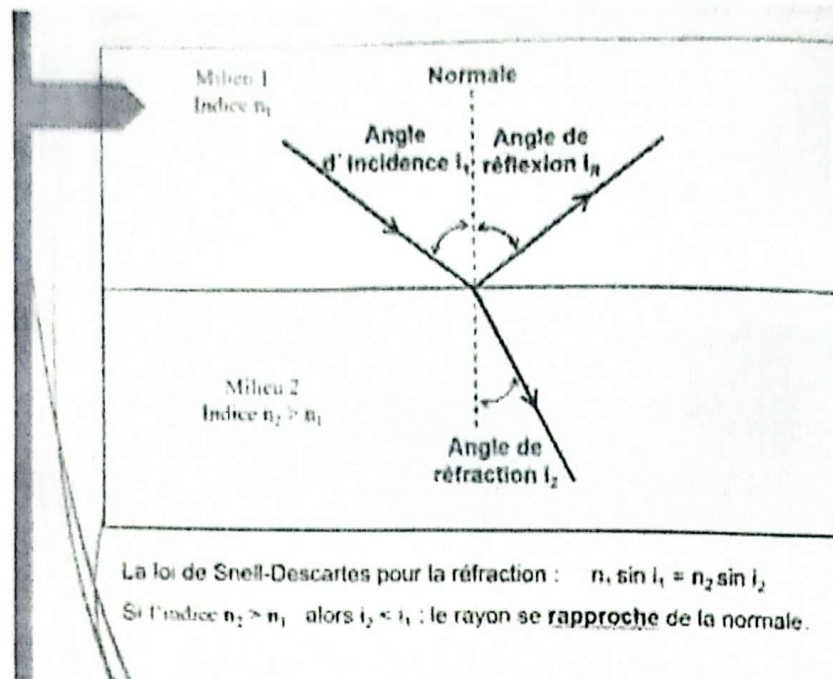




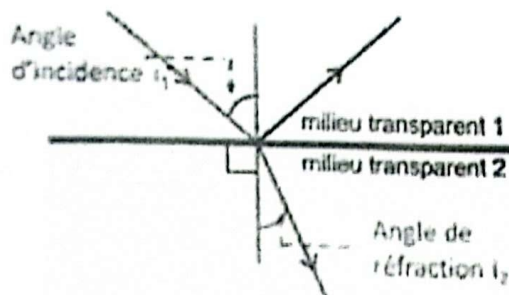
Le rayon réfracté, le rayon incident, le rayon réfléchi sont dans le même plan, le plan d'incidence



Les angles d'incidence, de réflexion, de réfraction sont définis par rapport à la normal au dioptré



Lois de Snell-Descartes

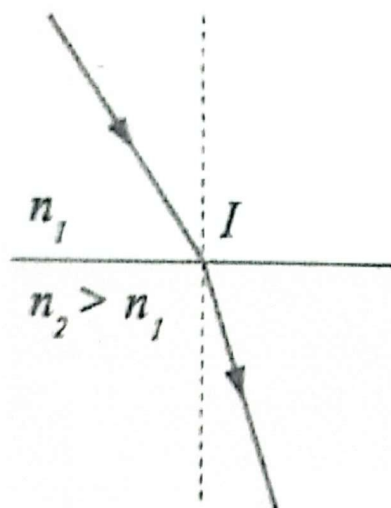
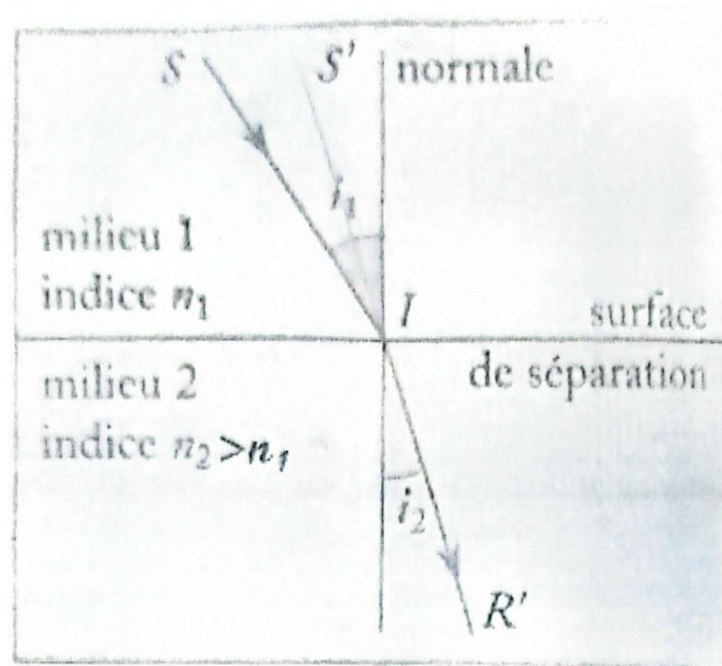


$$n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2$$

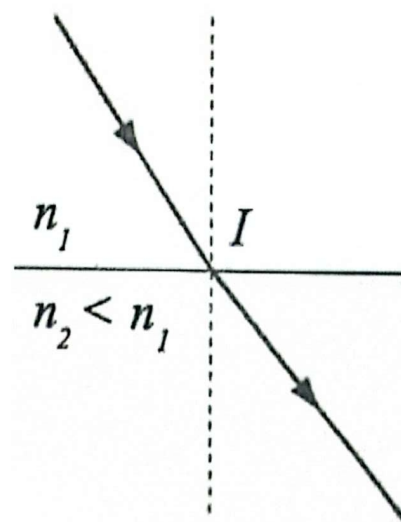
L'indice de réfraction n caractérise un milieu transparent.

Si on connaît l'angle d'incidence on peut calculer l'angle de réfraction à partir de la loi de Descartes

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \Leftrightarrow \sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1 \Leftrightarrow i_2 = \text{Arcsin}\left(\frac{n_1}{n_2} \sin i_1\right)$$



Marche du rayon
quand on passe d'un
milieu moins
réfringent vers un
milieu plus réfringent

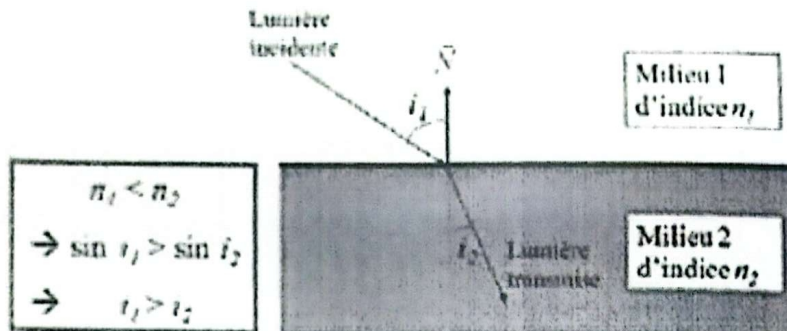


Marche du rayon
quand on passe d'un
milieu plus réfringent
vers un milieu moins
réfringent

b) La lumière rencontre un milieu plus réfringent

Le rayon réfracté se rapproche de la normale $\vec{N}$.

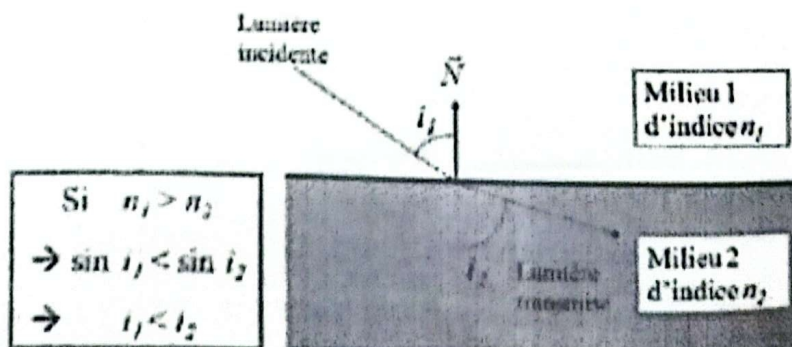
Une partie de la lumière est transmise du milieu 1 au milieu 2, quel que soit l'angle d'incidence i_1 .



41

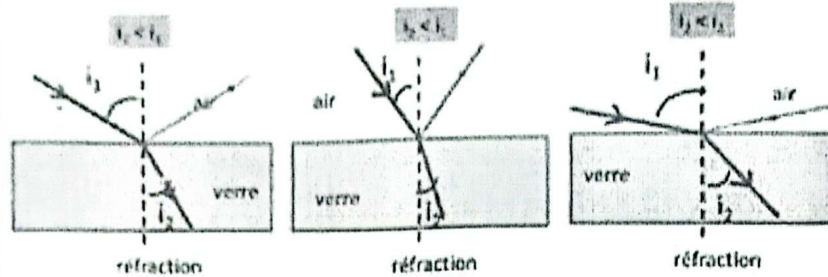
c) La lumière rencontre un milieu moins réfringent

Le rayon réfracté s'écarte de la normale $\vec{N}$.

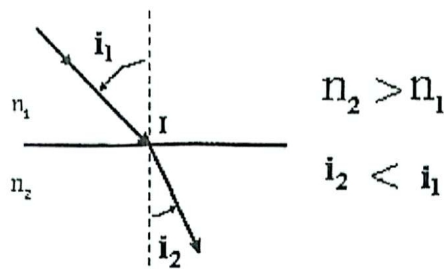


43

Cas du passage de l'air au verre



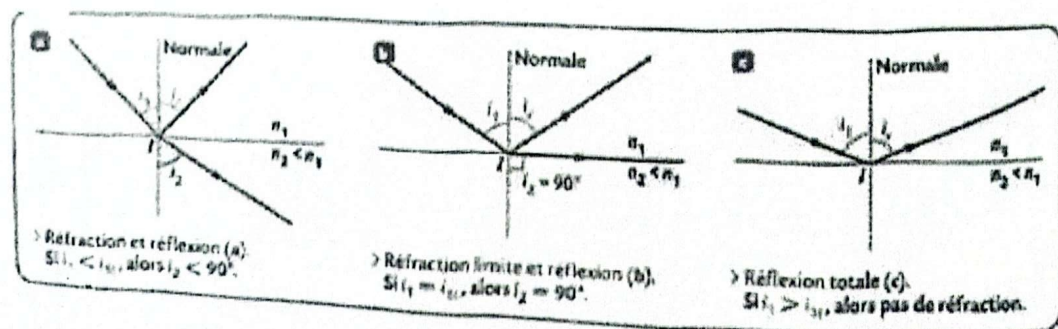
Pas de réflexion totale.
Il existe un rayon réfracté et un rayon réfléchi.

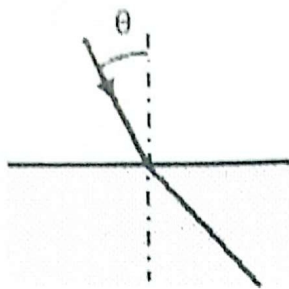


Lorsque la lumière passe d'un milieu ① à un milieu ② avec $n_2 < n_1$, il existe une valeur i_{L1} de l'angle d'incidence i_1 telle que, si $i_1 > i_{L1}$, le rayon réfracté n'existe pas. Il y a alors **réflexion totale** (doc. 6a). Ce phénomène est mis en jeu dans les fibres optiques (doc. 3). L'angle i_{L1} est appelé l'**angle d'incidence limite**. Il correspond à un angle de réfraction $i_2 = 90^\circ$ (doc. 6b). La loi de SNELL-DESCARTES relative aux angles pour la réfraction permet alors d'écrire :

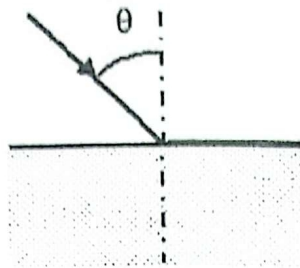
$$\sin i_{L1} = \frac{n_2}{n_1}$$

La réfraction et la réflexion peuvent se produire simultanément : les schémas du doc. 6 illustrent les diverses situations possibles.

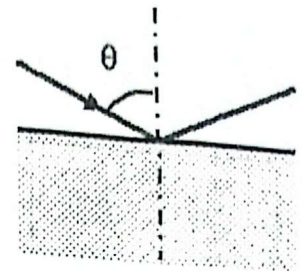




Réfraction : $\theta < \theta_c$



$\theta = \theta_c$



Réflexion totale : $\theta > \theta_c$

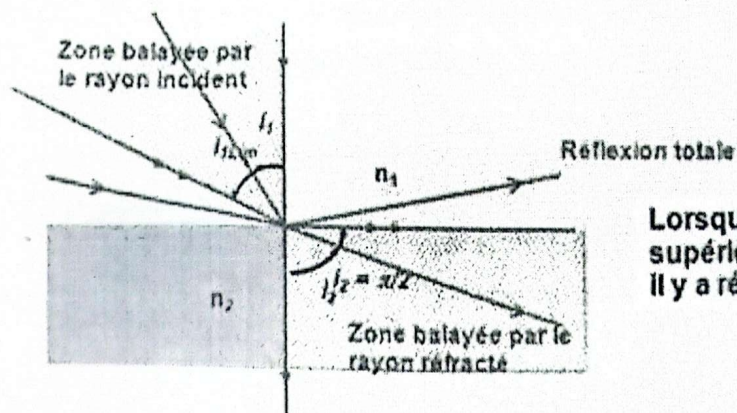
Discussion des lois de DESCARTES : Phénomène de réflexion totale.

Le second milieu est le moins réfringent $n_2 < n_1$.

$$\Rightarrow \frac{n_1}{n_2} > 1$$

$$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1 \Rightarrow \sin i_2 > \sin i_1$$

L'angle de réfraction i_2 est supérieur à l'angle d'incidence i_1 .



Lorsque l'angle d'incidence est supérieur à l'angle limite il y a réflexion totale.

Il existe un angle d'incidence limite tel que :

$$\sin i_{\text{lim}} = \frac{n_2}{n_1}$$

3. PRINCIPES

Pour faire ce TP on utilise le petit banc d'optique ci-dessous constitué :

- Un dsque optique avec ses accessoires
- Une source lumineuse
- Un diaphragme avec 5 fentes

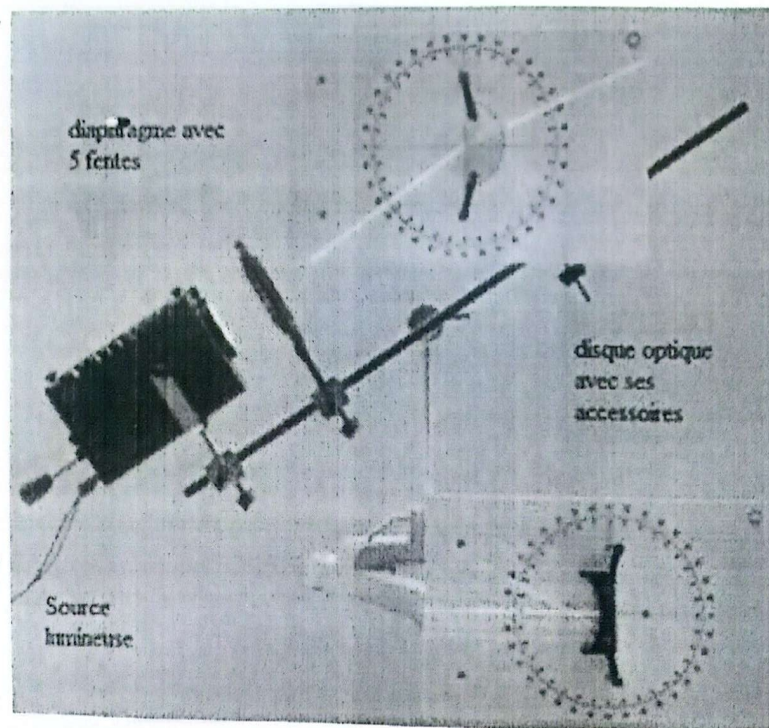
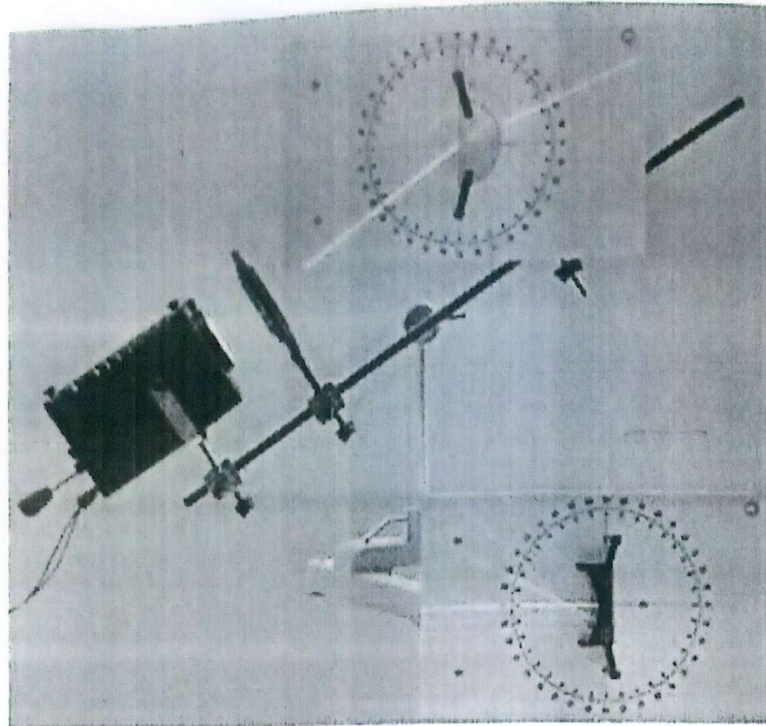


Schéma 1 : Petit banc d'optique

Avec le prisme on peut réaliser les montages suivants :

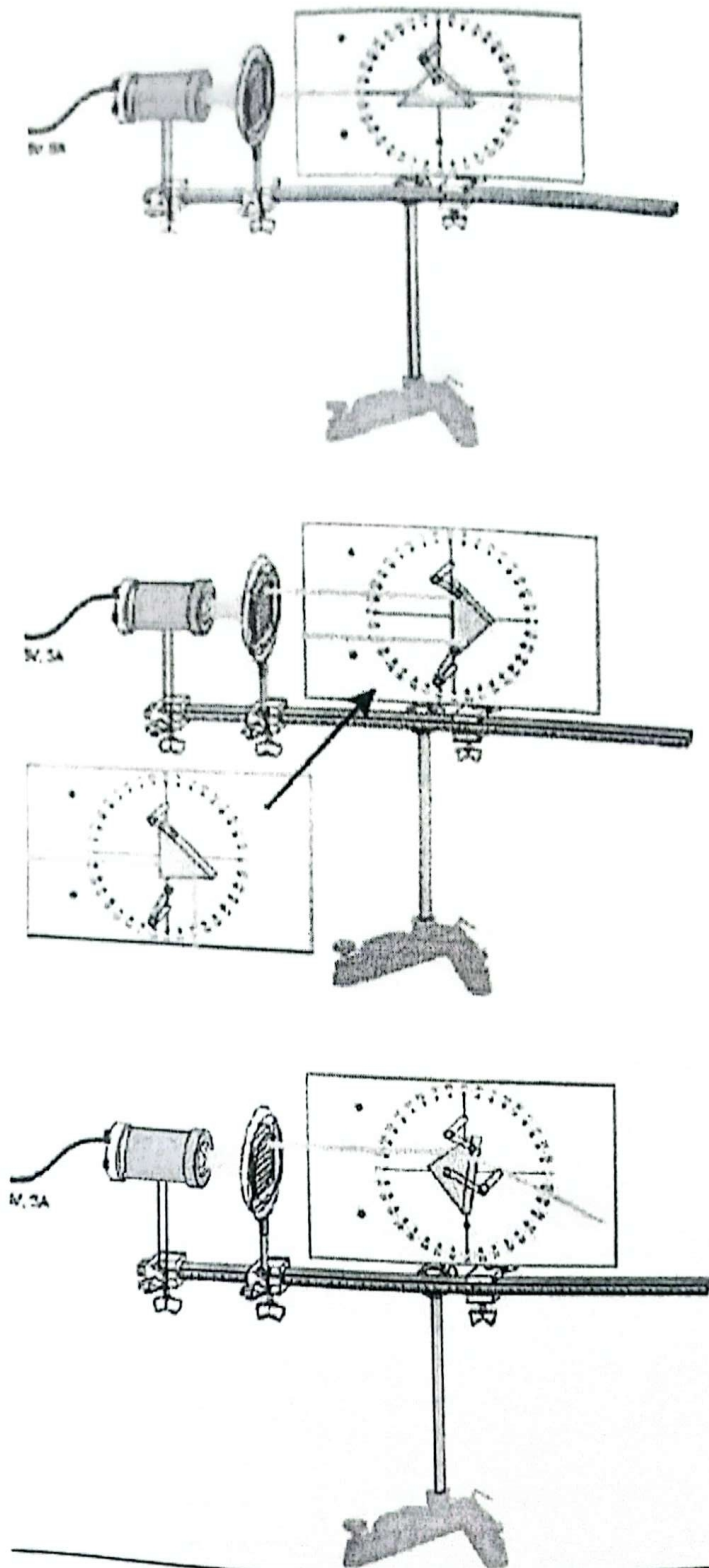


Schéma 2 : Quelques marches de rayons lumineux

4. MANIPULATION

4-1. Prisme

4-1.1. Détermination de l'indice de réfraction du prisme

Prendre la grande base comme le dioptré plan

Placer le papier millimétré transparent sous le modèle

Après avoir tracé la marche du rayon approprié, mesurer les angles de réfraction r_1 et r_2 ainsi que l'angle d'incidence i_2 pour les différents angles d'incidence i_1 .

N.B : Les valeurs des angles d'incidence sont obtenues en tournant le disque dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

n_2 et n'_2 désignent les indices de réfraction du prisme respectivement par rapport à la face d'entrée et à la face de sortie du prisme.

Reproduire puis compléter le tableau suivant en vous servant des photographies des images observées. On donne l'angle au sommet $A = 45^\circ$.

Face d'entrée du prisme	Angle d'incidence (i_1)	0	10	20	30	40	50
	Angle de réfraction (r_1)						
	n_2						
Face de sortie du prisme	Angle d'incidence (i_2)						
	Angle de réfraction (r_2)						
	n'_2						
	$r_1 + i_2$						
	Deviation $D = i_1 + r_2 - (r_1 + i_2)$						

b. Calculer l'indice de réfraction du prisme modèle

c. Calculer la valeur de $r_1 + i_2$. Comparer cette valeur à la valeur de A .

d. Calculer la valeur de la déviation D du prisme. En déduire la relation entre D , i_1 , r_2 et A .

4-1.2. Marche d'un rayon normal à la face d'entrée du prisme.

Cas 1 : Prendre la grande base comme le dioptré plan

a. Calculer l'angle critique i_{2c} sur la 2^{ème} face du prisme.

b. Comparer cet angle à l'angle d'incidence i_2 et conclure.

c. Justifier la marche du rayon à travers le prisme.

Cas 2 : Prendre l'une des petites bases comme le dioptré plan

Justifier littéralement la marche du rayon à travers le prisme.

4-2. Identification de systèmes optiques

- Prendre les systèmes optiques A et B. Observer les marches de 3 faisceaux. A travers le comportement des faisceaux émergents, nommer les systèmes optiques A et B. Faire le schéma observé de chaque système.
- Dessiner puis déterminer graphiquement la distance focale de chaque système (papier millimétré transparent).
- Associer aux systèmes optiques A et B, les dénominations appropriées parmi la liste suivante : Ménisque convergent, Lentille biconcave, Lentille plan-convexe, Lentille plan-concave, Ménisque divergent, Lentille biconvexe, Lentille à bords minces et Lentille à bords épais.

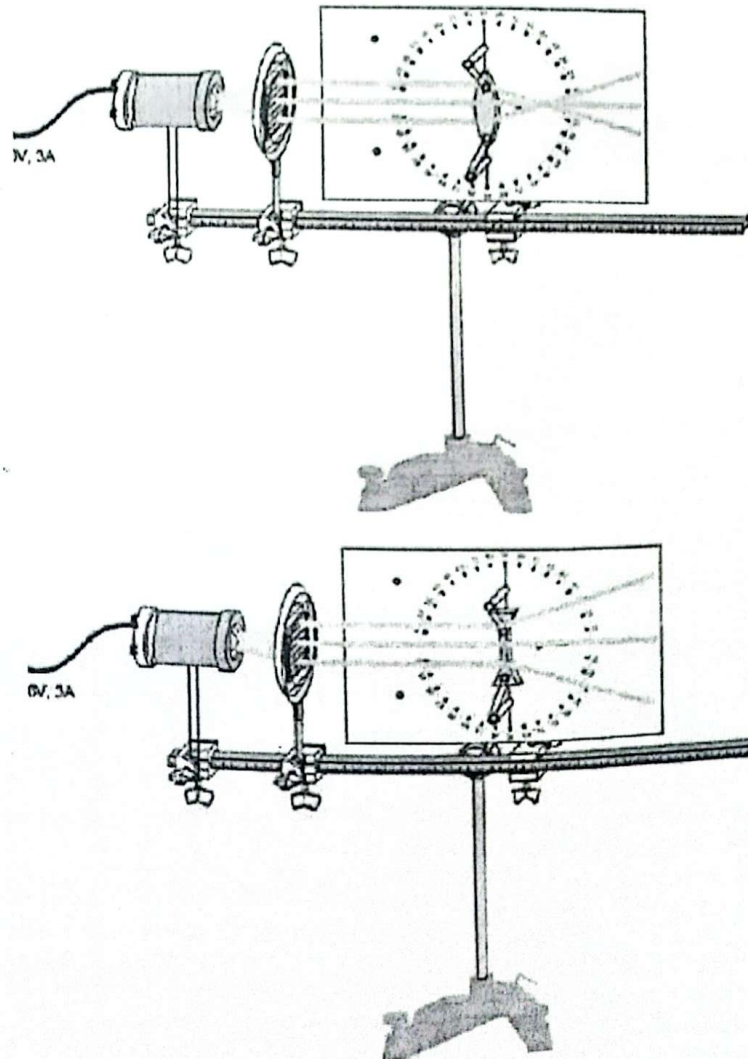


Schéma 3 : Association de dioptries

PETITES MESURES ET ERREURS

1. BUT

Déterminer les dimensions d'objet de forme simple, calculer les volumes et les masses volumiques et les erreurs qui les accompagnent.

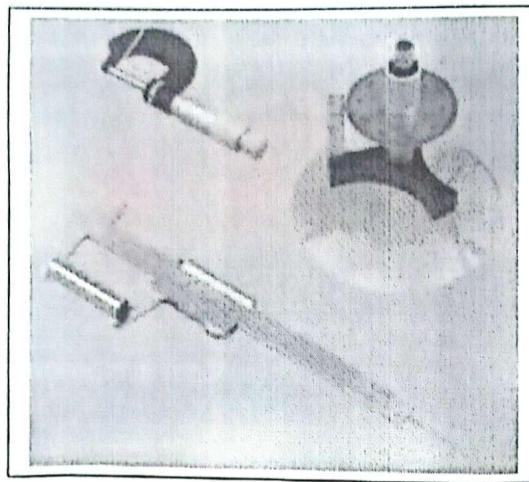


Schéma 4 : Instruments de mesure de longueurs

2. INSTRUMENTS DE MESURE

2-1. VERNIERS

Un grand nombre de mesures physiques exigent la lecture de la position d'un trait de repère par rapport aux traits d'une graduation. En général, le trait de repère ne coïncide pas avec le trait de graduation : il s'agit alors d'évaluer la fraction que représente l'intervalle séparant les deux traits. Le vernier permet d'effectuer avec précision cette évaluation.

Principe du vernier

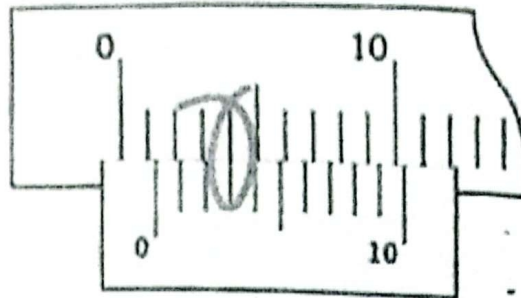
Le vernier permet d'apprécier les fractions de division d'une graduation. Il est au $1/10$, au $1/20$, ou au $1/50$, selon qu'il permet d'apprécier le $1/10$, le $1/20$, ou le $1/50$ de division. Il est formé d'une réglette graduée en 10, 20, ou 50 divisions glissant le long d'une règle portant la graduation principale. Il est dit :

- Au $1/10$ quand 10 divisions du vernier valent 9 divisions de la règle principale.
- Au $1/50$ quand 50 divisions du vernier valent 49 divisions de la règle principale.
- Au $n^{\text{ième}}$ quand n divisions du vernier valent $n-1$ divisions de la règle principale.

Vernier :

Détail du Vernier

Partie fixe (mm)



Partie mobile (1/10 mm)

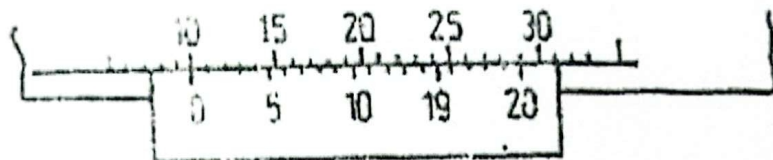
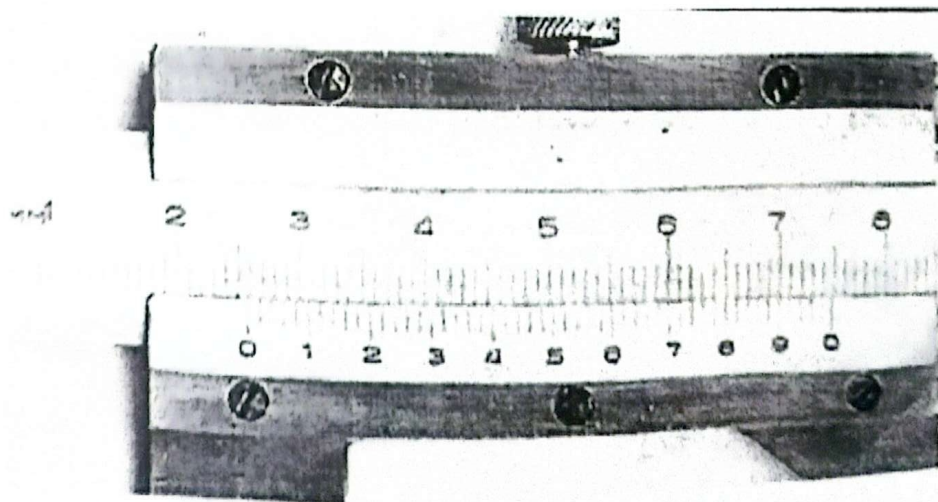


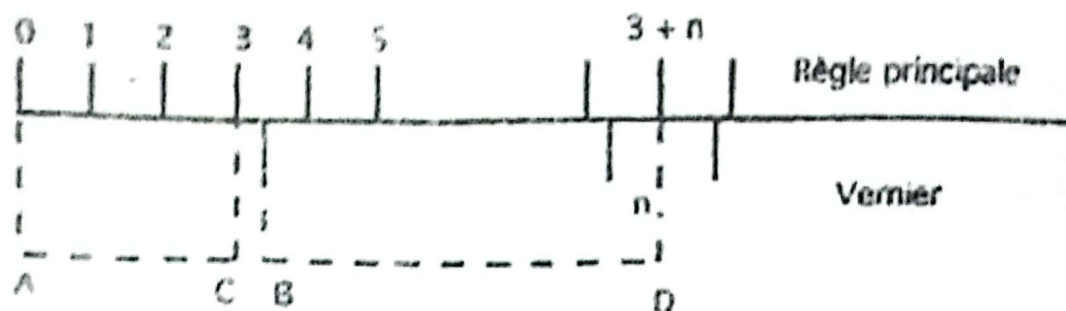
Schéma du vernier au 1 / 20



La règle porte 20 divisions qui occupent la même longueur que 19 divisions de la règle principale. Chaque division de la règle vaut donc 0,95 divisions de la règle et se trouve donc plus courte de 0,05 divisions.

Le vernier est mobile et peut coulisser le long de la règle. Quand les deux zéros coïncident, la division 20 du vernier se trouve en regard de la division 19 de la règle.

Lorsqu'on a placé l'objet AB à mesurer entre les becs du pied à coulisse, la position du zéro du vernier nous permet de déterminer le nombre de divisions de la règle contenu dans la longueur AC (nombre entier de mm).



Il reste à déterminer le nombre de $1/20^e$ de divisions contenues dans la longueur BC. Pour cela, on cherche le $n^{ième}$ trait D du vernier qui est en coïncidence avec un trait de la règle. On a alors :

$$CD = n(mm) - BC + BD = BC + n \frac{19}{20} (mm) \quad \text{d'où}$$

$$BC = n(mm) - n \frac{19}{20} (mm) = \frac{n}{20} (mm)$$

Pour apprécier la longueur BC, il suffit donc de rechercher le $n^{ième}$ trait du vernier qui est en coïncidence avec un trait de la règle. Pour s'assurer de la coïncidence entre un trait du vernier et un trait de la règle, on remarque, qu'automatiquement, à gauche de cette coïncidence, les traits du vernier sont à droite des traits de la règle les plus voisins, et de même, à droite de la coïncidence, les traits du vernier sont à gauche de ceux de la règle.

Précision du Vernier

Il convient de remarquer que les verniers deviennent de plus en plus encombrants au fur et à mesure que la précision augmente.

D'autre part, la précision du vernier est limitée par l'épaisseur des traits. En effet, quand le vernier possède un grand nombre de traits, plusieurs traits pourront paraître en coïncidence ceux de la règle, sans que l'on sache exactement lequel choisir.

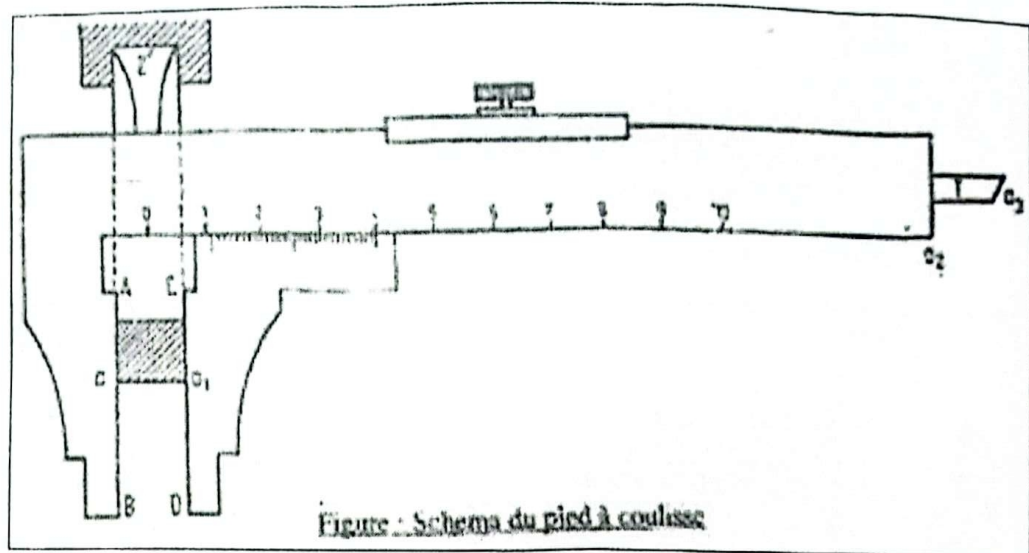
Pour ces raisons, on ne construit pas le vernier au-delà de $1/50^e$.

Il faut lire en se plaçant perpendiculairement à l'instrument, avec un éclairage bien perpendiculaire ou mieux, en s'aidant d'une loupe, on peut admettre pour limite de l'erreur absolue la valeur de 1 division.

2-2. PIED A COULISSE

Description et mode opératoire

Il permet de mesurer des épaisseurs, des diamètres intérieurs et des profondeurs.

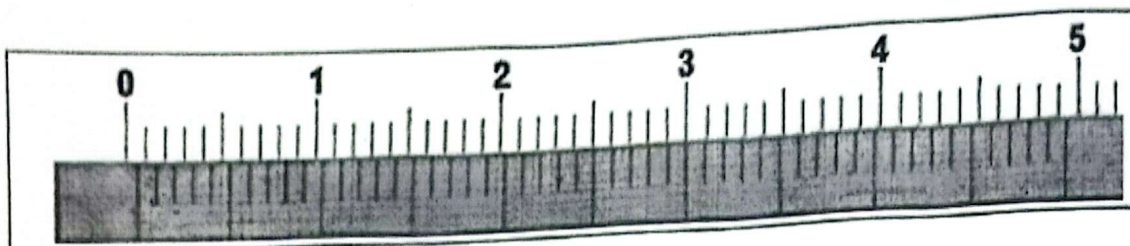


Il comprend une règle principale en acier, se terminant par une butée « a », appelée bec dont la face AB est perpendiculaire à la règle et une pièce mobile qui porte le vernier, qui coulisse sans aucun jeu le long de la règle et qui présente un regard du précédent bec, un second bec analogue « a₁ » dont la face CD est rigoureusement parallèle à la face AB du premier. Quand les becs sont en contact, le zéro du vernier coïncide exactement avec celui de la règle.

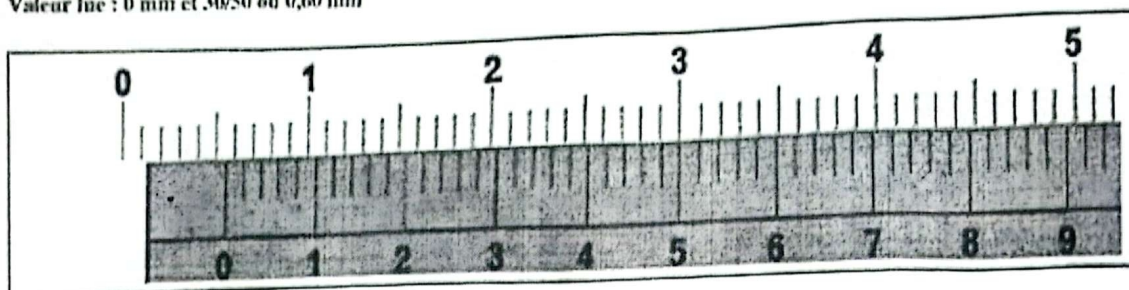
Pour mesurer le diamètre intérieur d'un cylindre creux ou d'un trou borgne, quand ce diamètre excède 10 mm, on engage les becs du pied à coulisse dans la cavité z'. Les becs sont arrondis extérieurement pour toucher le corps en un point bien défini de la ligne idéale à mesurer.

Pour mesurer une profondeur, on se sert de la tige T qui est solidaire du vernier : dans ce cas, les butées sont a₂ et a₃ et les mesures se lisent directement.

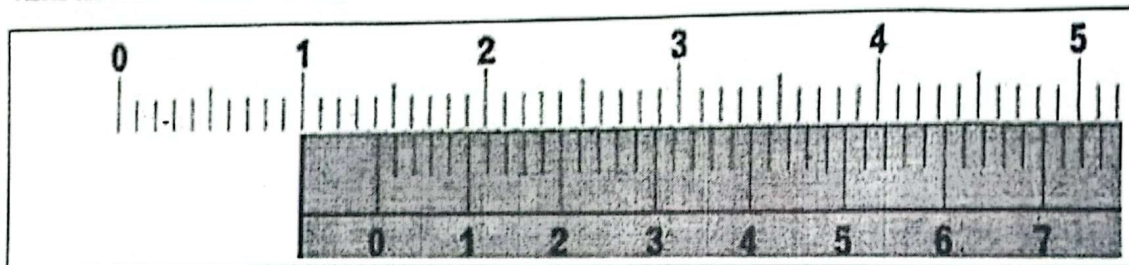
Exercice de lecture : Effectuez vos lectures et comparez-les avec les valeurs affichées au dessous des schémas.



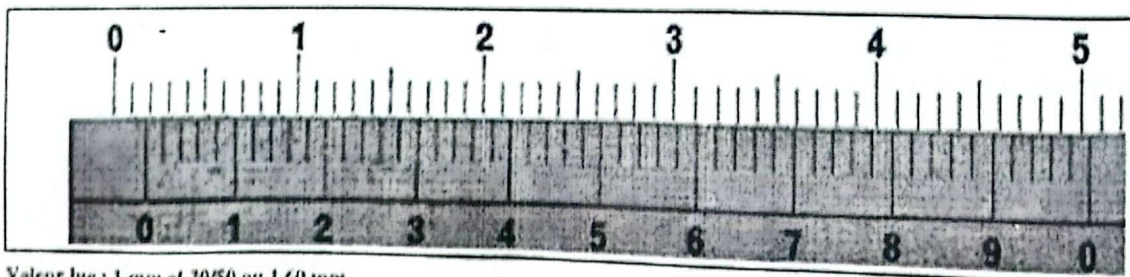
Valeur lue : 0 mm et 30/50 ou 0,60 mm



Valeur lue : 5 mm et 25/50 ou 5,50 mm



Valeur lue : 14 mm et 10/50 ou 14,20 mm

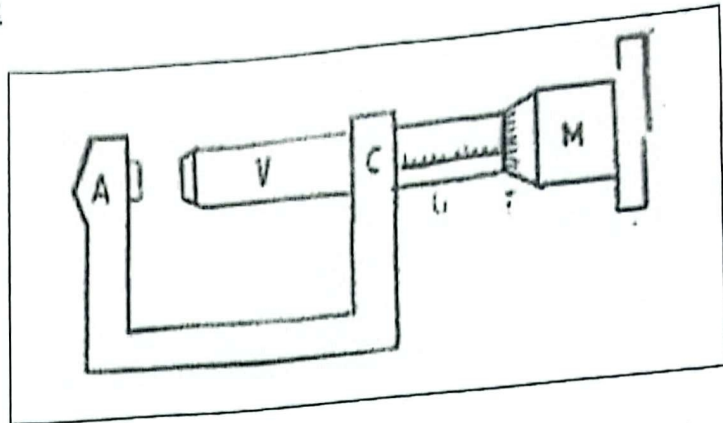


Valeur lue : 1 mm et 30/50 ou 1,60 mm

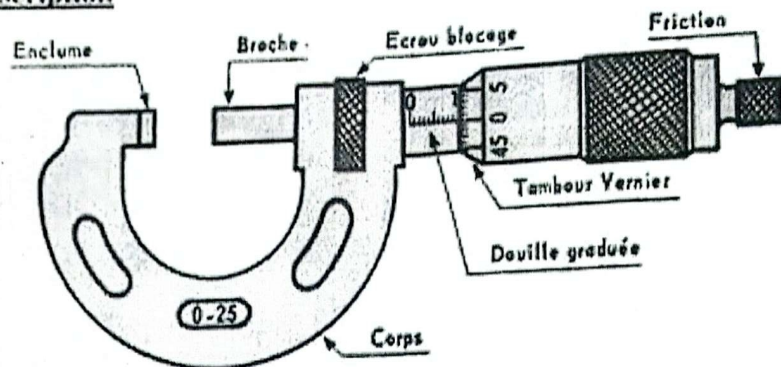
MESURES DE LONGUEURS PAR UNE VIS : PALMER

Description de l'instrument

Il se compose d'une pièce ABC, en acier, en forme d'étrier. La partie A est une butée fixe solidaire de l'érou par la pièce B. dans l'érou C, tourne la vis micrométrique V (pas de 1 ou 0,5 mm). L'extrémité de la vis V s'appuie sur la butée A lorsque la vis est à bout de course.



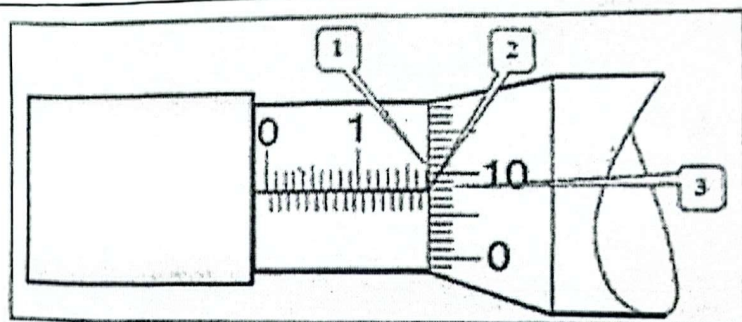
Description



Mode opératoire

On place l'objet à mesurer entre la broche et l'enclume. Il faut se garder d'exercer une pression sur l'objet.

Pour réaliser les contacts comparables, il faut toujours agir par l'intermédiaire du bouton F (Friction) qui est à l'extrémité de l'appareil et commande le mouvement de la vis par friction. Grâce à ce dispositif,



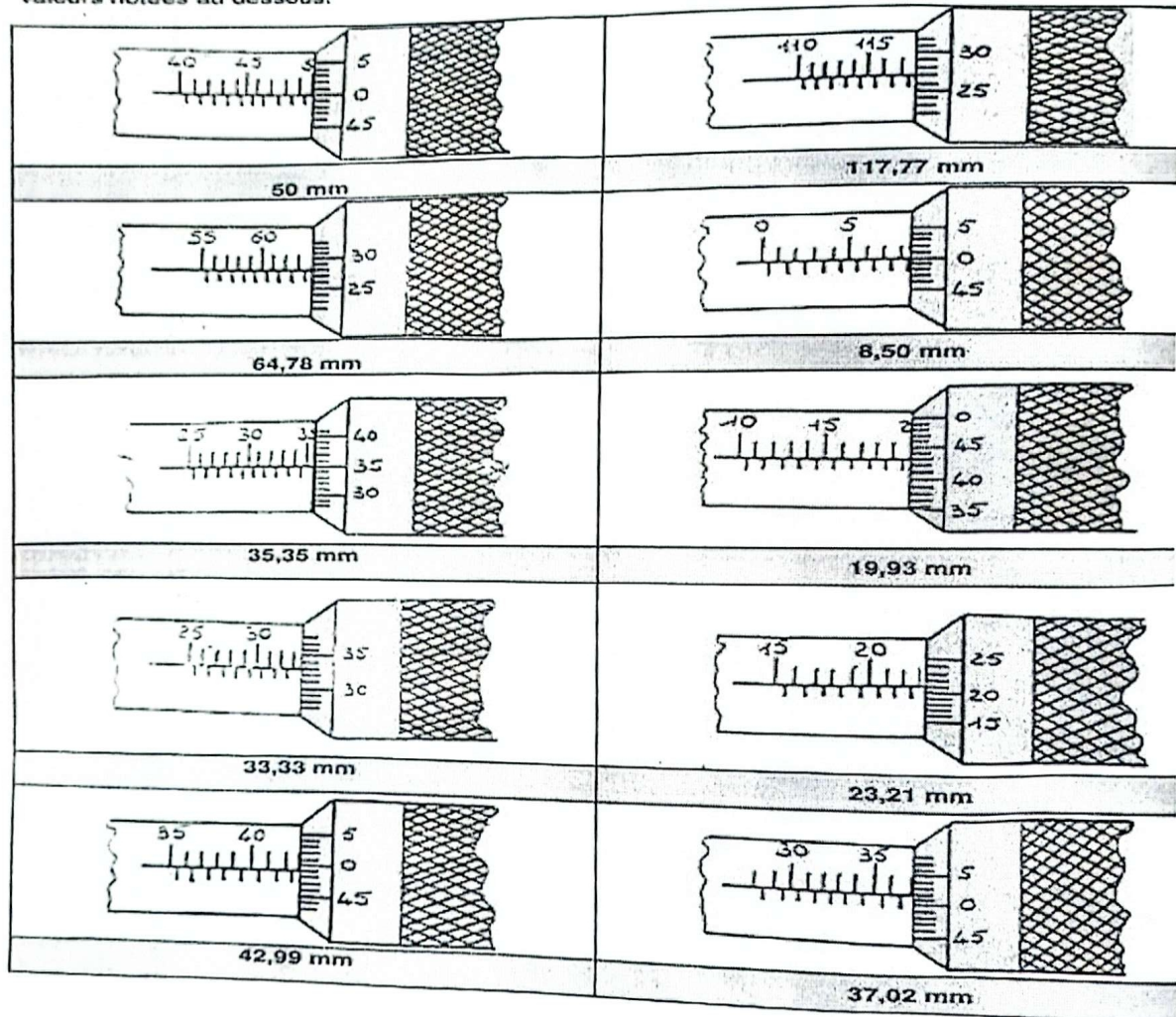
Principe: 1--> Énoncer le nombre entier de mm : 17

2--> Rechercher la graduation du tambour mobile, alignée avec le zéro du tambour fixe:

3--> Énoncer le nombre de 1/100^e et de 1/1000^e: 08

dès que le contact est réalisé, le bouton F n'entraîne plus la vis, il tourne "fou".

Exercice de lecture : Lisez les mesures indiquées sur chaque schéma et comparez les avec les valeurs notées au dessous.



3. TRAVAIL DEMANDE

- 1) Mesures de dimensions des corps mis à votre disposition. Vous avez à votre disposition trois instruments de mesure : un double décimètre, un pied à coulisse et un palmer. Quelle est l'incertitude de lecture de chacun de ces instruments ?
- 2) Également à votre disposition 3 objets différents : mesurer avec l'instrument approprié les différentes dimensions de ces 3 objets et présenter les résultats, correctement exprimés, sous forme de tableau.
- 3) Calculer le volume et la masse volumique de chacun de ces objets. Chacun de ces résultats devra être correctement exprimé. Faire un calcul d'erreur littéral d'abord, ensuite numérique et présenter l'ensemble sous forme de tableau.

La masse volumique ρ d'un corps, de masse m et de volume V : $\rho = \frac{m}{V}$

- Faire plusieurs mesures des grandeurs (dimensions) et prendre les valeurs moyennes.
- Faire un schéma du corps.

➤ Matériau 1 : Pavé simple $m = (140 \pm 1) \text{ g}$

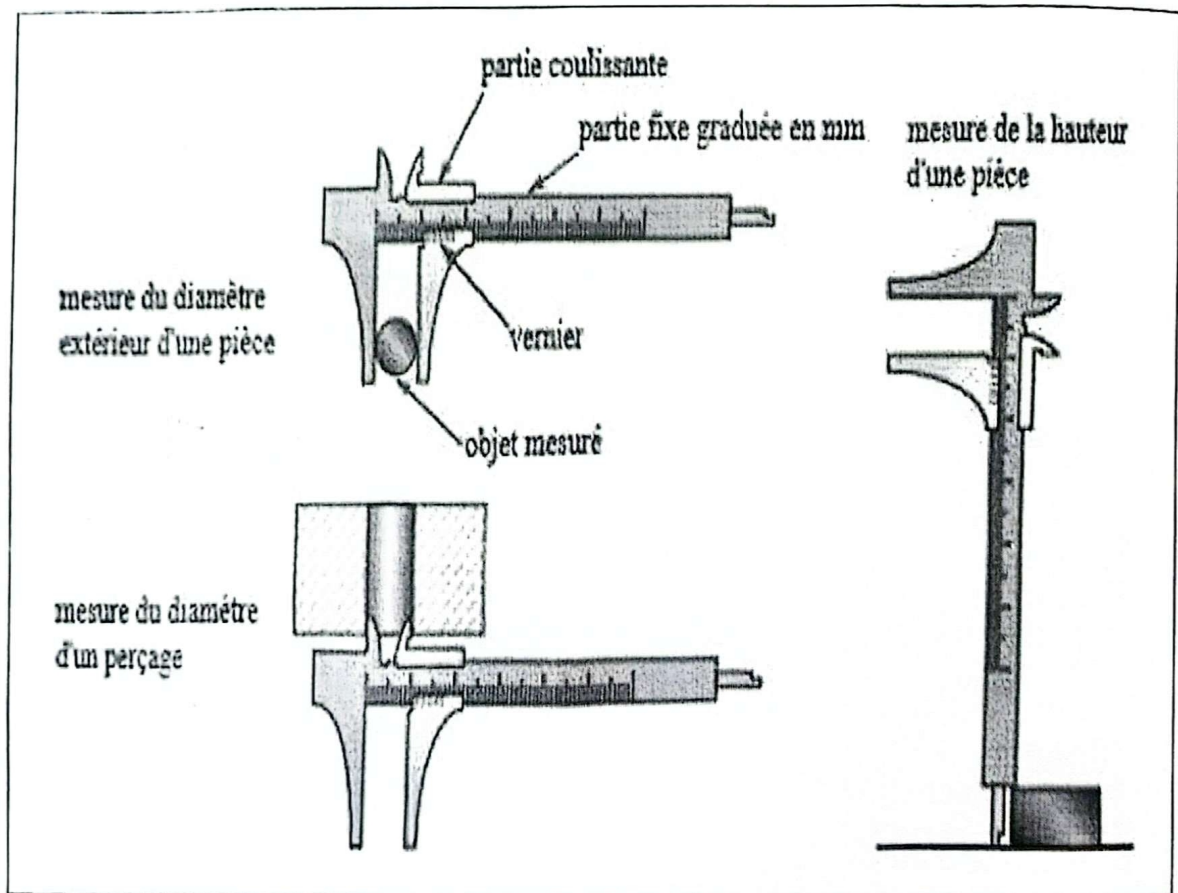
	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Moyenne	Instrument et son incertitude absolue
Longueur L (mm)					Pied à coulisse ($\Delta L = \dots\dots\dots \text{ mm}$)
Largeur l (mm)					Pied à coulisse ($\Delta l = \dots\dots\dots \text{ mm}$)
Epaisseur e (mm)					Pied à coulisse ($\Delta e = \dots\dots\dots \text{ mm}$)
Volume (mm^3)	$V = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \text{ unité}$				
Masse volumique (gm^{-3})	$\rho = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \text{ unité}$				

➤ Matériau 2 : Cylindre $m = (60 \pm 1) \text{ g}$

	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Moyenne	Instrument et son incertitude absolue
Diamètre d (mm)					Pied à coulisse ($\Delta d = \dots\dots\dots \text{ mm}$)
Hauteur h (mm)					Pied à coulisse ($\Delta h = \dots\dots\dots \text{ mm}$)
Volume (mm^3)	$V = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \text{ unité}$				
Masse volumique (gm^{-3})	$\rho = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \text{ unité}$				

➤ Matériau 3 : Pavé double m = (1196 ± 1) g

	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Moyenne	Instrument et son incertitude absolue
Longueur L (mm)					Pied à coulisse ($\Delta L = \dots\dots\dots$ mm)
Largeur l (mm)					Pied à coulisse ($\Delta l = \dots\dots\dots$ mm)
Epaisseur e (mm)					Pied à coulisse ($\Delta e = \dots\dots\dots$ mm)
Volume (mm ³)	V = (.....) ± unité				
Masse volumique (gm ⁻³)	$\rho = (.....) \pm \text{ unité}$				



ETUDE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE

PONT DIVISEUR DE TENSION

PONT DIVISEUR DE COURANT

1. BUT

- Vérifier par la mesure les lois de Kirchhoff, c'est-à-dire la loi des mailles et la loi des nœuds.
- Vérifier par la mesure, la relation du Pont Diviseur de Tension (PDT) dans le cas d'un montage en série et la relation du Pont Diviseur de Courant (PDC) pour un montage en dérivation.

2. PRINCIPE

Les lois de Kirchhoff sont d'une importance fondamentale pour le calcul des courants et tensions partiels dans des circuits électriques.

Selon la loi des mailles, la somme des tensions dans une boucle fermée, ayant un sens choisi de manière arbitraire, est nulle.

La loi des nœuds dit que la somme des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des courants qui partent de ce nœud.

L'application des lois de Kirchhoff consiste en la mise en place d'un système d'équations linéaires dont les solutions sont les courants et tensions partiels inconnus.

La relation du Pont Diviseur de Tension et celle du Pont Diviseur de Courant sont deux relations qui découlent respectivement de la loi des mailles et de la loi des nœuds. Ainsi on ne peut parler de PDT que pour un montage où les résistances sont montées en série et de PDC que lorsque des résistances sont montées en parallèle.

L'expérience consiste à vérifier si les lois de Kirchhoff sont valables dans des circuits électriques avec des résistances branchées en série ou en parallèle comme sur la figure ci-dessous.

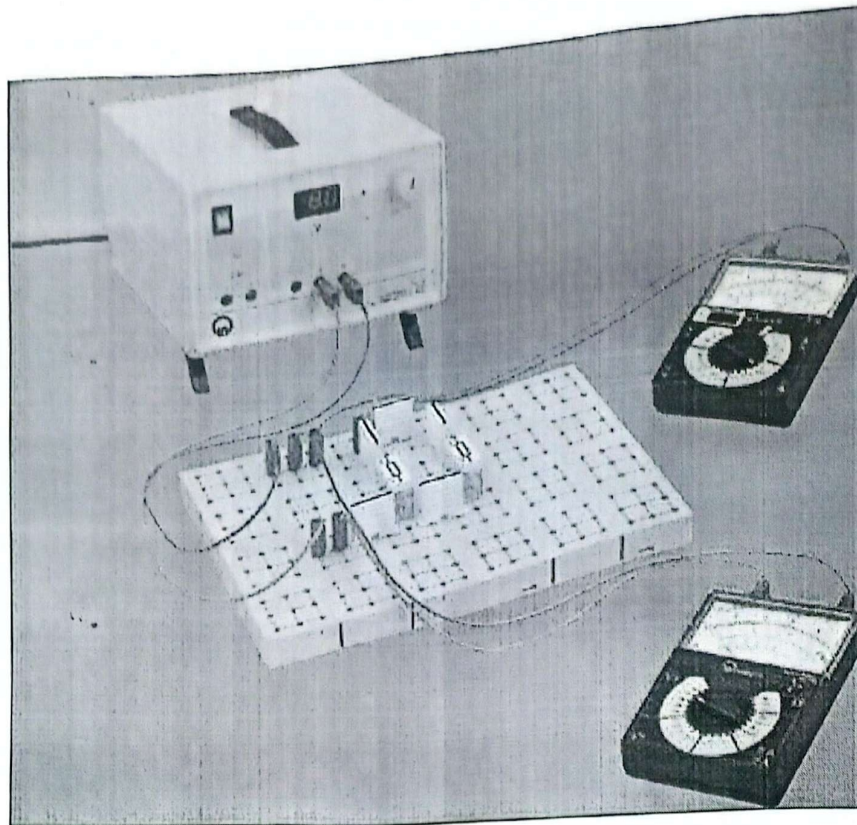


Figure 5 : Montage expérimental (PDC / PDT)

On montre que 2 résistances R_1 & R_2 branchées en série ont la résistance équivalente R telle que :

$$R = R_1 + R_2$$

En parallèle, la résistance équivalente R est telle que :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

✓ Pont Diviseur de Tension (PDT)

Le montage diviseur de tension permet de diviser une tension U en autant de tensions U_i qu'il y a de résistances R_i en série.

Selon le montage de la figure 6. On a :

$$U_1 = R_1 \cdot I$$

$$U_2 = R_2 \cdot I$$

$$U_{AB} = U_1 + U_2 = (R_1 + R_2) \cdot I$$

De ces relations, on tire :

$$\frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

et
$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

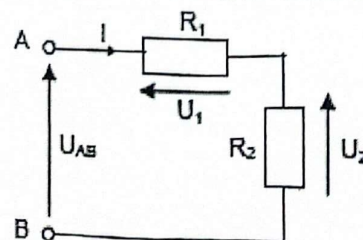


Figure 6 : Résistances montées en série

D'une façon générale, ces rapports peuvent se mettre sous la forme :

$$U_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i} \cdot U$$

En pratique, on réalise un montage semblable à celui de la figure 7. On mesure la tension aux bornes du générateur, les tensions aux bornes des différentes résistances et le courant qui traverse le circuit.

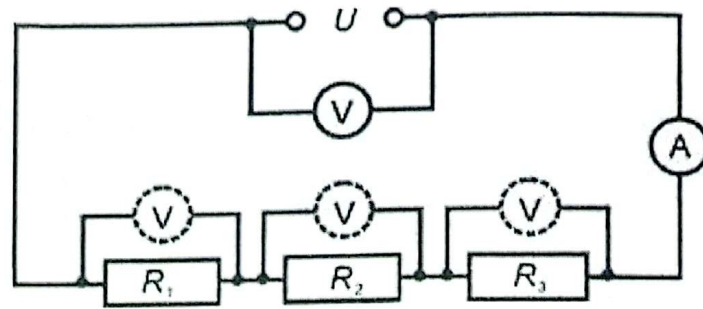


Figure 7 : schéma avec des résistances montées en série

La mesure de la tension ou du courant se fait avec des multimètres analogiques comme celui indiqué sur la figure 8.

Avec ce type d'appareil, on lit la déviation d'une aiguille (valeur de graduations ou Lecture) sur une Echelle.

Pour une échelle donnée, la valeur maximale de Mesure s'appelle le Calibre et elle correspond au maximum de déviation de l'aiguille.

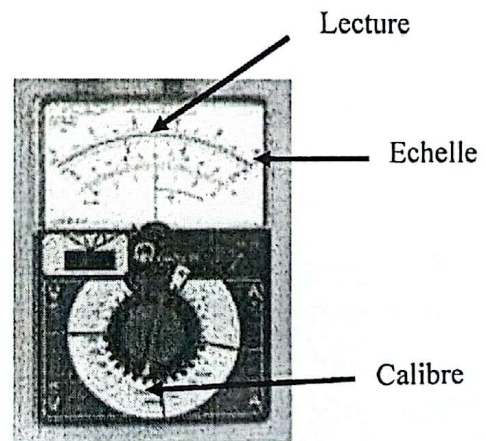


Figure 8 : Multimètre analogique

Au maximum de l'échelle, on a une mesure qui vaut la valeur du calibre. On a alors :

Lecture → Echelle

Mesure → Calibre



$$\text{Mesure} = \frac{\text{Lecture} \times \text{Calibre}}{\text{Echelle}}$$

Pour faciliter les mesures, il est conseillé de choisir un calibre et une échelle de sorte que le rapport Calibre sur Echelle soit un multiple de 10.

Il faut toujours utiliser le calibre le plus élevé pour faire la première mesure et une fois qu'on a une idée de cette mesure, on choisit maintenant le calibre approprié pour affiner la valeur mesurée.

Une fois les mesures effectuées, on vérifie la loi des mailles et la relation qui lie les tensions aux bornes des résistances et la tension aux bornes du générateur.

✓ Pont Diviseur de Courant (PDC)

Comme son nom l'indique, le diviseur de courant permet de diviser un courant I en autant de courant I_i qu'il y a de résistances R_i en parallèle.

Pour le montage de la figure 9 :

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = G_1 \cdot U_{AB}$$

$$I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = G_2 \cdot U_{AB}$$

$$I = I_1 + I_2 = (G_1 + G_2) \cdot U_{AB}$$

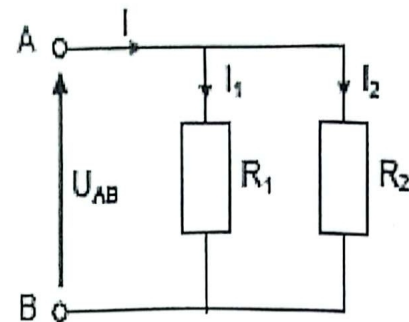


Figure 9 : Résistances montées en parallèle

Ainsi : $\frac{I_1}{I} = \frac{G_1}{G_1 + G_2}$ et $\frac{I_2}{I} = \frac{G_2}{G_1 + G_2}$

Plus généralement, on a :

$$I_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \cdot I$$

Pour un montage comme celui de la figure 10, on mesure l'intensité principale délivrée par le générateur, la tension aux bornes du générateur et les intensités traversant les différentes résistances.

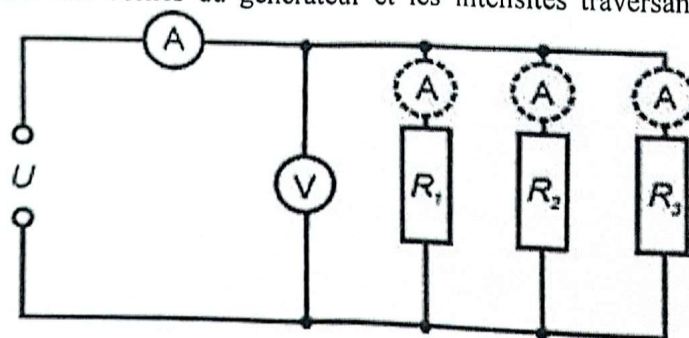


Figure 10 : schéma avec des résistances montées en parallèle

Les mesures se font avec les mêmes multimètres analogiques comme celui décrit plus haut. On vérifie, après les mesures effectuées, la loi des nœuds et la relation qui lie les intensités qui traversent les résistances et l'intensité principale fournie par le générateur.

MATERIEL UTILISE

Pour cette manipulation, on utilise le matériel suivant :

- Une alimentation
- Un voltmètre analogique
- Un ampèremètre analogique
- Des résistances
- Une plaque de montage

3. MANIPULATION

Réaliser un montage en utilisant le générateur, la plaque de montage, les résistances et les multimètres de manière à avoir un réseau semblable à celui de la figure 11 où les résistances sont montées en parallèle.

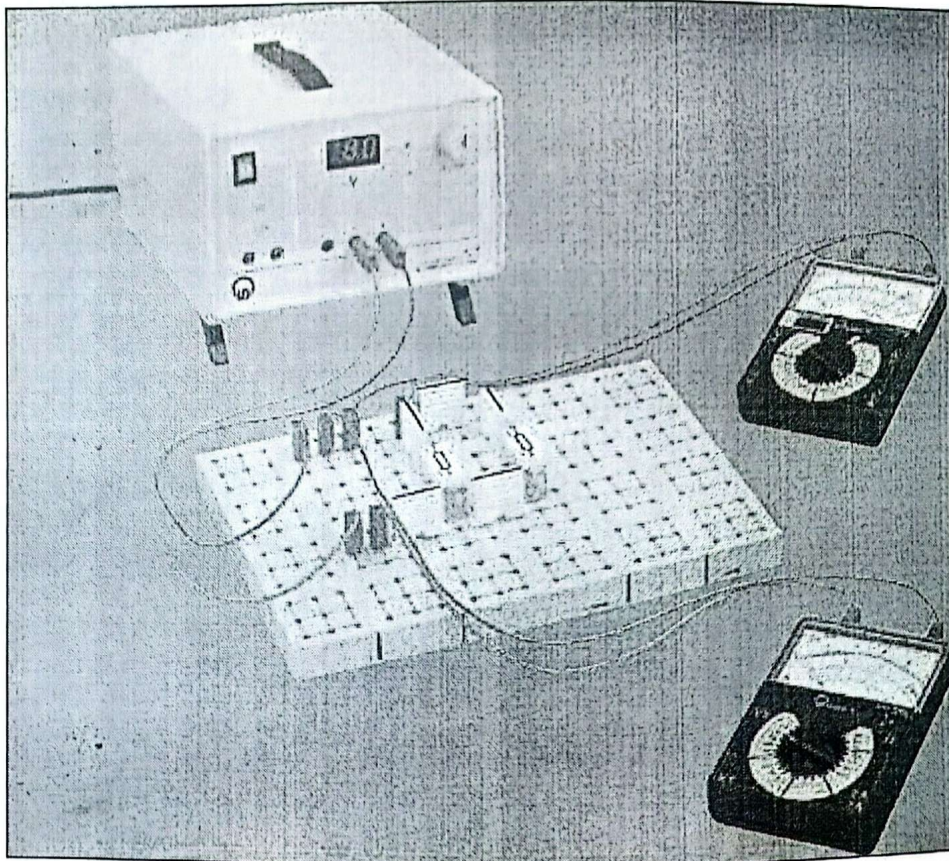


Figure 11 : Montage expérimental (PDC / PDT)

❖ Pont Diviseur de Tension (PDT)

- Monter les résistances, en série, sur la plaque de montage comme indiqué sur la figure 12.

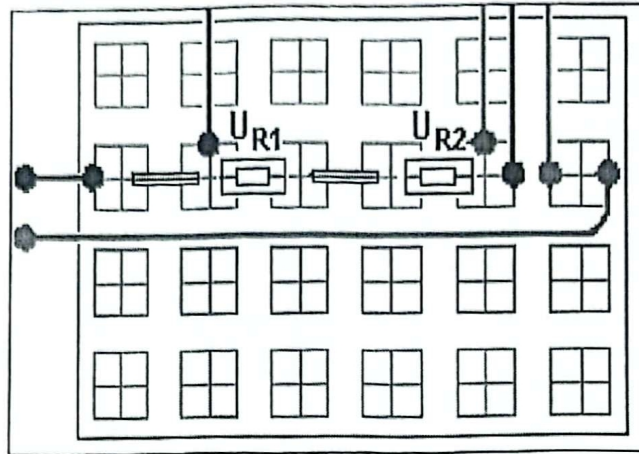


Figure 12 : Montage pratique de résistances en série

- Fixer une tension de 5 V sur le générateur
- Mesurer la tension principale U aux bornes de l'ensemble des résistances en série
- Mesurer le courant I dans le circuit
- Mesurer les tensions U_i aux bornes des différentes résistances
- Calculer les tensions U_i aux bornes des résistances en appliquant la formule du PDT
- Reproduire et compléter le tableau suivant :

	Valeurs théoriques	Valeurs expérimentales
U_1 (V)		
U_2 (V)		
U (V)		
I (mA)		

- Comparer les valeurs expérimentales aux valeurs théoriques et tirer les enseignements nécessaires.

❖ Pont Diviseur de Courant (PDC)

- Monter les résistances, en parallèle, sur la plaque de montage comme indiqué sur la figure 13.

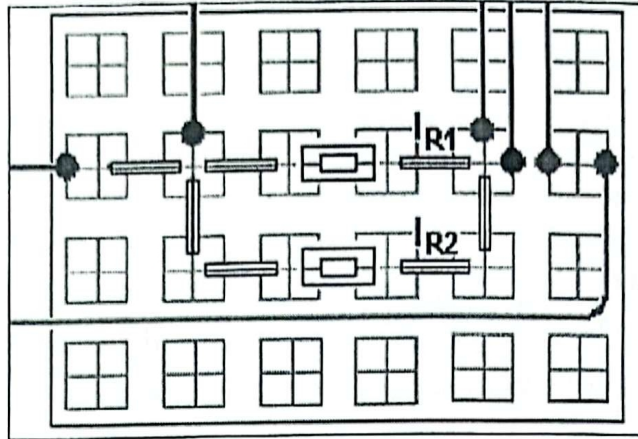


Figure 13 : Montage pratique de résistances en parallèle

- Fixer une tension de 5 V sur le générateur
- Mesurer la tension U dans une branche du circuit
- Mesurer l'intensité principale I fournie par le générateur
- Mesurer les intensités I_i qui traversent les différentes résistances
- Calculer les intensités I_i qui traversent les différentes résistances en appliquant la formule du PDC
- Reproduire et compléter le tableau suivant :

	Valeurs théoriques	Valeurs expérimentales
I_1 (mA)		
I_2 (mA)		
I (mA)		
U (V)		

- Comparer les valeurs expérimentales aux valeurs théoriques et tirer les enseignements nécessaires.

RESISTANCE LINEAIRE : LOI D'OHM

1. BUT DU TP

Déterminer la résistance R et la résistivité ρ de différents fils conducteurs à partir de la loi d'Ohm puis en déduire la nature des matériaux utilisés pour la conception de ces fils conducteurs.

2. PRINCIPE ET EQUATIONS DE BASE

2-1. Définition

- **Ampèremètre** : Il sert à mesurer l'intensité du courant électrique qui traverse le fil conducteur. Il est branché en série avec le fil conducteur.
- **Voltmètre** : On l'utilise pour la mesure de la tension (ou différence de potentiel) aux bornes du fil conducteur. Il est branché en parallèle (ou dérivation) avec le fil conducteur.
- **Fil conducteur** : Il est encore appelé conducteur ohmique ou résistor. C'est un dipôle passif linéaire caractérisé par sa résistance R et sa résistivité ρ . Sa caractéristique $U = f(I)$ est une droite qui passe par l'origine comme l'indique la figure 1 ci-dessous.

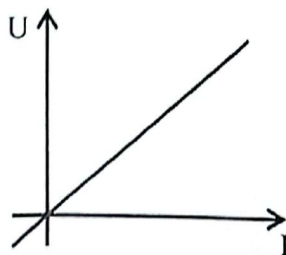


Figure 14 : Caractéristiques tension – courant d'un conducteur ohmique.

- **Résistance** : C'est la propriété physique d'un matériau à résister au déplacement (ou flux) de charges électriques, donc à s'opposer au passage du courant. Elle dépend de la longueur, de la section droite et de la nature du matériau.

- **Résistivité** : Elle exprime la résistance d'un matériau d'une longueur de 1m et d'une section de 1m².

2-2. Equations de base

- **Loi d'Ohm** : La tension aux bornes d'un fil conducteur résistif est directement proportionnelle à l'intensité I du courant qui le traverse. Elle s'exprime comme suit :

$$U = RI \quad (1)$$

On déduit de la loi d'Ohm, la formulation de la résistance R. On a :

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

Une autre formulation de la résistance R est la suivante :

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (3)$$

où ρ , L et S désignent respectivement la résistivité, la longueur et la section du fil conducteur.

Unités de R : Ohm (Ω)

A partir des relations (2) et (3) donnant l'expression de R, on peut écrire :

$$\frac{U}{I} = \rho \frac{L}{S} \quad \rightarrow \quad \rho = \frac{US}{LI} \quad (4)$$

Puisque, $S = \pi r^2 = \pi \frac{d^2}{4}$ alors on peut réécrire ρ comme suit :

$$\rho = \frac{\pi d^2 U}{4LI} \quad (5)$$

Unités de ρ : Ohmmètre ($\Omega.m$)

N.B : Pour calculer expérimentalement la résistance R et la résistivité ρ des différents fils conducteurs étudiés, il faut nécessairement mesurer un certain nombre de grandeurs physiques tels que : la tension U, l'intensité I, la longueur L et le diamètre d. La mesure de chacune de ces grandeurs étant opérée à l'aide d'instruments de mesure, est entachée d'erreurs. Par conséquent, les calculs de R et ρ sont également entachés d'erreurs. Il faudra nécessairement évaluer ces erreurs pour accroître la précision des mesures.

- Calcul d'erreurs

Pour déterminer les expressions des erreurs commises sur la résistance R et sur la résistivité ρ notées respectivement ΔR et $\Delta \rho$, on procède comme suit :

Cas de ΔR

On linéarise dans une première étape l'équation (2). On obtient le résultat suivant :

$$\ln R = \ln U - \ln I \quad (6)$$

Ensuite, on calcule les différentielles de l'équation (6) puis on déduit l'expression de l'erreur relative $\frac{\Delta R}{R}$ tout en maximisant l'erreur.

$$\frac{dR}{R} = \frac{dU}{U} - \frac{dI}{I} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} \quad (7)$$

On déduit alors la formulation de l'erreur absolue ΔR .

$$\Delta R = R \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} \right) \quad (8)$$

Cas de $\Delta \rho$

On linéarise dans une première étape les équations (4) et (5). On obtient les résultats suivants :

$$\ln \rho = \ln U + \ln S - \ln I - \ln L \quad (9)$$

$$\ln \rho = \ln \frac{\pi}{4} + \ln U + 2 \ln d - \ln I - \ln L \quad (10)$$

Ensuite, on calcule les différentielles des équations (9) et (10) puis on déduit les différentes expressions de l'erreur relative $\frac{\Delta \rho}{\rho}$ tout en maximisant l'erreur.

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{dU}{U} + \frac{dS}{S} - \frac{dI}{I} - \frac{dL}{L} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta L}{L} \quad (11)$$

$$\frac{d\rho}{\rho} = \frac{dU}{U} + \frac{2dd}{d} - \frac{dI}{I} - \frac{dL}{L} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + 2 \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta L}{L} \quad (12)$$

On déduit alors les différentes formulations de l'erreur absolue $\Delta \rho$.

$$\Delta \rho = \rho \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta L}{L} \right) \quad (13)$$

$$\Delta \rho = \rho \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + 2 \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta L}{L} \right) \quad (14)$$

Pour la détermination de la résistance R et de la résistivité ρ des différents fils conducteurs à partir de la loi d'Ohm, on réalise le montage expérimental ci-dessous.

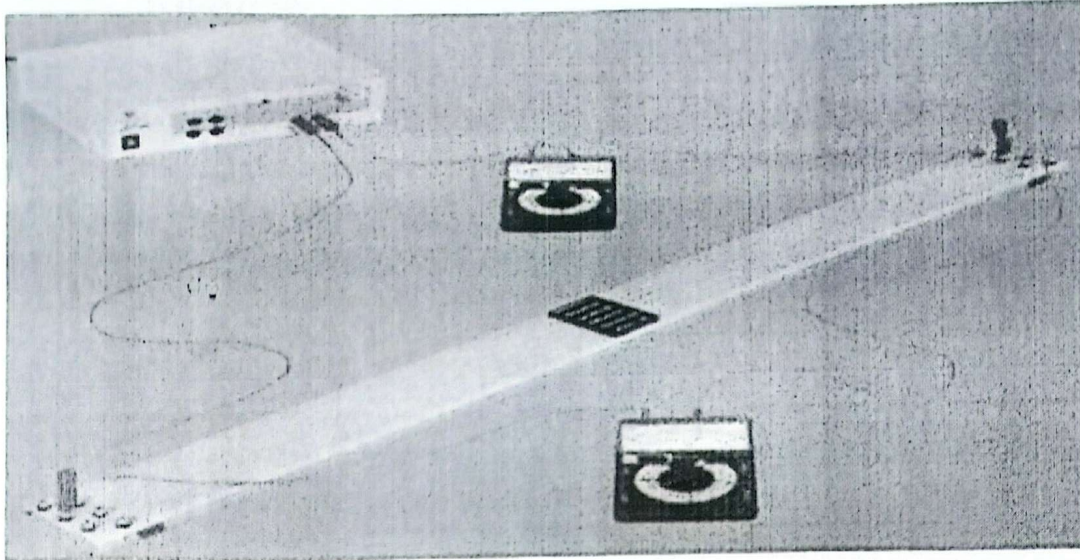


Figure 15 : Montage expérimental pour la détermination de la résistance R et de la résistivité ρ de différents fils conducteurs à partir de la loi d'Ohm.

La figure 16 présente une vue plus claire du montage expérimental avec une bonne présentation du mode de fonctionnement des deux multimètres. L'un fonctionne en mode ampèremètre et l'autre, en mode voltmètre. Les fils conducteurs ainsi que leurs diamètres sont également bien indiqués sur le banc des résistances.

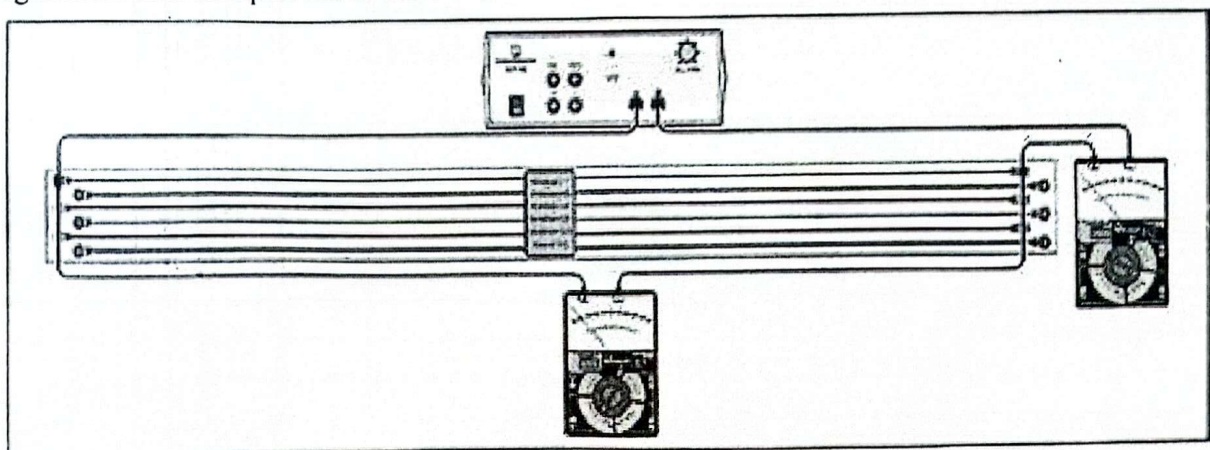


Figure 16 : Présentation schématique du montage expérimental pour la détermination de la résistance R et de la résistivité ρ de différents fils conducteurs à partir de la loi d'Ohm.

Le circuit électrique du montage expérimental est donné par la figure 17.

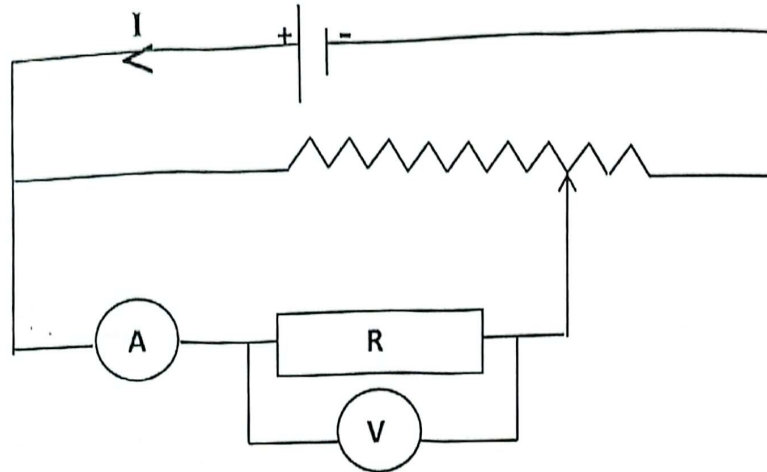


Figure 17 : Schéma électrique du montage expérimental.

On fait varier la tension U aux bornes du fil conducteur et on lit l'intensité I du courant qui le traverse.

- Mesure de la tension U et de l'intensité I :

$$\text{Voltmètre : } U = \frac{\text{Lecture} \times \text{Calibre}}{\text{Echelle}} \quad (15)$$

$$\Delta U = \frac{\text{Petite division} \times \text{Calibre}}{\text{Echelle}} \quad (16)$$

$$\text{Ampèremètre : } I = \frac{\text{Lecture} \times \text{Calibre}}{\text{Echelle}} \quad (17)$$

$$\Delta I = \frac{\text{Petite division} \times \text{Calibre}}{\text{Echelle}} \quad (18)$$

N.B 1 : Il existe deux échelles de lecture : l'échelle 10 et l'échelle 3. Le choix de l'échelle dépend du calibre choisi c'est-à-dire que l'échelle doit être proportionnelle au calibre.

Exemple :

Voltmètre : Calibre = 10V → Echelle = 10.

Calibre = 30V → Echelle = 3.

Ampèremètre : Calibre = 3A → Echelle = 3.

Calibre = 100mA → Echelle = 10.

N.B 2 : La valeur de la petite division pour chacune des échelles est :

Echelle = 10 $\rightarrow$ Petite division = 0,2.

Echelle = 3 $\rightarrow$ Petite division = 0,05.

3. MANIPULATION

3-1. Conducteur cylindrique A : diamètre $d = 1\text{mm}$ et longueur $L = 1\text{m}$

1) Reproduire puis compléter le tableau ci-dessous :

$U(\text{mV})$	$I(\text{mA})$	$R(\Omega)$	$\rho(10^{-9}\Omega.m)$	$\Delta U(\text{mV})$	$\Delta I(\text{mA})$	$\Delta R(\Omega)$	$\Delta \rho(10^{-9}\Omega.m)$

N.B : On donne : $\Delta d = 0$, $\Delta L = 1\text{mm}$

2) Calculer la résistance du conducteur cylindrique A notée R_{moyA} puis écrire R_A sous la forme :
 $R_A = (R_{\text{moyA}} \pm \max(\Delta R))\Omega$. Déduisez-en un encadrement de R_A .

3) Calculer la résistivité du conducteur cylindrique A notée ρ_{moyA} puis écrire ρ_A sous la forme :
 $\rho_A = (\rho_{\text{moyA}} \pm \max(\Delta \rho))\Omega.m$. Déduisez-en un encadrement de ρ_A .

4) Tracer la courbe $U = f(I)$ puis en déduire graphiquement la résistance du conducteur cylindrique A notée R_{graphA} . Comparer R_{graphA} à R_{moyA} .

3-2. Conducteur cylindrique B : diamètre $d = 0,7\text{ mm}$ et longueur $L = 1\text{m}$

1) Reproduire puis compléter le tableau ci-dessous :

$U(\text{mV})$	$I(\text{mA})$	$R(\Omega)$	$\rho(10^{-9}\Omega.m)$	$\Delta U(\text{mV})$	$\Delta I(\text{mA})$	$\Delta R(\Omega)$	$\Delta \rho(10^{-9}\Omega.m)$

N.B : On donne : $\Delta d = 0$, $\Delta L = 1\text{mm}$

2) Calculer la résistance du conducteur cylindrique B notée R_{moyB} puis écrire R_B sous la forme :

$$R_B = (R_{moyB} \pm \max(\Delta R)) \Omega . \text{ Déduisez-en un encadrement de } R_B.$$

3) Calculer la résistivité du conducteur cylindrique B notée ρ_{moyB} puis écrire ρ_B sous la forme :

$$\rho_B = (\rho_{moyB} \pm \max(\Delta \rho)) \Omega . m . \text{ Déduisez-en un encadrement de } \rho_B.$$

4) Tracer la courbe $U = f(I)$ puis en déduire graphiquement la résistance du conducteur cylindrique B notée R_{graphB} . Comparer R_{graphB} à R_{moyB} .

3-3. Conclusion

1) Quelle est la nature du matériau utilisé pour réaliser les conducteurs cylindriques A et B en vous appuyant sur le tableau suivant?

Nom du matériau	Résistivité à 300 K ($\Omega \cdot m$)
Cuivre ¹	67×10^{-9}
Cadmium ¹	76×10^{-9}
Nickel ¹	87×10^{-9}
Fer ¹	100×10^{-9}
Platine ¹	111×10^{-9}
Étain ¹	120×10^{-9}
Plomb ¹	208×10^{-9}
Constantan	$(400-500) \times 10^{-9}$

2) Lequel des conducteurs cylindriques A et B proposeriez-vous au responsable du TP Physique L1 PC pour alimenter sa lampe ? Justifiez votre réponse.