

|  |  |
| --- | --- |
|  | **PHY-5061**  **Cinématique et optique géométrique**  Activités expérimentales  **CORRIGÉ** |

DOCUMENT PRÉPARÉ PAR L’ÉQUIPE DE SCIENCE DU Centre Le Moyne d’Iberville, CSMV, Inspiré d’un document rédigé par Justin Béchard et Isabelle Girard (CSDGS) et de la SOFAD

Avril 2018 – Version 1

Table des matières

[Laboratoire 1 : Les champs de vision 3](#_Toc513817074)

[Laboratoire 2 : Pour en mettre plein la vue ! 8](#_Toc513817075)

[Laboratoire 3 : Indice de réfraction 21](#_Toc513817076)

[Laboratoire 4 : Les images formées dans les lentilles minces 34](#_Toc513817077)

[Laboratoire 5 : Le mouvement rectiligne uniforme 44](#_Toc513817078)

[Laboratoire 6 : L’analyse du mouvement en chute libre 56](#_Toc513817079)

[Laboratoire 7 : L’étude du mouvement des projectiles 68](#_Toc513817080)

# **Laboratoire 1 : Les champs de vision**

*Des yeux tout le tour de la tête !*

Lorsque vous roulez en voiture, vous devez vous assurer de bien voir ce qui se passe derrière votre véhicule et sur les côtés. Les instructeurs de conduite automobile donnent   
de précieux conseils à cet égard. Par exemple, ils enseignent comment ajuster les trois rétroviseurs. Le rétroviseur central doit être placé de façon à voir la lunette arrière dans son ensemble. Les rétroviseurs droit et gauche doivent être ajustés de façon à réduire les angles morts. Quelle est la meilleure position pour le rétroviseur latéral gauche (soit celui situé du   
côté conducteur) ?

Pour en apprendre un peu plus, réalisez cette expérience qui vous permettra de   
déterminer la largeur et l’emplacement du champ de vision d’un miroir plan selon les quatre positions données en annexe. Dans quelle position du miroir peut-on voir 4 objets (voir feuilles en annexe p.83) ?

MISE EN SITUATION

**BUT**

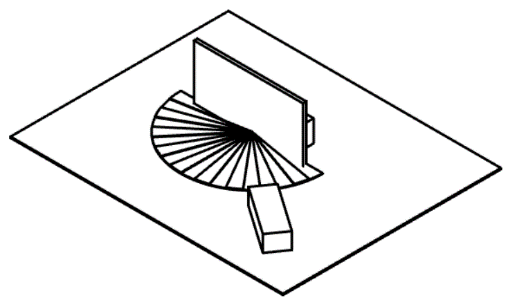
Déterminer expérimentalement le tracé des rayons lumieux et le champ de vision produit par un miroir plan.

**Matériel**

*Schéma de montage*

* Un miroir plan de 100 mm 🞨 50 mm avec appui en bois

**Figure 2** La prise de mesure



Boite à rayon

* Une boite à rayons
* Une plaque à fente simple
* Une règle de 30 cm
* Un rapporteur d’angle
* Un crayon à mine
* Feuille de mesure en annexe (p.99)
* Les feuilles ‘’Modèle de position’’ 1 à 4 en annexe

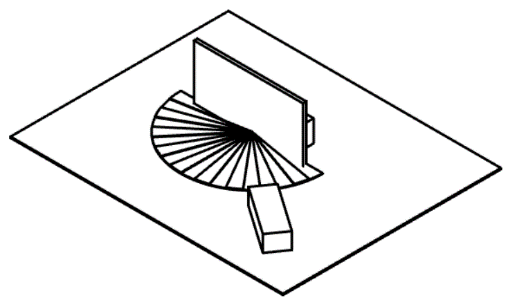
(p.101, 103, 105 et 107)

**Manipulations – Partie 1 : Vérification de la loi de la réflexion**

1. Préparer la feuille de mesure en graduant un cadran par angles de 10° en traçant un segment de droite partant du centre de la feuille et se rendant jusqu'à l'arc de cercle. Pour chacun de ces segments, inscrire la mesure de l'angle correspondant (10º, 20º…) et numérotez-les (1, 2, 3…)

2- Placer le miroir (voir la figure 1) au centre de la feuille de mesure de manière à ce que sa face arrière coïncide avec la ligne hachurée, tel qu'illustré sur le schéma du montage de la figure 2. Il faudra vérifier, tout au long de l'expérience, que le miroir ne s'est pas déplacé.

**Figure 2** La prise de mesure

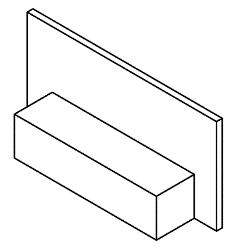
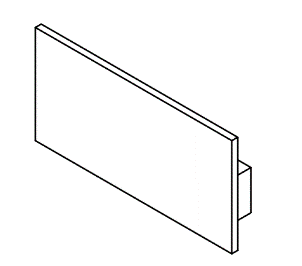


Boite à rayon

**Vue de derrière**

**Vue de devant**

miroir



Bout de bois

**Figure 1** Miroir avec appui en bois

3- Brancher la boite à rayons. Fermer les rideaux.

4- Placer la boite à rayons sur la feuille de mesure de manière à ce que le faisceau suive la ligne de 0º. Il sera ainsi dirigé vers le centre de la surface réfléchissante du miroir. Noter qu’avec un angle d’incidence de 0º, l’angle de réflexion est de 0º.

5- Déplacer la boite à rayons pour que le faisceau suive la ligne de 10º. Le rayon réfléchi apparaîtra sur la feuille de mesure.

6- Marquer d'un trait la feuille de mesure (sur le demi-cercle) et inscrire « 1’ » sur la partie externe du demi-cercle.

7- Répéter pour les autres angles en les numérotant ainsi : 2’, 3’, 4’…

8- Lorsque toutes les mesures auront été inscrites sur la feuille de mesure, retirer le miroir et débrancher la boite à rayons. À l'aide d'une règle, tracer une ligne à partir du centre de la feuille jusqu'au trait identifié « 1’ ». Mesurer l'angle que forme cette avec la ligne pointillée de la normale. Noter la mesure, avec le nombre adéquat de chiffres significatifs, dans le tableau de résultats, à la ligne appropriée. Faire de même avec tous les traits tracés au cours de l'expérimentation.

Vous avez maintenant terminé l'ensemble des manipulations de l'expérience. Ranger votre matériel. L'étape suivante consiste à analyser l'ensemble des données recueillies.

Résultats

Élaborez votre tableau des résultats.

Tableau 1 : Angles incidents et angles de réflexion pour un miroir plan

|  |  |
| --- | --- |
| Angle incident (ϴi)  ± 0,5º | Angle de réflexion (ϴr)  ± 0,5º |
| 10,0 | 10,0 |
| 20,0 | 20,0 |
| 30,0 | 30,0 |
| 40,0 | 40,0 |
| 50,0 | 50,0 |
| 60,0 | 60,0 |
| 70,0 | 70,0 |
| 80,0 | 80,0 |

**Manipulations – Partie 2 : Détermination du champ de vision**

1. Déposez sur la table de laboratoire la feuille ‘’Modèle de position 1’’.
2. Avec un trait fin, relier le centre du cercle à chacune des deux extrémités de la surface réfléchissante du schéma du miroir.
3. Positionner le miroir plan sur le rectangle du schéma le représentant.
4. À l’aide de la boite à rayons, aligner le rayon lumineux incident à un coin du miroir, et déplacer la boite à rayons jusqu’à ce que le rayon réfléchi suive la ligne tracée à l’étape 2.

***Notes : 1)*** *En pratique, comme le rayon incident est aligné vers le coin du miroir, le rayon réfléchi n’aura, au mieux, que la moitié de la largeur du rayon incident.* ***2)*** *Le plus souvent, la superposition est impossible. S’assurer alors que le rayon soit parallèle tout le long de la ligne tracée et, le plus près possible. L’écart observé pourrait par contre aller jusqu’à 2 mm!*

1. Sur la feuille, marquer d’un trait fin, la position du rayon réfléchi par le coin du miroir.
2. Répéter les étapes 4 et 5 pour l’autre coin du miroir.
3. Retirer le miroir.
4. Relier les traits faits aux étapes 5 et 6, au coin approprié du schéma du miroir.
5. Indiquer la direction des rayons incidents et réfléchis à l’aide de pointes de flèche.
6. Refaire les étapes 1 à 9 pour les feuilles ‘’Modèle de position’’ 2, 3 et 4.
7. Sur chaque modèle de position, hachurer ou ombrager l’espace correspondant au champ de vision, soit l’espace séparant les deux rayons incidents.
8. Rangez le matériel.

Analyse des résultats et discussion

**1.** Quel modèle de position permet d’obtenir le champ de vision le plus large ?

|  |  |
| --- | --- |
|  | Le modèle de position 2 |

**2.** Est-ce que la loi de la réflexion a été vérifiée ? Expliquez votre réponse.

**Oui, les angles de réflexions sont égaux aux angles incidents.**

**3.** Quelles sont les causes d’erreur possibles dans ce laboratoire ?

La précision du rapporteur d’angle (± 0,05º), l’épaisseur du rayon lumineux de la boite à rayons et le tracé de la normale au plan.

Retour sur la mise en situation

Quelle serait la meilleure position du rétroviseur latéral gauche ?

La position numéro 2 car elle permet de voir tous les objets.

**Conclusion**

Rédigez une conclusion. Vous devez y introduire au moins le but et faire un bref retour sur les résultats.

Lors de cette expérience, il a été possible de vérifier la loi de la réflexion pour un miroir plan expérimentalement. En effet, il nous a été possible de vérifier que l’angle incident est toujours égal à l’angle de réflexion. Il a été également possible de déterminer que la position numéro 2 est celle nous offrant le meilleur champ de vision pour un rétroviseur.

Dans une autre expérience, on pourrait tester d’autres positions de rétroviseur afin de s’assurer que la position 2 est bel et bien la meilleure.

# **Laboratoire 2 : Pour en mettre plein la vue !**

mISE EN SITUATION

A. En regardant un reportage à la télévision, vous apprenez qu’il est possible de projeter l’image d’un objet sur un écran à l’aide d’un miroir concave. Pour mettre cette théorie à l’épreuve, vous décidez de projeter un dessin que vous avez réalisé sur un écran afin d’en réaliser un agrandissement.

**Pour obtenir une image plus grande que l’objet, à quel endroit devrez-vous placer votre dessin par rapport au miroir concave ?**



**BUT**

* + - 1. Mesurer expérimentalement la longueur focale d’un miroir concave et déterminer l’emplacement de l’objet pour obtenir une image plus grande que l’objet.

**Travail préparatoire (Partie A)**

1. Quelles sont les variables dépendantes et indépendantes?

|  |
| --- |
| Dépendante : distance de l’image (di) |
| Indépendante : distance de l’objet (do) |

1. Comment peut-on calculer la distance focale du miroir à partir de ces données?

À partir de la formule des miroirs

1. a) Quelle est l’incertitude sur une mesure de position sur le banc d’optique? b) Quelle sera l’incertitude sur le calcul d’une distance, entre le miroir et l’objet par exemple?

|  |
| --- |
| a) Comme la règle du banc d’optique est graduée aux 0,1 cm, l’incertitude sur une mesure de position sera de ± 0,05 cm. b) Pour calculer une distance, il faut soustraire deux mesures de positions. Il y aura propagation d’incertitude, elle sera alors ± 0,1 cm. |

1. Formulez une hypothèse concernant les questions posées pour **la partie A** de l’expérience.

Pour obtenir une image plus grande que l’objet, il faudra placer l’objet entre le centre de courbure et la distance focale du miroir.

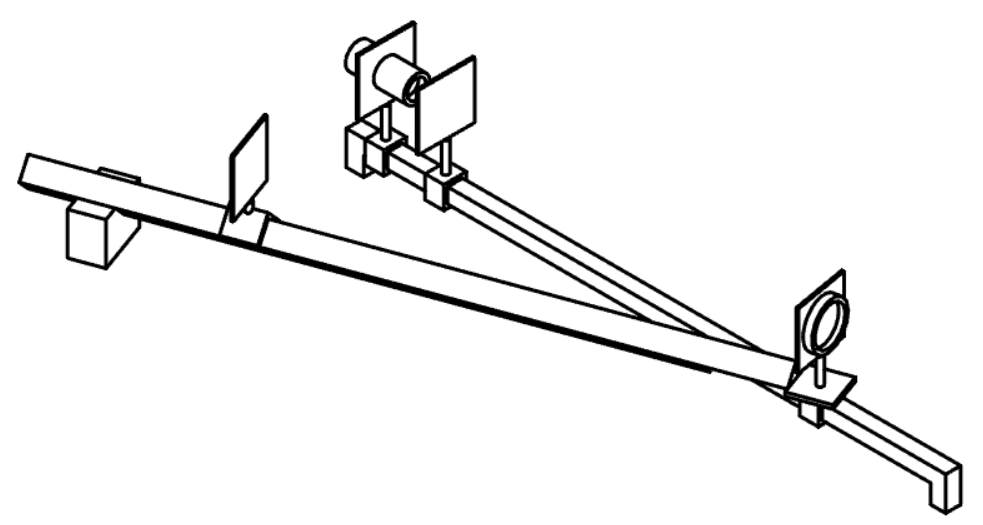
1. Expliquez les principes scientifiques concernant les miroirs concaves.

L’image formée par un miroir concave est réelle, on peut donc la projeter sur un écran. Dans un miroir concave, les rayons convergent vers le point focal, qui est situé devant le miroir.

MATÉRIEL (Partie A)

* Un banc d’optique avec source #1
  + Support à miroir #3 et son anneau de retenue
  + Support à objet #2
* Bras du montage en bois gradué pour la position de l’image, et son bloc d’appui
  + Curseur-image pour l’écran
  + Écran avec papier millimétrique
* Gabarit d’angle à 20º
* Objet A (2 flèches tracées de h = 3,4 cm sur un morceau plastique diaphane)
* Un miroir concave (f = 20 cm, 50 mm diamètre)

**Schéma du montage**



Support #3

Support #2

Bloc d’appui

Écran

Bras du montage en bois

Curseur-image

Support #1

Banc d’optique

**MANIPULATIONS (Partie A)**

**Préparation du montage**

1. Enlever le *support à miroir #3* et insérer le *bras du montage* dans la tige. Réassembler le support à miroir afin que le bras de montage soit bien retenu. Positionner le *bloc d’appui* pour le bras à environ 75,0 cm.
2. Insérer le *miroir concave* dans le *support à miroir #3* et le tenir en place à l’aide de l’*anneau de retenue*.
3. Fixer l’*objet A* (flèches) au *support #2* de façon à ce que les flèches pointent vers le haut et vers la droite (voir le schéma du montage). Noter la hauteur de l’objet au tableau 1.
4. Positionner l’objet (*support #2*) à 10,0 cm sur la règle du banc d'optique. Noter sa position au tableau 1.
5. Positionner le miroir à 60,0 cm sur la règle du *banc d’optique*. Fixer cette position avec la vis sous le *support #3* soutenant le miroir. Noter la position au tableau 1.
6. À l’aide du *gabarit d’angle*, positionner le bras du montage de façon à ce qu’il forme un angle d’environ 20º avec le reste du montage.
7. Déposer le *curseur-image* sur le bras en bois, de sorte que son côté gradué soit du même côté que la règle collée sur le bras en bois.
8. Fixer l’*écran* dans l’attache du *curseur-image*, afin que le papier millimétrique soit face au *miroir*.
9. Positionner l’*écran* à une distance d’environ 50 cm du *miroir*.
10. Brancher la source.

**Prise des mesures – Partie A**

1. Fermer les rideaux et minimisez l’éclairage direct du plan de travail.
2. Pivoter légèrement le *miroir* vers l’*écran* de façon à centrer l’image sur l’*écran*.
3. Déplacer l’*écran* sur le bras jusqu’à ce que l’image soit nette. Noter la position de l’*écran* (image) au tableau 1.
4. À l’aide du papier millimétrique fixé sur l’*écran*, mesurer la hauteur de l’image et la noter au tableau 1. Inscrire également au tableau le sens (droite ou inversée) et le type d’image (réelle ou virtuelle).
5. Tout en conservant le miroir à la même position (60,0 cm), répéter les étapes 13 et 14 pour les positions de l’objet 20,0 cm, 30,0 cm, 40,0 cm, puis à 50,0 cm (tout en faisant suivre la source), afin de compléter le tableau 1.

***Note :*** *Pour la position de l’objet à 50,0 cm, afin d’observer l’image, il faut regarder directement dans le miroir.*

**Tableau des résultats (Partie A)**

**Tableau 1 – Mesures avec le miroir concave**

**Hauteur de l’objet (ho) : \_\_\_\_\_** 3,4 cm ± 0,1 cm **\_\_\_\_**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mesure**  **#** | **Position de l’objet**  **(± 0,05 cm)** | **Position du miroir**  **(± 0,05 cm)** | **Position de l’image**  **(± 0,05 cm)** | **Hauteur de l’image (hi) (± 0,1 cm)** | **Sens de l’image** | **Type d’image** |
| 1 | 10,00 | 60,00 | 32,30 | 2,8 | inversée | réelle |
| 2 | 20,00 | 60,00 | 40,40 | 3,5 | inversée | réelle |
| 3 | 30,00 | 60,00 | 61,50 | 4,7 | inversée | réelle |
| 4 | 40,00 | 60,00 | aucune image | \_\_ | \_\_ | \_\_ |
| 5 | 50,00 | 60,00 | derrière le miroir | plus grande | droite | virtuelle |

**Analyse des résultats (Partie A)**

*Vous devez maintenant construire un tableau qui présentera les valeurs nécessaires au calcul de la longueur focale moyenne du miroir concave. Sous le tableau, joignez un exemple de calcul pour chacun de paramètres calculés.*

**Tableau 2 - Longueur focale du miroir concave**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Mesure**  **#** | **do**  **(± 0,1 cm)** | **di**  **(± 0,05 cm)** | **f**  **(cm)** |
| 1 | 50,0 | 32,30 | 19,7 |
| 2 | 40,0 | 40,40 | 20,1 |
| 3 | 30,0 | 61,50 | 20,2 |
|  |  | **f moyenne :** | 20,0 |

**Exemples de calculs pour la mesure 1 :**

**do = position du miroir – position de l’objet**

**= (60,00 cm ± 0,05 cm) - (10,00 cm ± 0,05 cm)**

**= 50,0 cm ± 0,1 cm**

**di = mesure prise et notée au tableau 1**

**= 32,30 cm ± 0,05 cm**

**Calcul de la distance focale (f):**

**1** = **1 + 1 = 1 + 1 = 0,0506 cm-1 f = 1 = 19,7 cm**

**f do di 50,0 32,30 0,0506 cm-1**

Exemple de calcul pour la distance focale moyenne :

**fmoyen = 19,7 cm + 20,1 cm + 20,2 cm = 20,0 cm**

**3**

1. Comparez les longueurs focales expérimentale et théorique pour le miroir concave en déterminant l’incertitude relative.

Pour le miroir concave, on a :

1. À quoi attribuez-vous ces écarts ?

|  |
| --- |
| La prise des mesures n’est pas toujours évidente. Pour le miroir, il n’est pas facile de mesurer précisément la hauteur de l’image (hi) sur la grille millimétrique, et 1 ou 2 mm feront une grande différence dans le calcul de la distance focale.  Plus grande noirceur permettrait probablement de voir les images plus nettement et ainsi d’obtenir des mesures plus précises. |
|  |

RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES DES IMAGES FORMÉES PAR UN MIROIR CONCAVE (partie **A**)

Dans les boîtes vides du schéma suivant, indiquez la position des images observées pour les mesures #1, 2 et 3 notées au tableau 1. Reliez chaque boîte d’une flèche pointant la position approximative correspondante sur l’axe gradué.

***ATTENTION****: Sous chacune des mesures* # 1 à 5, c*’est la distance de l’objet par rapport au miroir (do) qui est indiquée, et non pas la position de l’objet!*

Mesures # :

Distance : objet (do)

Position de l’image :

Mesures # :

1

50 cm

2

40 cm

3

30 cm

5

10 cm

4

20 cm

40,40 cm

2

61,50 cm

3

32,30 cm

1

S

C

F

- ∞

À partir du tableau 1 et du schéma que vous venez de compléter, construisez un tableau qui résume, de façon générale, les caractéristiques des images formées par un miroir concave.

**Tableau 3 – Caractéristiques des images formées par un miroir concave, pour un objet mesurant 3,4 cm ± 0,1 cm**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Position de l’objet** | **Caractéristiques de l’image** | | | | | |
| **Position** | | **Hauteur** | | **Sens** | **Type** |
| Mesurée  (± 0,05 cm) | Par rapport à C, F ou - ∞ | Mesurée  (± 0,1 cm) | Par rapport à celle de l’objet |
| **Entre ∞ et C** | 32,30 | entre C et F | 2,3 | plus petite | inversée | réelle |
| **En C** | 40,40 | en C | 3,5 | même taille | inversée | réelle |
| **Entre C et F** | 61,50 | entre - ∞ et C | 7,0 | plus grande | inversée | réelle |
| **En F** | aucune image | | ------ | | ------ | ------ |
| **Entre F et S** | derrière le miroir | | plus grande | | droite | virtuelle |

8. À partir de vos observations, déterminez la position de l’objet par rapport au miroir pour obtenir une image agrandie de l’objet, et qui pourra être visualisée sur un écran.

**L’objet devra être situé entre C et F pour obtenir une image réelle plus grande que l’objet.**

**DISCUSSION (Partie A)**

Rédigez une discussion à partir de votre analyse des résultats pour **la partie A.** Voici quelques sujets que vous pourrez aborder :

* Comparaison des valeurs théoriques et expérimentales pour la distance focale;
* Caractéristiques des images formées;
* Réponse au questionnement de départ (Où doit-on placer l’objet pour avoir une image plus grande ?);
* Sources d’erreur et incertitudes.

Le but de cette partie du laboratoire était de mesurer expérimentalement la longueur focale d’un miroir concave et de déterminer l’emplacement de l’objet pour obtenir une image plus grande que l’objet. L’emballage du miroir courbe indiquait que la distance focale était de 20 cm. En faisant la moyenne de nos mesures, c’est également la distance focale que nous avons déterminée, notre erreur relative pour cette expérience est donc de 0%, ce qui est plutôt rare. Ainsi, on a pu confirmer l’information donnée par le fabricant.

Pour arriver à ce résultat, nous avons mesuré les positions et grandeurs des images formées selon différentes distance objet. Lorsque l’objet était placé entre la distance focale et l’infini, l’image était toujours réelle et inversée. Quand l’objet était placé entre l’infini et le centre de courbure, la taille de l’image était plus petite que l’objet, en C, sa taille était la même et entre C et F, l’image était plus grande que l’objet. En F, il n’y avait pas d’image alors qu’entre F et S, l’image était virtuelle, droite et plus grande que l’objet.

Les sources d’erreurs

* Incertitude relative aux instruments de mesure (± 0,05 cm)
* Incertitude relative à la netteté de l’image
* Imprécisions dues au montage
* Etc.

mISE EN SITUATION

B. Pour contrôler le vol à l’étalage, les propriétaires de dépanneur utilisent souvent des miroirs courbes afin d’augmenter le champ de vision du caissier lorsque celui-ci regarde dans les allées.

**Pour avoir un plus grand champ de vision, devrez-vous utiliser un miroir convexe plus ou moins courbé ?**

PARTIE B

**BUT**



1. Mesurer la longueur focale d’un miroir convexe et déterminer quelle caractéristique d’un miroir convexe donnera un plus grand champ de vision.

**Travail préparatoire (Partie B)**

1. Formulez une hypothèse concernant les questions posées pour **la partie B** de l’expérience.

Le miroir ayant le plus petit rayon de courbure offrira le plus grand champ de vision.

1. Expliquez les principes scientifiques concernant les miroirs convexes.

L’image formée par un miroir convexe est virtuelle, c’est pourquoi il nous faudra regarder directement dans le miroir pour apercevoir l’image. Un miroir convexe fera diverger les rayons lumineux à partir du point focal, qui est situé derrière le miroir.

MATÉRIEL (Partie B)

* Un banc d’optique avec source #1
  + Support à miroir #3 et son anneau de retenue
  + Support à objet #2
* Bras du montage en bois gradué pour la position de l’image et son bloc d’appui
  + Curseur-image pour l’écran
  + Écran avec papier millimétrique
* Gabarit d’angle à 20º
* Objet B (rectangle numéroté avec sections colorés).
* Deux miroirs convexes (B1 et B2) de 50 mm de diamètre (fB1 = - 15 cm et fB2 = - 20 cm)
* Grille millimétrique 1 cm x 3 cm avec gommette

ManipulATIONS (Partie B)

**Prise des mesures**

**Partie B-1**

1. Enlever le *miroir concave* de son support en poussant doucement sur son dos pour dégager l’anneau de retenue. Le remplacer par le *miroir convexe B1* (f = -15 cm).
2. Vérifier que la position de l’objet (*support #2*) se trouve toujours à 10,0 cm et que celle du *miroir convexe* (*support #3*) est à 60,0 cm sur la règle du *banc d'optique*. Noter les positions au tableau 4.
3. Pivoter légèrement le *miroir* vers l’*écran* et déplacer ce dernier à la recherche d’une image.

***Note***: *Comme aucune image ne sera projetée sur l’écran, il faudra regarder directement dans le miroir pour apercevoir l’image.*

1. Apposer de la gommette au verso de la grille millimétrique de 1,0 x 3,0 cm. Fixer ce rectangle verticalement sur le miroir convexe, le long de l’axe vertical du diamètre (voir schéma 1).
2. Au besoin, faire pivoter un peu le *miroir* afin de pouvoir observer (dans le miroir) l’image alignée avec la grille millimétrique (voir schéma 1).
3. Mesurer la hauteur de l’image à l’aide de la grille millimétrique et la noter au tableau 4.

***Note****: Afin de faciliter la prise de mesure, il est possible de faire des traits (haut et bas de l’image) sur le papier millimétrique, puis de mesurer la distance qui les sépare.*

1. Tout en conservant le miroir à la même position (60,0 cm), répéter les étapes 20 et 21 pour les positions de l’objet à 30,0 cm et 50,0 cm (en faisant suivre la source), afin de compléter le tableau 4.

**Partie B-2**

1. Remplacer l’objet A (flèches) par l’objet B(rectangle avec des couleurs numérotées) et placer l’objet à 30,0 cm du miroir, et retirer la grille millimétrique du miroir.

Miroir

Axe vertical du diamètre

**Schéma 1**

Grille millimétrique

Image

1. Placez vos yeux au-dessus du bras du montage, à environ 60,0 cm du miroir. Fermer un œil, et regarder directement dans le miroir. Faire pivoter le miroir de sorte que le numéro 1 soit tout juste visible à l’extrême gauche et dans la partie la plus large du miroir.
2. Observer le numéro des couleurs qu’il est possible de voir dans le miroir et noter vos résultats au tableau 5. Noter également la distance qui vous séparait du miroir (**d**).
3. Répéter les étapes 24 et 25 en remplaçant le miroir convexe B1 par le miroir convexe B2.
4. Débrancher la source et ranger le matériel.

**Tableaux des résultats (Partie B)**

**Tableau 4 - Mesures avec le miroir convexe B1** (partie **B-1**)

**Hauteur de l’objet (ho) : \_\_\_\_**3,4 cm ± 0,1 cm **\_\_\_\_\_\_**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mesure**  **#** | **Position de l’objet**  **(± 0,05 cm)** | **Position du miroir**  **(± 0,05 cm)** | **Position de l’image** | **Hauteur de l’image (hi) (± 0,1 cm)** | **Sens de l’image** | **Type d’image** |
| 7 | 10,00 | 60,00 | derrière le miroir | 0,9 | droite | virtuelle |
| 8 | 30,00 | 60,00 | derrière le miroir | 1,2 | droite | virtuelle |
| 9 | 50,00 | 60,00 | derrière le miroir | 2,1 | droite | virtuelle |

**Tableau 5 – Champ de vision des miroirs convexes B1 et B2** (partie **B2**)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Miroir**  **convexe** | **Numéros des couleurs visibles (√ = oui;** -  **= non) à d = \_60\_ cm ± \_3\_ cm** | | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** |
| **B1** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | - | - |
| **B2** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | **√** | - | - | - |

**Analyse des résultats (Partie B)**

*Vous devez maintenant construire un tableau qui présentera les valeurs nécessaires au calcul de la longueur focale moyenne du miroir convexe B1. Sous les tableaux, indiquez la description de chaque colonne, ainsi que les exemples de calculs correspondants.*

**Tableau 6 - Distance focale du miroir convexe** (partie **B-1**)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mesure**  **#** | **ho**  **(± 0,1 cm)** | **hi**  **(± 0,1 cm)** | **do**  **(± 0,1 cm)** | **di**  **(cm)** | **f**  **(cm)** | |
| 1 | 3,4 | 0,9 | 50,0 | -13,2 | -17,9 | **fmoyen**  - 16,9 |
| 2 | 3,4 | 1,2 | 30,0 | -10,6 | -16,4 |
| 3 | 3,4 | 2,1 | 10,0 | -6,2 | -16,3 |

**Exemples de calculs  pour la mesure 1 :**

**ho = mesure de la hauteur de l’objet notée au-dessus du tableau 2 :** 3,4 cm ± 0,1 cm

**hi = mesure de la hauteur de l’image notée au tableau 2 :** 0,9 cm ± 0,1 cm

**do = position du miroir – position de l’objet**

**=** (60,00 cm ± 0,05 cm) - (10,00 cm ± 0,05 cm)

= 50,0 cm ± 0,1 cm

**di = position de l’image… qu’on n’a pas pu mesurer!**

**Il sera cependant possible de la calculer avec l’équation :**

**Calcul de la distance focale (f):**

**Exemple de calcul pour la distance focale moyenne :**

1. Comparez les longueurs focales expérimentale et théorique pour le miroir convexe en déterminant l’incertitude relative.

Pour le miroir convexe, on a :

1. À quoi attribuez-vous ces écarts ?

|  |
| --- |
| La prise des mesures n’est pas toujours évidente. Pour le miroir, il n’est pas facile de mesurer précisément la hauteur de l’image (hi) sur la grille millimétrique, et 1 ou 2 mm feront une grande différence dans le calcul de la distance focale.  Plus grande noirceur permettrait probablement de voir les images plus nettement et ainsi d’obtenir des mesures plus précises. |
|  |

**DISCUSSION (Partie B)**

Rédigez maintenant une discussion pour **la partie B.** Voici les points à aborder :

* Comparaison des valeurs théoriques et expérimentales pour la distance focale;
* Caractéristiques des images formées;
* Réponse au questionnement de départ (quel miroir offre le meilleur champ de vision);
* Sources d’erreur et incertitudes.

Le but de ce laboratoire était de déterminer la distance focale d’un miroir convexe et de déterminer quelle caractéristique d’un miroir convexe donnera un plus grand champ de vision.

Nous avons déterminé une distance focale moyenne de -16,9 cm alors que la distance focale donnée par le fabricant était de -15 cm, pour une erreur relative de 12,7%, ce qui est relativement fiable comme résultat, compte tenu des difficultés de la prise de mesure.

Dans tous les cas, l’image formée était virtuelle, droite et plus petite que l’objet.

La seconde partie nous a montré qu’un miroir convexe avec une plus petite distance focale nous donnera un plus grand champ de vision puisque nous pouvions voir 10 rectangles avec la lentille B1 contre 9 pour la lentille B2.

Les sources d’erreurs sont les suivantes :

Incertitude due aux instruments de mesure (± 0,05 cm)

La prise des mesures n’est pas toujours évidente. Pour le miroir, il n’est pas facile de mesurer précisément la hauteur de l’image (hi) sur la grille millimétrique, et 1 ou 2 mm feront une grande différence dans le calcul de la distance focale.

Une plus grande noirceur permettrait probablement de voir les images plus nettement et ainsi d’obtenir des mesures plus précises.

**CONCLUSION (Parties A et B)**

Rédigez une courte conclusion en lien avec les 2 parties de ce laboratoire.

Ce laboratoire nous a permis de déterminer les distances focales d’un miroir concave (20,0 cm) avec une marge d’erreur relative de 0% et celle d’un miroir convexe (-15,0 cm) avec une marge d’erreur relative de 12,7%. Il nous a également été permis de déterminer que pour un miroir concave, on obtiendra une image plus grande que l’objet lorsqu’on place celui-ci entre le centre de courbure et la distance focale.

Dans la seconde partie du laboratoire, nous avons pu déterminer qu’un miroir convexe avec une plus petite distance focale donnera un champ de vision plus grand.

# **Laboratoire 3 : Indice de réfraction**

Vérifier la loi de la réfraction de Snell-Descartes

La **réfraction** est le phénomène lumineux au cours duquel la lumière dévie de sa trajectoire rectiligne en changeant de vitesse lorsqu'elle passe d’un milieu transparent à un autre. La loi de Snell-Descartes démontre que le rapport entre les sinus des angles d’incidence et de réfraction est constant.

Dans la première partie de cette activité, vous allez justement vérifier cette loi en projetant une source lumineuse en direction d’un bassin semi-circulaire rempli d’eau dont l’indice de réfraction est connu. Vous devrez comparer les angles d’incidence et de réfraction lors du passage de la lumière de l’air dans l’eau (partie A1), puis de l’eau dans l’air (partie A2). Vous déterminerez également l’angle critique de l’eau (partie A3).

PARTIE A

**BUT**

1. Vérifier la loi de la réfraction de Snell-Descartes et mesurer un angle critique.

**Travail préparatoire (Partie A)**

1. Quelle relation mathématique définit la loi de Snell-Descartes ?

n1 sin ϴ1 = n2 sin ϴ2

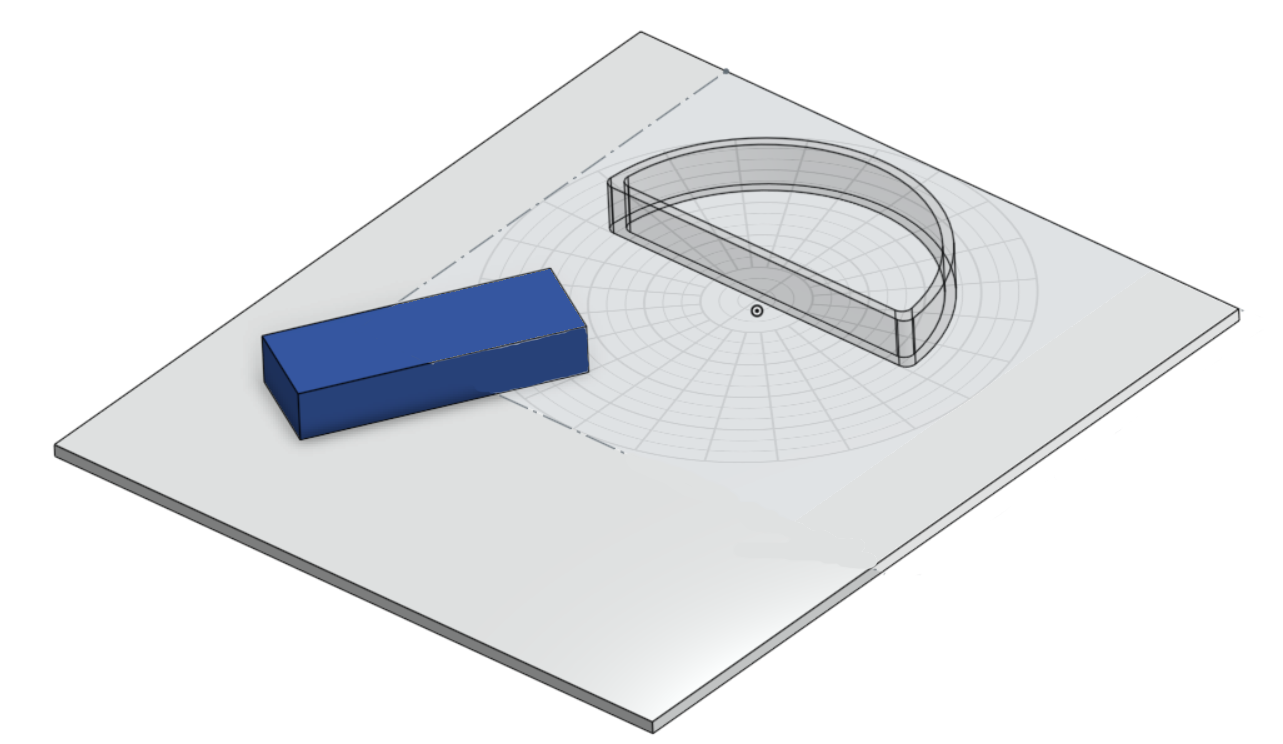
1. Expliquez ce que signifie l’expression « milieu plus réfringent ».

C’est un milieu à travers duquel la lumière voyagera à une vitesse différente que dans l’air.

1. Lisez les manipulations et préparez les tableaux 1 et 2 de la section des résultats.

**MATÉRIEL (partie A)**

Schéma du montage 1 (**air**-eau)



* 1 boite à rayons
* 1 plaque à fente simple
* 2 feuilles à coordonnées polaires (p.109 et 111)
* 1 bassin semi-circulaire avec repères

au centre (normale)

* Eau du robinet
* Rapporteur d’angles

**MANIPULATIONS (partie A)**

Partie A1 – Passage de la lumière de l’**air** à l’eau

1. Sur une feuille à coordonnées polaires, prolonger l’axe vertical jusqu’en dehors des cercles, en haut et en bas, de la feuille à coordonnées polaires. Identifier l’angle 0°.
2. Tracer des angles d’incidence de 15° à 75° avec des sauts de 15°, et les identifier (valeur et pointe de flèche).
3. Remplir le bassin semi-circulaire environ aux 2/3 avec de l’eau du robinet. S’assurer que le dessous du bassin soit sec avant de le déposer sur la feuille à coordonnées polaires.
4. Placer le bassin de façon à ce que : **1)** L’angle 0° arrive sur la face plane du bassin (voir schéma du montage 1). **2)** Cette face doit être parfaitement alignée avec la ligne sur la feuille qui représente l’angle de 90°. **3)** Les repères tracés au fond du bassin doivent être bien alignés avec l’axe vertical de la feuille à coordonnées polaires.
5. Brancher la boite à rayons munie de la plaque à fente simple. Fermer les rideaux.
6. Placer le pinceau lumineux sur la normale du bassin. Sur la feuille, À l’aide d’un trait fin, indiquer la position du rayon réfracté correspondant à l’angle d’incidence de 0°.

*Note :* Le rayon réfracté devrait sortir sur la ligne tracée à l’étape 1. Sinon, corriger la position du bassin et vérifier le bon positionnement du rayon incident tout le long de l’angle 0°.

1. Placer le faisceau lumineux successivement sur les autres angles d’incidence tracés (15° à 75°). Pour chacun, indiquer sur la feuille la position du rayon réfracté correspondant.

*Note : S’assurer que le faisceau lumineux suive parfaitement le rayon incident tracé sur la feuille à coordonnées polaires. Ainsi, le faisceau arrivera exactement au centre du bassin.*

1. Enlever le bassin semi-circulaire rempli d’eau.
2. À l’aide d’une règle, relier le point central de la feuille à coordonnées polaires à chaque trait correspondant à un rayon réfracté. Mesurer les angles de réfraction correspondants et noter au tableau 1.

Partie A2 – Passage de la lumière de l’eau à l’**air**

1. Sur une nouvelle feuille de coordonnées polaires, tracer des angles d’incidence de 0 à 50° en faisant des bonds de 10°.
2. Pivoter de 180 º le bassin semi-circulaire (voir schéma 2) afin que le rayon soit réfracté à sa sortie du bassin (passage de la lumière de l’eau à l’**air**).

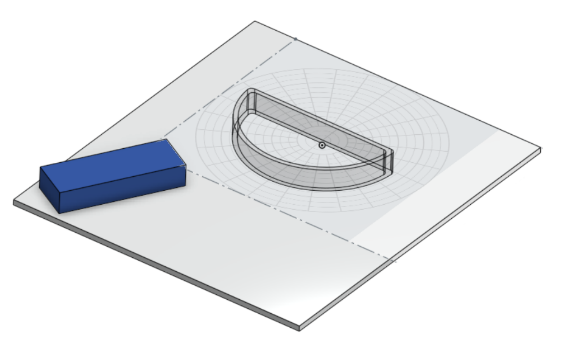


Schéma 2 : Bassin pivoté (eau-**air**)

1. Procéder comme aux étapes 6 et 7 pour les prises de mesures, mais en faisant varier l’angle d’incidence de 0 à 50° en faisant des bonds de 10°.

*Note : Avec un angle d’incidence de 50°, aucun angle de réfaction de devrait être observé. Il y a réfraction totale interne.*

Partie A3 – Détermination de l’angle critique de l’eau

1. En déplaçant la boite à rayons, faire varier progressivement l’angle d’incidence entre 40° et 50° jusqu’à ce qu’il ne soit plus possible d’observer d’angle de réfraction. Marquer alors la position de l’angle d’incidence sur la feuille. Il s’agit de l’angle critique.

Mesures pour les parties A2 et A3

1. Répéter les étapes 8 et 9, puis indiquer les valeurs des angles de réfraction au tableau 2.
2. Indiquer également la mesure de l’angle critique de l’eau, au tableau 3.

**RÉSULTATS (Partie A)**

**Tableau 1** : Angles incidents et de réfraction pour un rayon lumineux allant de l’air à l’eau

|  |  |
| --- | --- |
| Angle incident  (± 1º) **\*** | Angle réfracté  (± 0,5º) |
| 0 | 0,0 |
| 15 | 11,5 |
| 30 | 22,0 |
| 45 | 32,0 |
| 60 | 40,0 |
| 75 | 46,0 |

**\*** Les traits sur la feuille à coordonnées polaires sont très larges (presque 1 mm). Ils apportent donc aussi une incertitude sur la mesure de l’angle, en plus de celle due au rapporteur d’angle. Un valeur totale d’incertitude de ± 1 mm a donc été attribuée sur la mesure des angles d’incidence.

**Tableau 2** : Angles incidents et de réfraction pour un rayon lumineux allant de l’eau à l’air

|  |  |
| --- | --- |
| Angle incident  (º) \*\* | Angle réfracté  (± 0,5º) |
| 0 ± 1 | 0,0 |
| 10,0 ± 0,5 | 13,5 |
| 20,0 ± 0,5 | 27,0 |
| 30 ± 1 | 42,0 |
| 40,0 ± 0,5 | 59,0 |
| 50,0 ± 0,5 | --- |

**\*\*** Voir les explications sous le tableau 1 pour les mesures avec une incertitude de ± 1º. Les autres mesures ne comportent que l’incertitude due au rapporteur d’angles, puisqu’elles été prises à partir de traits fins tracés au crayon.

**Tableau 3** : Mesure de l’angle critique de l’eau

|  |
| --- |
| Angle critique de l’eau  (± 0,5º) |
| 48,0 |

**Analyse des résultats (partie A)**

Partie A1 – Passage de la lumière de l’air à l’eau

1. Lorsque vous avez utilisé le rayon lumineux qui pénètre la surface de séparation sous un angle d’incidence de 0⁰, quelle était la mesure de l’angle de réfraction?

0⁰

1. Pour vérifier la loi de Snell-Descartes, il faut s’assurer que le rapport des sinus des angles d’incidence et de réfraction demeure constant. Pour y parvenir, complétez le tableau 4 en reportant d’abord les valeurs des angles d’incidence et de réfraction du tableau 1, puis en calculant les différentes valeurs demandées.

**Tableau 4.** Détermination de l’indice de réfraction de l’eau

(passage de la lumière de l’**air** à l’eau)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Θi  (± 1º) **\*** | Θr  (± 0,5º) | sin Θi | sin Θr | ¹  sin Θi  sin Θr |
| 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | - |
| 15,5 | 11,5 | 0,267 | 0,199 | 1,34 |
| 30,0 | 22,0 | 0,5 | 0,375 | 1,33 |
| 45,0 | 32,0 | 0,707 | 0,530 | 1,33 |
| 60,0 | 40,0 | 0,866 | 0,643 | 1,35 |
| 75,0 | 46,0 | 0,966 | 0,719 | 1,34 |
|  |  |  | n moyen : | 1,34 |

**\*** Voir explications sous le tableau 1.

¹

sin Θi  = ?

sin Θr

comme = 1 , donc sin Θi

sin Θr

avec = indice de réfraction

Moyenne

1. Que pouvez-vous conclure à partir de ces résultats? Est-ce qu’une donnée vous semble constante?

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Partie A2 – Passage de la lumière de l’eau à l’air

1. Afin de confirmer la valeur de l’indice de réfraction de l’eau que vous avez obtenue à la partie A1, complétez le tableau 5 en reportant d’abord les valeurs des angles d’incidence et de réfraction du tableau 2, puis en calculant les différentes valeurs requises pour déterminer l’indice de réfraction de l’eau.

**Tableau 5.** Détermination de l’indice de réfraction de l’eau

(passage de la lumière de l’eau à l’**air**)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Θi  (º) **\*\*** | Θr  (± 0,5º) | sin Θi | sin Θr | sin Θr  sin Θi |
| 0 ± 1 | 0,0 | 0 | 0 | - |
| 10,0 ± 0,5 | 13,5 | 0,174 | 0,208 | 1,34 |
| 20,0 ± 0,5 | 27,0 | 0,342 | 0,431 | 1,33 |
| 30 ± 1 | 42,0 | 0,5 | 0,643 | 1,34 |
| 40,0 ± 0,5 | 59,0 | 0,643 | 0,848 | 1,33 |
| 50,0 ± 0,5 | -- | -- | -- | -- |
|  |  |  | n moyen : | 1,34 |

**\*\*** Voir explications sous le tableau 2.

* Pour passage de la lumière de l’eau à l’**air** ,

comme = 1 , donc sin Θr

sin Θi

* Moyenne

Partie A3 – Angle critique de l’eau

1. Calculez la valeur théorique de l’angle critique de l’eau.

Lors du passage de la lumière de l’eau à l’**air** ,

Lorsqu’il y a réflexion totale interne, l’angle de réfraction dans l’air est de 90. On connait également l’indice de réfraction de l’eau (1,33) et celui de l’air (1,00).

Déterminer expérimentalement l’indice de réfraction de substances inconnues

**Dans cette seconde partie, votre enseignant, toujours un peu distrait, a besoin de votre aide pour l’aider à replacer des étiquettes sur deux substances inconnues qu’il a mélangées par inadvertance.**

**Vous disposez de deux bouteilles identifiées X et Y, et de deux étiquettes sur lesquelles sont inscrits des indices de réfraction. Vous devez élaborer un protocole de laboratoire qui vous permettra de relier chaque substance à sa bonne étiquette. Vous devez ensuite réaliser l’expérience, présenter vos résultats et en faire l’analyse. N’oubliez pas de spécifier les sources d’erreurs possibles. Il vous sera peut-être même possible d’indiquer à votre enseignant la nature des substances X et Y!**

PARTIE B

**BUT**

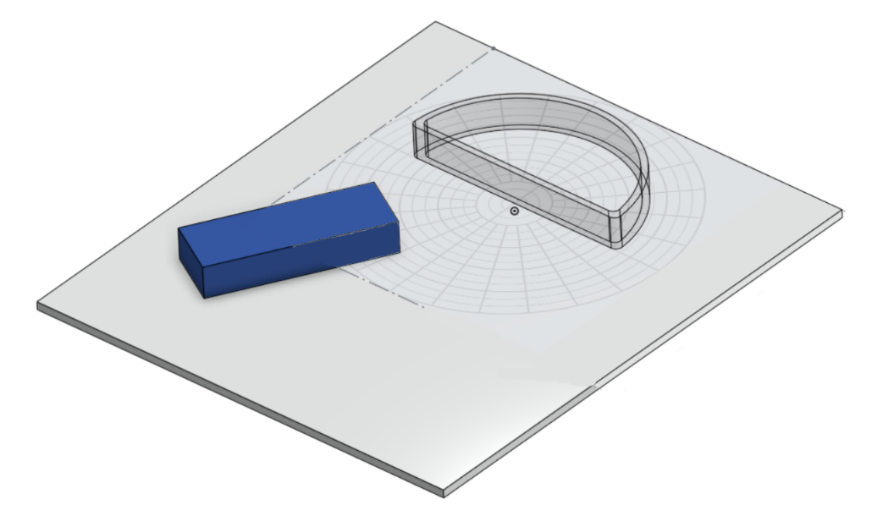
B. Déterminer expérimentalement l’indice de réfraction de substances inconnues et

identifier ces dernières.

**Matériel (partie B)**

|  |  |
| --- | --- |
| * 1 boite à rayons | * 1 bouteille du liquide Y |
| * 1 plaque à fente simple | * 1 rapporteur d’angle |
| * 1 bassin semi-circulaire avec repères au centre (normale) | * 1 règle |
| * 2 feuilles à coordonnées polaires | * \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
| * 1 bouteille du liquide X | * \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

Schéma du montage 3



**MANIPULATIONS (partie B)**

1. Sur une feuille à coordonnées polaires, prolonger l’axe vertical jusqu’en dehors des cercles, en haut et en bas, de la feuille à coordonnées polaires. Identifier l’angle 0°.
2. Tracer des angles d’incidence de 15° à 75° avec des sauts de 15°, et les identifier (valeur et pointe de flèche).
3. Remplir le bassin semi-circulaire environ aux 2/3 avec le liquide X. S’assurer que le dessous du bassin soit sec avant de le déposer sur la feuille à coordonnées polaires.
4. Placer le bassin de façon à ce que : **1)** L’angle 0° arrive sur la face plane du bassin (voir schéma 3). **2)** Cette face doit être parfaitement alignée avec la ligne sur la feuille qui représente l’angle de 90°. **3)** Les repères tracés au fond du bassin doivent être bien alignés avec l’axe vertical de la feuille à coordonnées polaires.
5. Brancher la boite à rayons munie de la plaque à fente simple. Fermer les rideaux.
6. Placer le pinceau lumineux sur la normale du bassin. Sur la feuille, à l’aide d’un trait fin, indiquer la position du rayon réfracté correspondant à l’angle d’incidence de 0°.

*Note :* Le rayon réfracté devrait sortir sur la ligne tracée à l’étape 16. Sinon, corriger la position du bassin et vérifier le bon positionnement du rayon incident tout le long de l’angle 0°.

1. Placer le faisceau lumineux successivement sur les autres angles d’incidence tracés (15° à 75°). Pour chacun, indiquer sur la feuille la position du rayon réfracté correspondant.

*Note : S’assurer que le faisceau lumineux suive parfaitement le rayon incident tracé sur la feuille à coordonnées polaires. Ainsi, le faisceau arrivera exactement au centre du bassin.*

1. Retirer le bassin semi-circulaire et vider son contenu dans la bouteille d’origine. Nettoyer et assécher le bassin.
2. À l’aide d’une règle, relier le point central de la feuille à coordonnées polaires à chaque trait correspondant à un rayon réfracté et les identifier. Mesurer les angles de réfraction correspondants et noter au tableau 1.
3. Sur une nouvelle feuille à coordonnées polaires, répéter les étapes 16 à 24 avec le liquide Y.
4. Ranger le matériel.

**résultatS (partie B)**

**Tableau 6-** Mesures d’angles pour le liquide X

|  |  |
| --- | --- |
| Θi  (± 1°) **\*\*\*** | Θr  (± 0,5°) |
| 0 | 0,0 |
| 15 | 11,0 |
| 30 | 21,5 |
| 45 | 31,5 |
| 60 | 40,0 |
| 75 | 46,0 |

**\*\*\*** Les traits sur la feuille à coordonnées polaires sont très larges (presque 1 mm). Ils apportent donc aussi une incertitude sur la mesure de l’angle, en plus de celle due au rapporteur d’angle. Un valeur totale d’incertitude de ± 1 mm a donc été attribuée sur la mesure des angles d’incidence.

**Tableau 7-** Mesures d’angles pour le liquide Y

|  |  |
| --- | --- |
| Θi  (± 1°) **\*\*\*** | Θr  (± 0,5°) |
| 0 | 0,0 |
| 15 | 9,5 |
| 30 | 20,0 |
| 45 | 28,5 |
| 60 | 35,5 |
| 75 | 40,5 |

**\*\*\*** Voir explications sous le tableau 6.

**analyse des résultatS (partie B)**

**Tableau 8 -** Détermination de l’indice de réfraction du liquide X

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Θi  (± 1°) **\*\*\*** | Θr  (± 0,5°) | sin Θi | sin Θr | sin Θi  sin Θr |
| 0 | 0,0 | 0 | 0 | -- |
| 15 | 11,0 | 0,233 | 0,172 | 1,36 |
| 30 | 21,5 | 0,454 | 0,331 | 1,36 |
| 45 | 31,5 | 0,649 | 0,475 | 1,35 |
| 60 | 40,0 | 0,809 | 0,588 | 1,35 |
| 75 | 46,0 | 0,924 | 0,661 | 1,34 |

**\*\*\*** Voir explications sous le tableau 6.

* Exemple de calculs, pour nair = 1
* Moyenne

**Tableau 9 -** Détermination de l’indice de réfraction du liquide Y

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Θi  (± 1°) **\*\*\*** | Θr  (± 0,5°) | sin Θi | sin Θr | sin Θi  sin Θr |
| 0 | 0,0 | 0 | 0 | -- |
| 15 | 9,5 | 0,233 | 0,149 | 1,57 |
| 30 | 20,0 | 0,454 | 0,309 | 1,46 |
| 45 | 28,5 | 0,649 | 0,433 | 1,48 |
| 60 | 35,5 | 0,809 | 0,529 | 1,49 |
| 75 | 40,5 | 0,924 | 0,594 | 1,49 |

**\*\*\*** Voir explications sous le tableau 6.

* Moyenne

**Note :** La valeur 1,57 (pour Θi = 15°) a été exclue, vu le très grand écart avec les autres valeurs calculées, qui elles, sont très rapprochées.

**DISCUSSION (parties A et B)**

Pour la partie A, il vous sera possible de comparer l’indice de réfraction de l’eau, ainsi que son angle critique avec les valeurs théoriques.

Pour la partie B, pensez à comparer les indices de réfractions que vous avez obtenus, avec ceux figurant au tableau 3.3 de la page 78 de votre manuel.

**Le but de la partie A de ce laboratoire était de vérifier la loi de la réfraction de Snell-Descartes. La partie A1 a permis de calculer l’indice de réfraction de l’eau lors du passage du rayon lumineux de l’air à l’eau. Une valeur de 1,34 a été obtenue. Dans la partie A2, lors du passage du rayon lumineux de l’eau à l’air, la même valeur d’indice de réfraction a été obtenue. La valeur théorique de l’indice de réfraction étant de 1,33 , les valeurs expérimentales n’ont une erreur relative que de 0,75 %.**

**x 100% = 0,75%**

**Dans la partie A3, un angle critique de 48,0° a été mesuré pour l’eau. Comme la valeur théorique trouvée mathématiquement est de 48,8°, cela donne une erreur relative de 1,64%.**

**x 100% = 1,64%**

**Le but de la partie B de ce laboratoire était de déterminer l’indice de réfraction de 2 substances inconnues (X et Y). En mesurant l’angle réfracté par rapport à un angle incident, il nous a été possible de déterminer, à l’aide de la loi de Snell-Descartes, l’indice de réfraction de chacune de ces substances.**

**Pour le liquide X, il nous a été possible de déterminer un indice de réfraction de 1,36, ce qui est proche de l’indice de réfraction de l’eau (1,33), mais correspond en fait à celui de l’alcool (1,36). Pour le liquide Y, nous avons obtenu un indice de réfraction de 1,48, qui est proche de l’indice de réfraction du glycérol (1,47).**

**Les sources d’erreur sont les suivantes :**

* **Incertitude due aux instruments de mesure (± 0,5º);**
* **Largeur des traits sur les feuilles à coordonnées polaires;**
* **Largeur du faisceau lumineux;**
* **Mauvais positionnement du bassin semi-circulaire sur la feuille de coordonnées polaires (angle d’incidence n’arrive pas en plein centre du bassin et/ou pas perpendiculairement);**
* **Mauvais alignement du faisceau avec le centre de la feuille de coordonnées polaires;**
* **Mauvais positionnement du rapporteur d’angle lors de la prise des mesures;**
* **Etc.**

CONCLUSION **(parties A et B)**

Le but de ce laboratoire était de déterminer l’indice de réfraction de deux liquides inconnus. Nous avons été en mesure de déterminer que le liquide X a un indice de réfraction de 1,33 (alcool) alors que le liquide Y a un indice de réfraction de 1,45 (glycérol).

# **Laboratoire 4 : Les images formées dans les lentilles minces**

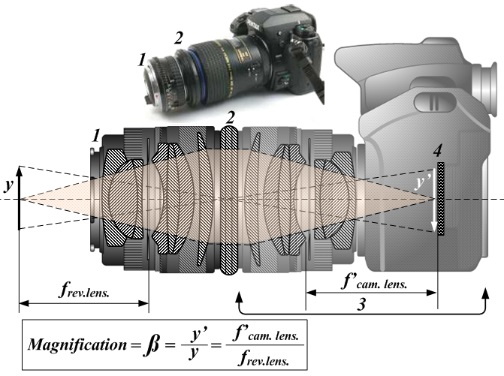
MISE EN SITUATION

Les objectifs de caméra sont un assemblage de plusieurs lentilles. Cet assemblage permet de réduire la longueur des objectifs et en rendant une lentille mobile, il devient possible d’ajuster la netteté de l’image projetée sur le capteur de la caméra.

Au cours de ce laboratoire, vous simulerez un objectif macro (objectif permettant de photographier des objets très petits et près de la caméra). Cette expérience vous permettra d’en apprendre davantage sur les caractéristiques des lentilles convergente et divergente et de calculer leur distance focale.

Quelles seront selon vous les caractéristiques de l’image formée sur le capteur de la caméra?

**BUT**



* + - 1. Calculer la distance focale d’une lentille convergente et celle d’une lentille divergente.

**Travail préparatoire**

1. Quelle différence y a-t-il entre une image réelle et une image virtuelle ?

Une image réelle peut être projetée sur un écran alors qu’une image virtuelle ne peut pas l’être.

1. Comment procède-t-on pour percevoir des images virtuelles ?

En regardant directement dans le miroir ou la lentille, on peut voir l’image virtuelle.

1. Formulez une hypothèse pour cette expérience.

L’image sera renversée et plus grande que l’objet puisque l’on veut photographier un objet très petit.

*Dans cette expérience, vous devrez mesurer les distances focales d’une lentille convergente et d’une lentille divergente. En tout temps l’objet sera fixé à 10,0 cm, et la source lui sera accolée pour former la source-objet.*

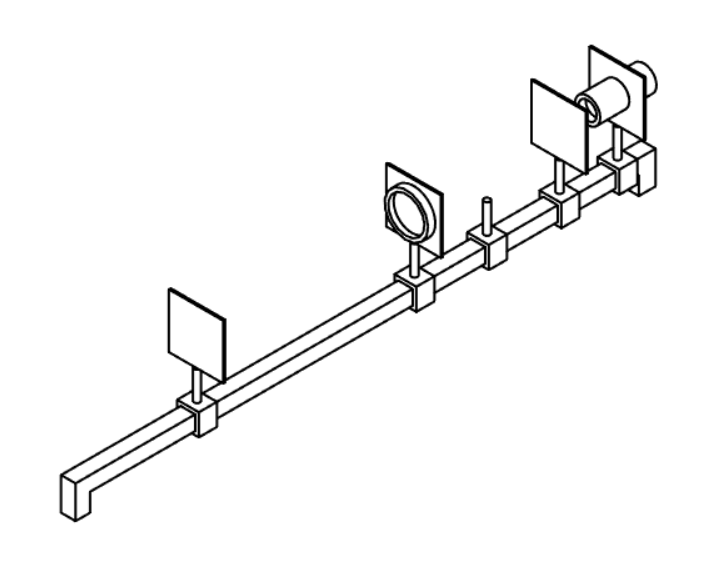
***Pour déterminer la distance focale de la lentille convergente****, vous placerez celle-ci à 40,0 cm de l’objet et trouverez la position où se forme une image nette. Ensuite, vous répéterez le même processus en rapprochant la lentille de l’objet à coups de 5,0 cm à la fois, de façon à obtenir 8 mesures au total.*

***Pour déterminer la distance focale de la lentille divergente****, vous devrez monter un système de 2 lentilles : 1 divergente et 1 convergente. Pour simuler l’objectif macro d’une caméra, vous devrez placer la lentille divergente à des positions déterminées (à 5,0 cm, 10,0 cm, 15,0 cm puis 20,0 cm) de l’objet, l’écran sera toujours à 40,0 cm de la lentille divergente, et la position de lentille convergente (entre la lentille divergente et l’écran) sera à déterminée par la visualisation d’une image nette sur l’écran.*

**MATÉRIEL**

* Du ruban adhésif
* 1 lentille convergente (f = 10 cm, 50 mm de diamètre)
* 1 lentille divergente (f = -5 cm, 38 mm de diamètre avec adaptateur bleu)
* 1 objet (flèches imprimées sur acétate) d’une hauteur de 1,6 cm
* 1 banc d’optique comprenant :
  + 1 source lumineuse (support #1)
  + 1 écran translucide (support #2)
  + 2 supports à lentilles (support #3, et support #4 avec un anneau gris et un noir)
  + 1 écran blanc (support #5)

**Schéma du montage pour trouver la distance focale de la lentille convergente**



Source

Écran translucide

et objet

Support à lentille

Écran

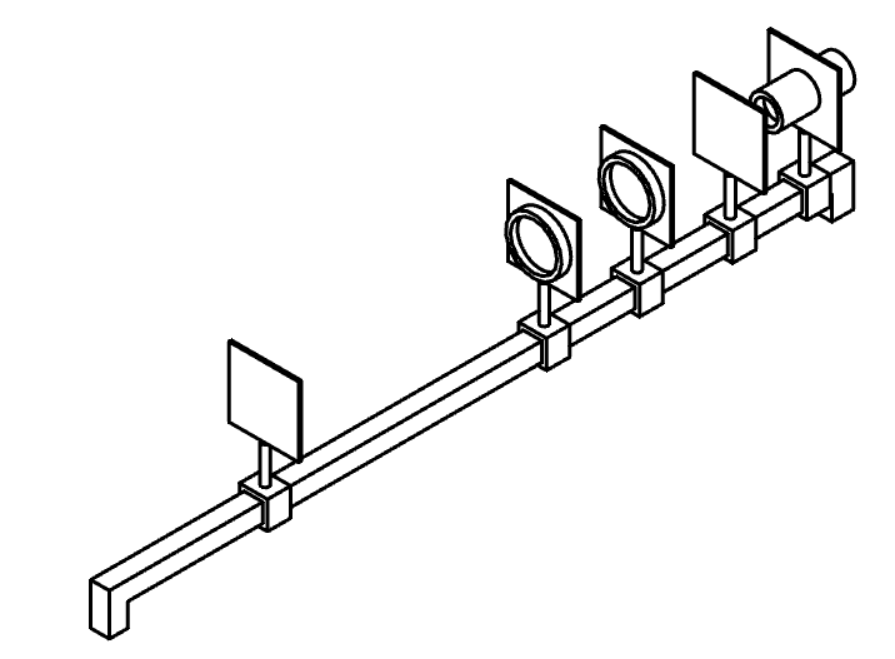
**#1**

**#2**

**#4**

**#5**

Schéma du montage pour trouver la distance focale de la lentille divergente (système de 2 lentilles : divergente + convergente)



Source

Écran translucide

et objet

Supports à lentilles

Écran

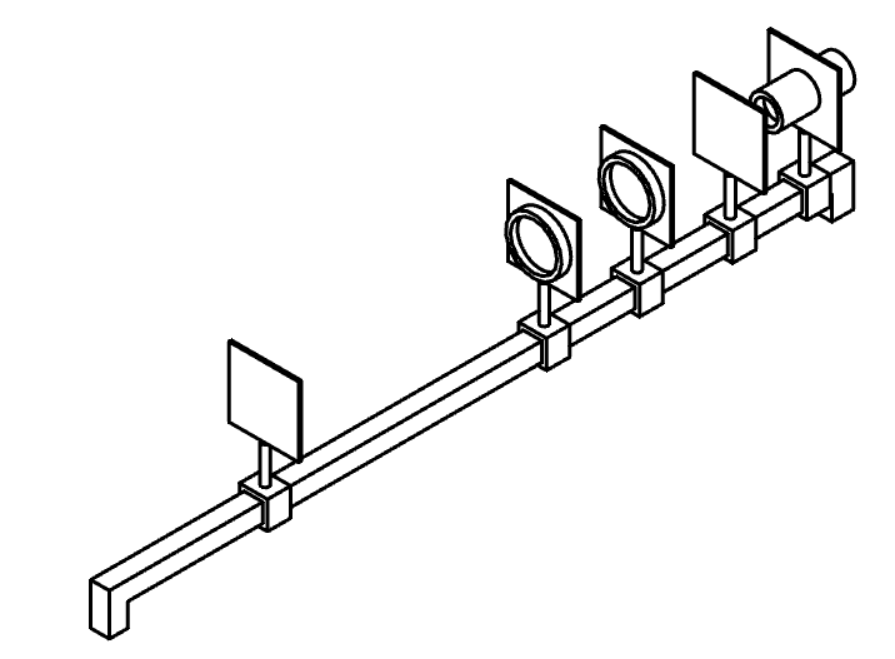
**#1**

**#2**

**#4**

**#5**

**#3**



Source

Écran translucide

et objet

Supports à lentilles

Écran

**#1**

**#2**

**#4**

**#5**

**#3**

**Exploration**

Avant d’effectuer le montage et les manipulations de l’expérience, examinez les lentilles pour répondre aux questions suivantes.

1. Au toucher, quelle différence y a-t-il entre la lentille convergente et la lentille divergente ?

La lentille convergente est bombée alors que la divergente est creuse.

1. Placez la lentille convergente près de votre œil et observez un texte en l’approchant lentement de vous. Qu’observez-vous ?

Le texte est agrandi.

1. Tenez maintenant la lentille convergente à bout de bras et observez les lettres lorsque le texte est près de la lentille. Qu’observez-vous ?

Le texte est environ de la même grandeur.

1. Tenez de nouveau la lentille convergente à bout de bras et observez un objet éclairé éloigné de vous, par exemple une fenêtre. Qu’observez-vous ?

L’image est inversée et plus petite.

1. Prenez maintenant la lentille divergente et observez, à travers celle-ci, des objets rapprochés (à environ 20-30 cm) et des objets éloignés de vous (quelques mètres). Qu’observez-vous ?

Les images sont plus petites et de même sens que les objets.

1. Dans les 2 montages présentés **dans la liste de matériel**, quelles sont les variables indépendantes et dépendantes?

Indépendante : la position de l’objet

Dépendante : la position et la hauteur de l’image.

1. Quels paramètres sont constants?

La hauteur de l’objet.

**Manipulations**

**Préparation du montage**

* 1. Insérer et centrer la lentille convergente dans le support à lentille #4 en la coinçant entre l’anneau gris et le noir.
  2. Avec du ruban adhésif, coller l’objet sur acétate sur l’écran translucide et insérer ce dernier sur le support #2.
  3. Fixer la position de l’objet (écran translucide; #2) à 10,0 cm sur le banc d’optique et y approcher la source lumineuse. Cet ensemble est ce qu’on appelle la source-objet.
  4. Positionner la lentille convergente (#4) à 50,0 cm sur la règle du banc d’optique.
  5. Placer l’écran blanc sur le support #5.
  6. Brancher la source lumineuse.

**Prise de mesure pour la lentille convergente**

7- Déplacer l’écran le long du banc d’optique, jusqu’à obtenir une image nette.

8- Noter la position de l’objet, de la lentille et de l’image (écran) dans le tableau 1.

9- Répéter les étapes 7 et 8 en approchant la lentille convergente (#4) vers l’objet, de 5,0 cm à chaque fois.

**Prise de mesure pour le système de lentilles (convergente + divergente)**

10- Vérifier que l’objet est bien fixé à la marque de 10,0 cm sur le banc d’optique.

11- Placer la lentille divergente dans le support à lentille (#3) et le positionner à 15,0 cm.

12- Placer l’écran à la marque de 55,0 cm, soit 40,0 cm plus loin que la lentille divergente. ***IMPORTANT : Cette distance de 40 cm entre la lentille divergente et l’écran devra être conservée tout au long de l’expérience. Ils devront toujours être déplacés ensemble et constitueront le ‘*système lentille divergente-écran’.**

13- Placer la lentille convergente (#4) à environ 10 cm de la lentille divergente (#3), puis la déplacer jusqu’à l’obtention d’une image nette. Noter les positions dans le tableau 2.

14- Déplacer le système lentille divergente-écran afin d’augmenter de 5,0 cm la distance entre l’objet (#2) et la lentille divergente (#3).

15- Déplacer la lentille convergente (#4) afin d’obtenir une image nette. Noter les positions dans le tableau 2.

16- Répéter les étapes 14 et 15, 2 autres fois.

17- Lorsque toutes les mesures sont prises, éteindre la source lumineuse et ranger le matériel.

**Tableaux des résultats**

*Élaborez ici vos tableaux des résultats. Pour la position de l’image, considérez une incertitude supplémentaire de ± 0,3 cm due à la difficulté à obtenir une image bien nette.*

T**ab**l**eau 1 – Position de** l**’ima**g**e formée par une** l**enti**ll**e conver**g**ente en fonction de** l**a variation de la position de la lentille (objet fixe)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Mesure | Position de l’objet  (± 0,05 cm) | Position de la lentille  (± 0,05 cm) | Position de l’image  (± 0,4 cm) |
| 1 | 10,00 | 50,00 | 63,0 |
| 2 | 10,00 | 45,00 | 58,5 |
| 3 | 10,00 | 40,00 | 54,3 |
| 4 | 10,00 | 35,00 | 50,8 |
| 5 | 10,00 | 30,00 | 48,5 |
| 6 | 10,00 | 25,00 | 52,4 |
| 7 | 10,00 | 20,00 | aucune image |
| 8 | 10,00 | 15,00 | aucune image |

T**ab**l**eau 2 –** Position de la lentille convergente en fonction de la position de l’ensemble lentille-divergente-écran **(objet fixe)**

Support # 2 Support # 3 Support # 5 Support # 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Mesure | *Position de l’objet*  (± 0,05 cm) | *Position de la lentille divergente*  (± 0,05 cm) | *Position de l’écran*  (± 0,4 cm) | *Position de la lentille convergente*  (± 0,05 cm) |
| 1 | 10,00 | 15,00 | 55,0 | 27,50 |
| 2 | 10,00 | 20,00 | 60,0 | 31,80 |
| 3 | 10,00 | 25,00 | 65,0 | 36,20 |
| 4 | 10,00 | 30,00 | 70,0 | 40,30 |

**Analyse des résultats**

*Pour chacun des deux systèmes de lentilles étudiés, vous devez maintenant construire un tableau qui présentera les valeurs nécessaires au calcul de la distance focale moyenne de la lentille convergente, et celle de la lentille divergente. Sous les tableaux, indiquez la description de chaque colonne, ainsi que les exemples de calculs correspondants.*

Lentille convergente :

T**ab**l**eau 3 – Le traitement des données pour déterminer** l**a** l**on**g**ueur foca**l**e de** l**a** l**enti**ll**e conver**g**ente.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Mesure | Distance objet-lentille *d*o  (± 0,1 cm) | Distance image-lentille *d*i  (± 0,5 cm) | Longueur focale *f*  (cm) |
| 1 | 40,0 | 13,0 | 9,8 |
| 2 | 35,0 | 13,5 | 9,7 |
| 3 | 30,0 | 14,3 | 9,7 |
| 4 | 25,0 | 15,8 | 9,7 |
| 5 | 20,0 | 18,5 | 9,6 |
| 6 | 15,0 | 27,4 | 9,7 |
| Moyenne | | | 9,7 |

**Exemple de calcul pour la mesure de la distance focale de la lentille convergente**

La distance objet-lentille est la différence entre la position de la lentille et la position de la source-objet : 40,0 cm - 0,0 cm = 40,0 cm.

La distance image-lentille est la différence entre la position de l’image et celle de la lentille : 54,0 cm - 40,0 cm = 14,0 cm.

On a donc *d*o = 40,0 cm et *d*i = 14,0 cm. On cherche *f*.

= = 0,102 cm–1

*f* = 9,8 cm

**Calcul de la moyenne des longueurs focales**

*f* = (9,8 cm + 9,7 cm + 9,7 cm + 9,7 cm + 9,6 cm + 9,7 cm)/ 6 = 9,7 cm

**Calcul de l’erreur relative**

Système de 2 lentilles (divergente +convergente):

T**ab**l**eau 4 – Le traitement des données pour déterminer** l**a** l**on**g**ueur foca**l**e de** l**a** l**enti**ll**e diver**g**ente.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mesure | Lentille convergente | | Lentille divergente | | |
| *d*o  (± 0,1 cm) | *d*i  (± 0,5 cm) | *d*o  (± 0,1 cm) | *d*i  (± 0,5 cm) | *f*  (cm) |
| 1 | 14,9 | 27,5 | 5,0 | -2,4 | -4,6 |
| 2 | 14,7 | 28,2 | 10,0 | -2,9 | -4,2 |
| 3 | 14,6 | 28,8 | 15,0 | -3,4 | -4,4 |
| 4 | 14,4 | 29,7 | 20,0 | -4,1 | -5,1 |
| Moyenne | | | | | -4,6 |

**Exemple de calculs pour la mesure de la distance focale de la lentille divergente**

1re étape : Détermination de la position de l’objet virtuel de la lentille convergente (doconv)

40 cm

Image sur l’Écran

diconv = 28,2 cm

doconv = 14,7 cm

fd

fd’

fc’

fc

Objet

Objetconv

Légende :

fd : foyer de la lentille divergente

fc : foyer de la lentille convergente

La distance image-lentille pour la lentille convergente correspond à la différence entre la position de l’image et celle de la lentille convergente : 60,0 cm – 31,8 cm = 28,2 cm.

Pour la lentille convergente, on a donc *d*i = 28,2 cm et *f* = 9,7 cm. On cherche *d*o de la lentille convergente.

= = 0,067 6 cm–1

*d*o = 14,7 cm

Note : l’objet virtuel de la lentille convergente est aussi l’image virtuelle de la lentille divergente.

2e étape : Détermination de la distance focale de la lentille divergente.

didiv = - 2,9 cm

40 cm

Image sur l’Écran

diconv = 28,2 cm

doconv = 14,7 cm

fc

fc’

fd’

fd

dodiv

Objet

Imagediv

Légende :

fd : foyer de la lentille divergente

fc : foyer de la lentille convergente

Puisqu’il y a 11,8 cm entre les deux lentilles (31,80 cm – 20,00cm), cela signifie que l’image virtuelle formée par la lentille divergente est située 2,4 cm devant cette dernière (14,7 cm – 11,8 cm), soit *d*i = -2,9 cm. Sur le schéma ci-dessus, on peut également trouver cette distance en faisant :

La distance objet-lentille pour la lentille divergente correspond à la différence entre la position de la lentille divergente et celle de la source-objet : 20,0 cm - 10,0 cm = 10,0 cm.

Pour la lentille divergente, on a donc *d*o = 10,0 cm et *d*i = -2,9 cm. On cherche *f*.

= = -0,245 cm–1

*f* = -4,2 cm

**Calcul de la moyenne des longueurs focales**

*f* = (-4,6 cm+-4,2 cm+-4,4 cm+-5,1 cm)/ 4 = -4,6 cm

**Calcul de l’erreur relative**

**DISCUSSION**

*Note : Inclure l’erreur relative dans votre discussion*

Le but de l’expérience était de déterminer la longueur focale d’une lentille convergente, puis celle d’une lentille divergente. Dans un premier temps, la position de l’image formée par la lentille convergente en fonction de la position de la source-objet en avant d’elle a été mesurée.

À l’aide de ces deux données, il a été possible de calculer la longueur focale de la lentille convergente, qui est de 9,7 cm. La lentille convergente a ensuite été placée dans un système avec la lentille divergente, avec une distance de 10,0 cm séparant les deux lentilles. La position de l’image en fonction de la position de la source-objet a été mesurée. Par la suite, il a été possible de calculer la longueur focale de la lentille divergente, qui est de -4,6 cm.

Pour toutes les mesures de positions, il y avait une incertitude attribuable au ruban à mesurer de ± 0,05 cm, soit la moitié de la plus petite division. La source d’erreur sur la position de l’objet était le mauvais positionnement de la source-objet par l’expérimentateur. L’incertitude absolue totale sur la distance objet était de ± 0,1 cm. En ce qui concerne la position de l’image, les sources d’erreur repérées étaient la difficulté à obtenir une image nette (± 0,3 cm) et l’incertitude sur le ruban de ± 0,05 cm. L’incertitude absolue totale sur la position de l’image était de ± 0,4 cm.

Compte tenu des incertitudes sur les différentes mesures, l’hypothèse de départ était bonne. La longueur focale prédite pour la lentille convergente était de 10 cm, alors que celle mesurée est de 9,7 cm, pour une erreur relative de 3%. Pour la lentille divergente, la longueur focale prédite était de -5 cm. La longueur focale mesurée est de -4,6 cm, pour une erreur relative de 8%. Étant donné la complexité du montage pour déterminer la longueur focale de la lentille divergente et de l’analyse qui en découle, l’hypothèse de départ est très acceptable.

**CONCLUSION**

*Rédigez une courte conclusion en lien avec le but de l’expérience.*

Notre hypothèse de départ a été vérifiée, l’image formée par l’assemblage d’une lentille divergente et d’une lentille convergente est inversée. Cependant, l’image est environ de la même dimension que l’objet, dépendant de la distance de l’objet. Nous avons obtenu une distance focale de 9,7 cm pour la lentille convergente (erreur relative de 3%) et de -4,6 cm pour la lentille divergente (erreur relative de 8%).

# **Laboratoire 5 :** Le mouvement rectiligne uniforme

**MISE EN SITUATION**

Les robots envoyés par la NASA sur la planète Mars se déplacent à vitesse constante. Ceci leur permet d’économiser l’énergie produite par les panneaux solaires afin de conserver celle-ci pour les expériences scientifiques.

Réalisez cette expérience qui vous permettra de découvrir les représentations graphiques (position et vitesse) et mathématiques d’un mouvement rectiligne uniforme (MRU).

**BUT**



Quel est le but de ce laboratoire?

Déterminer les représentations graphiques et mathématiques d’un mouvement rectiligne uniforme.

Quelles est la variable indépendante dans ce laboratoire?

La programmation du robot (le nombre de tours de roues/seconde)

Quelle sont les variables dépendantes dans ce laboratoire?

La position et la vitesse

HYPOTHÈSE

Je crois que :

|  |
| --- |
| La position est directement proportionnelle au temps dans un MRU |

Parce que

|  |
| --- |
| La vitesse est constante |
|  |

**MATÉRIEL**

****

* 1 ordinateur portable
* 1 robot MRU (avec le programme MRU déjà téléchargé)
* 1 câble USB
* 1 table de 1,5m de longueur
* 1 règle

**MANIPULATIONS**



1. Allumer la brique Lego NXT en appuyant sur le bouton orange;



2. À l’aide des flèches gauche et droite, naviguer dans le menu jusqu’au dossier My Files. Ensuite, appuyer sur le bouton orange pour le sélectionner;

3. À l’aide des flèches gauche et droite, naviguer dans le menu jusqu’au dossier Software files. Ensuite, appuyer sur le bouton orange pour le sélectionner;

4. Naviguer dans le menu jusqu’au fichier MRU. Ensuite, appuyer sur le bouton orange pour le sélectionner.

5. Placer le robot à une extrémité de la table, assurez-vous que

le robot puisse rouler sur une distance de 1 m sans tomber par terre;

(Le robot se dirige dans le sens des grosses roues).

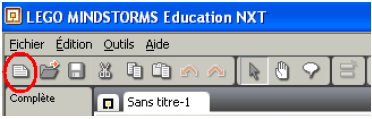
6. Appuyer sur le bouton orange pour démarrer le robot.

Observer sa progression pendant l’acquisition de données.

**TRANSFERT DES DONNÉES DE LA BRIQUE NXT VERS MICROSOFT EXCEL**

Le but de cette procédure est de transférer les données de la brique vers un chiffrier électronique (Excel) et de rendre les données compatibles avec le chiffrier.

1. Démarrer le logiciel «Lego Mindstorm NXT 2.1Programming» et ouvrir un nouveau programme.

****

2. Connecter le robot à l’ordinateur par le câble USB.

3. Dans le logiciel Lego Mindstorms NXT, appuyer sur l’icône fenêtre NXT.



4. Sélectionner votre robot dans la liste et appuyer sur l’onglet mémoire (si le logiciel ne détecte pas de robot, appuyer sur numériser afin de rafraîchir la liste des robots connectés).

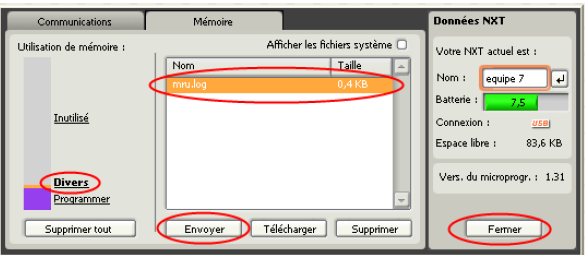
5. Dans la section Utilisation de mémoire, sélectionner Divers et mettre le fichier «\*.log» en surbrillance.

6. Appuyer sur Envoyer.

7. Sauvegarder le fichier dans vos documents.

8. Sélectionner votre fichier mru.log et appuyer sur «suprimer».

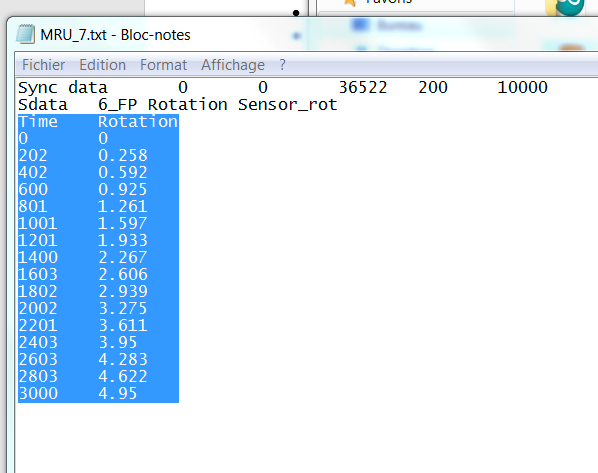
9. Fermer la fenêtre NXT.



10. Éteindre votre robot en appuyant pendant environ 3 secondes sur le bouton gris foncé de la brique NXT ;

11. Modifier l'extension du fichier «\*.log» en «\*.txt» :

* Accédez à votre dossier «Documents» et repérez le fichier «mru.log»
* Clic droit sur le fichier et sélectionner Renommer
* Remplacer log par txt. Prendre bien soin de ne pas effacer le «.»;
* Appuyer sur Entrée
* Confirmer le changement d’extension en appuyant sur Oui
* Ouvrir le fichier
* Sélectionner et copier les données à partir de la ligne « Time Rotation »



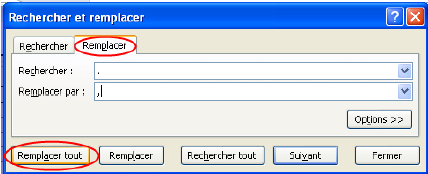
**RÉSULTATS ET TRAITEMENT DES DONNÉES AVEC EXCEL 2010**

1. Démarrer le logiciel Microsoft Excel;

2. Créer un nouveau classeur;

3. Coller le texte que vous avez copié dans le fichier « .txt »

4. Appuyer sur ctrl+H (remplacer) et remplacer les . (points) par des , (virgules). Sélectionner Remplacer tout et confirmer en appuyant sur OK. (Le logiciel Excel ne reconnait pas les points (.) comme faisant partie d’un nombre, on doit donc utiliser la virgule (,));



5. Remplacer les titres de colonnes de données « Time » et « rotation » par « temps (ms) » (millisecondes) et « nombre de rotations »;

6. La vitesse se calcule en m/s. Trouver les facteurs permettant de transformer le nombre de rotations en mètre et le temps en secondes. (le diamètre des roues motrices est de \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m);

|  |  |
| --- | --- |
| **Exemples de calculs pour les conversions** | |
| Nombre de rotations → distance parcourue(m) | temps (ms) → temps (s) |

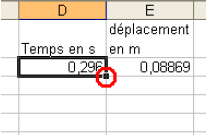
7. Nommer 2 nouvelles colonnes, une pour le **temps (s)** et l’autre pour le **position (m)**;

8. Appliquer ce facteur à vos données : Dans la cellule sous **temps en s**;

1. Appuyer sur = (dans Excel on doit toujours débuter une équation par le signe = );
2. Puis sélectionner la cellule de la donnée sur laquelle on veut effectuer une opération mathématique;
3. Ajouter le symbole d’une opération mathématique : la multiplication utilise le symbole **\***, l’addition le **+**, la soustraction le **–**, la division le **/** et le nombre π le **Pi()**. N’oubliez-pas de respecter la priorité des opérations mathématiques en utilisant des parenthèses ( );
4. Ajouter le facteur à appliquer et **Entrée**.

9. Vous pouvez trouver un tutoriel pour créer des formules dans Microsoft office ici : <http://office.microsoft.com/fr-ca/excel-help/creer-une-formule-HP005200016.aspx>)

Pour appliquer cette formule à l’ensemble des données de cette colonne, sélectionner la cellule ou vous avez créé la formule, cliquer et garder enfoncer le bouton gauche de la souris sur le carré en bas à droite de la cellule (un signe + en gras devrait apparaître) et étirer la sélection pour inclure l’ensemble des lignes ou il y a des données;



10. Répéter les étapes 8 et 9 pour le **déplacement en m**;

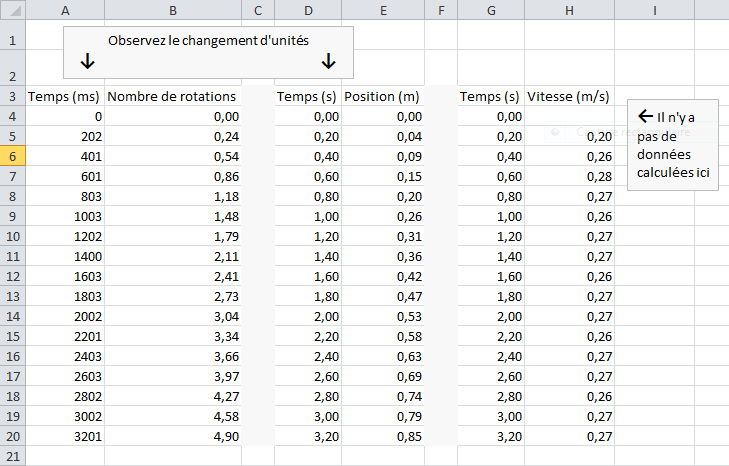
**11.** Trouver comment calculer la vitesse instantanée du robot;

**12.** Nommer deux nouvelles colonnes : **Temps (s)** et **vitesse (m/s)**;

**13.** Créer cette formule dans la troisième cellule de la colonne vitesse instantanée en (m/s) et appliquer-la à l’ensemble des données de cette colonne. Comme vous calculez la vitesse instantanée en vous servant de deux intervalles de position non consécutif, vous ne devriez pas avoir de données dans la première cellule de la colonne de vitesse en m/s;

***Note :*** *Vous pouvez modifier le nombre de décimales en sélectionnant les données et en appuyant sur ces touches trouvées dans le menu accueil :* 

**14.** Votre tableur devrait maintenant ressembler à ceci :



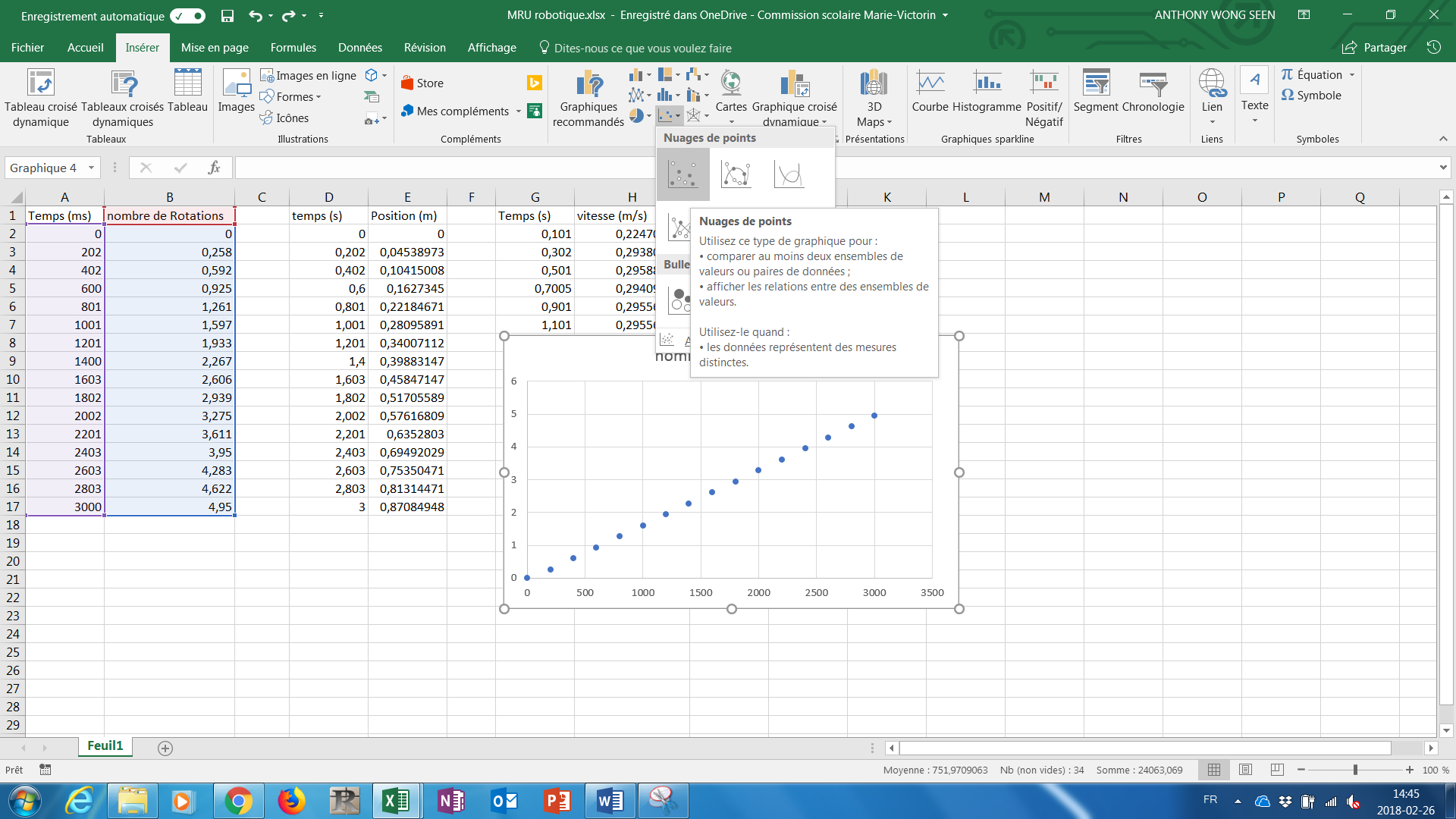
**CRÉATION DE GRAPHIQUES AVEC EXCEL 2010**

1. À l’aide de vos données et d’Excel, créer un graphique de la position en fonction du temps;

2. Sélectionner les colonnes de données temps en s et déplacement en m. Pour ce faire, vous devez : Déplacer le curseur sur le haut de la 1e colonne (lettrer D dans l’exemple ci-dessus) jusqu’à ce que le curseur se transforme en flèche noire. Cliquer à gauche (la colonne entière devrait être surlignée), enfoncer la touche Ctrl tout en sélectionnant la 2e colonne. (les 2 colonnes devraient maintenant être surlignées.);

3. Avec les 2 colonnes surlignées, sélectionner l’onglet insertion dans la barre de tâche;

4. Dans la barre des graphiques, sélectionner le type **Nuage**, puis le sous-type **Nuage de points**;

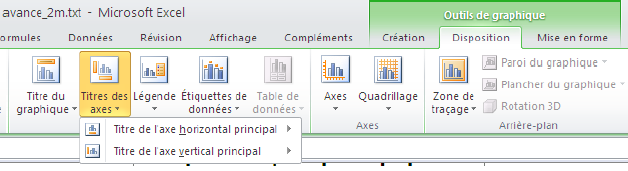


5. Sélectionner le graphique et cliquer à droite pour sélectionner l’option déplacer le graphique;

6. Sélectionner l’option **Nouvelle feuille** puis donner le nom **s en fct de t** à votre graphique;

7. Sélectionner le titre du graphique afin de le renommer : **Position en fonction du temps**. Vous pouvez écrire le titre dans la barre de tâche en haut du graphique puis appuyer sur entrée;

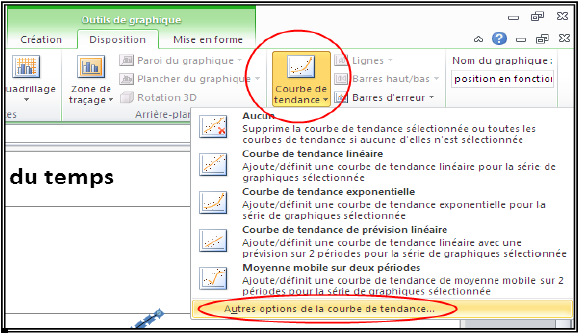
8. Avec le graphique sélectionner, dans l’onglet **Outils de graphique**, sélectionner l’onglet **Disposition**;



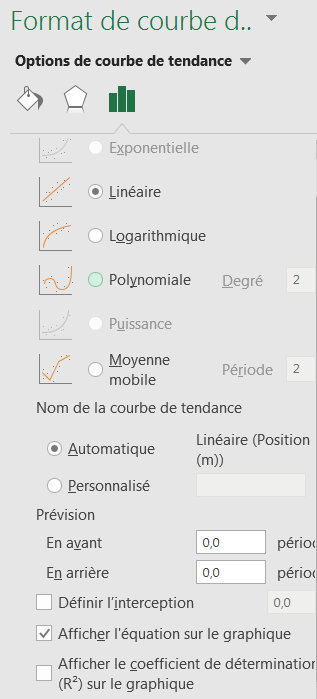
9. Sélectionner l’onglet **Titre des axes** afin de nommer l’axe des y : **Déplacement en m**

et l’axe des x : **Temps en s**. Pour l’axe horizontal choisir **Titre en dessous de l’axe,** pour l’axe vertical choisir **Titre pivoté**;

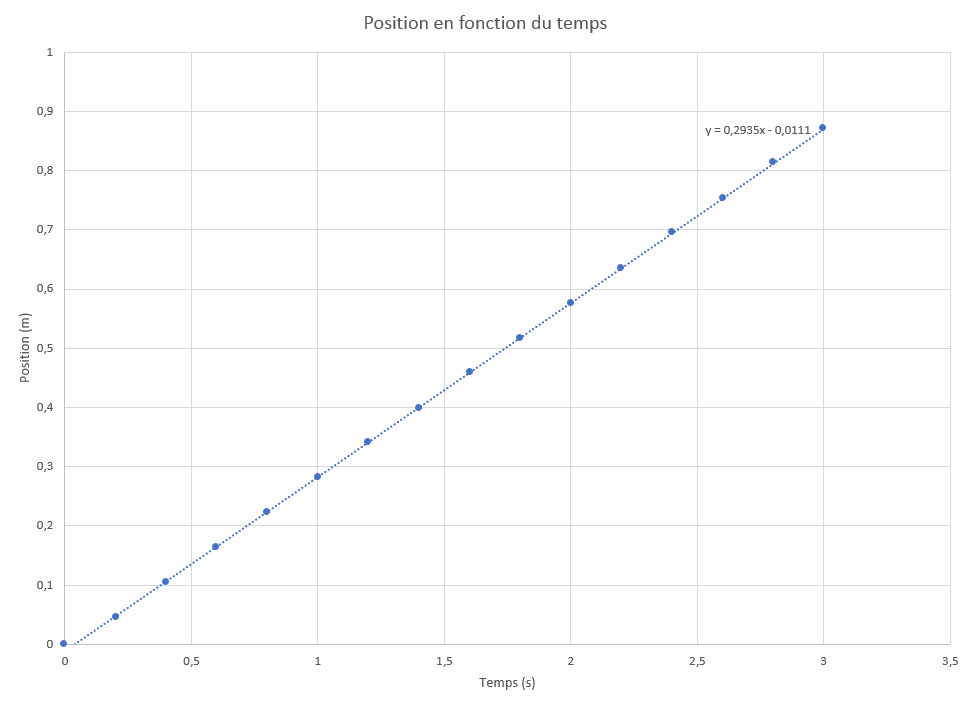
10. Toujours dans **Disposition**, dans la section analyse, sélectionner **Courbe de tendance** puis **Autres options de la courbe de tendance…**;



11. Choisir le type de régression **Linéaire, Afficher l’équation sur le graphique** appuyer ensuite sur fermer;



12. Votre graphique devrait ressembler à ceci :



13. Recommencer les étapes 1 à 11 afin de créer un graphique de la vitesse en fonction du temps. À l’étape 2, vous devrez choisir les colonnes de **temps en s et de vitesse en m/s.**

**ANALYSE DES RÉSULTATS DU MRU**

**Discussion**

*Rédigez la discussion à la page suivante. N’oubliez pas d’inclure un graphique de la position en fonction du temps, de la vitesse en fonction du temps.*

*Quelle est la forme générale du tracé du graphique de la position en fonction du temps?*

*Calculez la pente ou le taux de variation de la courbe de la position en fonction du temps.*

*Que représente la pente de cette courbe?*

*Comment peut-on interpréter le graphique de la vitesse instantanée en fonction du temps?*

*Votre robot évoluait-il à vitesse constante?*

*Est-ce que l'aire totale sous la courbe de la vitesse en fonction du temps correspond à la distance parcourue de votre robot?*

Le but de ce laboratoire était de déterminer les représentations graphiques et mathématiques d’un mouvement rectiligne uniforme. En théorie, le graphique de la position en fonction du temps dans un MRU devrait donner une droite oblique passant par (0,0) dont la pente représente la vitesse du mobile. Le graphique de la vitesse en fonction du temps donnerait plutôt une droite de pente nulle, la vitesse étant constante tout au long du mouvement.

Lors de ce laboratoire, l’acquisition de données du robot programmé pour effectuer un MRU a fourni des valeurs de position qui ont bel et bien formées une droite oblique de pente égale à 0,3 m/s. L’équation de cette droite a donné s = 0,3 v - 0,011 où s est la position et v la vitesse en m/s. De même, le graphique de la vitesse en fonction du temps a donné une droite de pente à peu près nulle d’équation v = 0,3 m/s.

Les hypothèses ont donc été confirmées.

Les sources d’erreurs pour ce laboratoire sont les suivantes :

* Le robot a dû accélérer pour atteindre sa vitesse de croisière, le graphique ne montre donc pas un MRU parfait.
* La friction des pneus peut affecter le mouvement.
* Si la pile n’est pas complètement chargée il est possible que le robot ne maintienne pas sa vitesse constante.
* Il y a une incertitude sur le nombre de rotations (± 0,01 rotations) et sur le temps écoulé en millisecondes (± 0,001 s).

On peut donc supposer que tous les MRU donneront ce type de représentations graphiques, on pourrait refaire l’expérience en chronométrant à main ou en utilisant des instruments de détection plus précis.

**CONCLUSION**

Lors de ce laboratoire, il a été possible de tracer les courbes de position vs temps et vitesse vs temps pour un mouvement rectiligne et uniforme. Comme supposé, le graphique de la position en fonction du temps nous a donné une droite oblique dont la pente est la vitesse du véhicule et le graphique de la vitesse en fonction du temps nous a donné une droite de pente nulle étant donné que la vitesse était constante tout au long du déplacement du robot.

# **Laboratoire 6 : L’analyse du mouvement en chute libre**

MISE EN SITUATION

Le saut de l’Ange !

La pratique des sports extrêmes permet d’obtenir de fortes poussées d’adrénaline, ce   
qui incite plusieurs personnes à tenter des exploits parfois dangereux. Par exemple, certaines d’entre elles plongent dans la mer à partir d’une falaise, alors que d’autres sautent d’un avion   
en parachute. Les activités comportant un saut en chute libre entraînent les gens qui les pratiquent dans un mouvement accéléré. Quelle est la valeur de cette accélération ? Est-elle la même peu importe l’objet qui tombe?

Pour en apprendre un peu plus, réalisez cette activité qui vous permettra de découvrir les caractéristiques du mouvement d’un corps en chute libre.

BUT



Quel est le but de ce laboratoire?

|  |
| --- |
| Déterminer les caractéristiques d’un mouvement rectiligne uniformément accéléré. |

Travail préparatoire

Quelles sont les variables indépendante et dépendante de ce laboratoire?

Indépendante : la masse de l’objet en chute libre

|  |
| --- |
|  |
|  |
| Dépendante : la position et la vitesse |

*Lors de ce laboratoire, vous utiliserez un chronomètre à étincelles afin de déterminer la position de l’objet de façon très précise par rapport au temps. Vous devrez réaliser un montage qui vous permettra d’étudier le mouvement d’un objet en chute libre et de comparer deux objets de masse différente.*

Hypothèse (position, vitesse, accélération)

Je crois que :

|  |
| --- |
| La vitesse de l’objet aura une accélération constante et donc que la vitesse augmentera à un  Rythme constant. La position, quant à elle, suivra une courbe exponentielle. |
|  |

Parce que

|  |
| --- |
| L’objet est soumis à la gravité qui a une valeur d’accélération constante. |
|  |

Sachant que le chronomètre est fixé à 60 Hz, c’est-à-dire 60 étincelles/seconde, combien de temps sépare chaque étincelle?

*Comme le nombre d’étincelles sera élevé, vous ne mesurerez qu’une marque d’étincelle sur trois. Pour cette expérience, vous utiliserez un ruban à étincelles d’une longueur d’environ 35 cm.*

|  |
| --- |
| 1/60 s ou 0,0167 s |
|  |

MATÉRIEL

Cochez parmi la liste suivante le matériel dont vous aurez besoin

|  |  |
| --- | --- |
| Chronomètre à étincelles | Rapporteur d’angles |
| Ruban à étincelles | Équerre |
| Plan incliné | Boite à rayons |
| Support universel | Règle |
| Bille d’acier | Ruban adhésif |
| Bouchon de caoutchouc | Bac à sable |
| Mètre |  |

**Schéma du montage**

Pour cette expérience, vous devrez attacher une bille d’acier, puis un bouchon de caoutchouc, au ruban à étincelles et insérer celui-ci dans le chronomètre à étincelles. En réglant le chronomètre à 60 Hz, vous laisserez tomber l’objet afin d’obtenir sa position dans le temps lors d’une chute libre.

Montage

****

Objet

Bac à sable

(non montré)

Chronomètre à étincelles

Support universel

Ruban à étincelles

**Manipulations**

*Proposez la série de manipulations qui vous permettra d’atteindre le but de ce laboratoire.*

Préparation du montage

1. Fixer le chronomètre à étincelles sur le support universel de façon à ce que le fil d’alimentation pointe vers le haut, s’assurer qu’il est bien vertical avec un niveau.
2. Régler le chronomètre à étincelles à 60 Hz.
3. Brancher le chronomètre à étincelles.
4. Placer le bac à sable sous le montage pour absorber la chute du projectile.

Prise de données

1. Couper une longueur d’environ 35,0 cm de ruban à étincelles.
2. Avec du ruban adhésif, coller la bille d’acier au bout du ruban à étincelles.
3. Insérer le ruban à étincelles dans le chronomètre à étincelles à partir du bas jusqu’à ce que la bille soit appuyée sur le chronomètre. Tenir le ruban à étincelles par le bout le plus haut.
4. Mettre le chronomètre à étincelles sous tension et lâcher le ruban à étincelles.
5. Répéter les étapes 5 à 8 avec le bouchon de caoutchouc.

**Tableaux des résultats**

*Pour éviter d’avoir trop de données dans le tableau, ne mesurez qu’une étincelle sur 3*.

Tableau 1 : Position de la bille d’acier en chute libre en fonction du temps

|  |  |
| --- | --- |
| Temps (± 0,008 s) | Distance (± 0,05 cm) |
| 0,000 | 0,00 |
| 0,050 | -1,50 |
| 0,100 | -5,30 |
| 0,150 | -11,50 |
| 0,200 | -20,30 |
| 0,250 | -31,50 |

Tableau 2 : Position du bouchon de caoutchouc en chute libre en fonction du temps

|  |  |
| --- | --- |
| Temps (± 0,008 s) | Distance (± 0,05 cm) |
| 0,000 | 0,00 |
| 0,050 | -3,60 |
| 0,100 | -9,40 |
| 0,150 | -17,60 |
| 0,200 | -28,10 |

À l’aide d’un tableur (Excel) ou de feuilles millimétriques, tracez les graphique position-temps, vitesse-temps et accélération-temps de la situation.

Voici la procédure si vous le faites dans un tableur :

1. Copiez les données du tableau 1 dans Excel et, à l’aide d’Excel, tracez un diagramme de la position de la masse en fonction du temps écoulé. N’oubliez pas de donner un titre à votre diagramme. Montrez-le à votre enseignant.
2. Toujours dans Excel, préparez un tableau qui calcule la vitesse de la masse en fonction du temps et tracez le diagramme correspondant. Montrez-le à votre enseignant.
3. Toujours dans Excel, préparez un tableau qui calcule l’accélération de la masse en fonction du temps et tracez le diagramme correspondant. Montrez-le à votre enseignant.

**ANALYSE (TRAITEMENT DE L’INFORMATION)**

Précisions pour la construction du tableau de la vitesse en fonction du temps

Δs

Δt

vmoy = Δs / Δt

tmilieu

(t1,s1)

(t2,s2)

Pour chaque intervalle de temps, on calculera la vitesse moyenne qu’on appliquera au milieu de l’intervalle de temps. Dans le cas du premier intervalle de temps, on applique la vitesse moyenne au point :

On calculera la vitesse moyenne pour chaque intervalle de temps ainsi :

Nous prendrons ces valeurs pour construire :

* Le tableau de la vitesse moyenne de la bille d’acier en fonction du temps milieu.
* Le tableau de l’accélération moyenne de la bille d’acier en fonction du temps milieu.
* Le tableau de la vitesse moyenne du bouchon de caoutchouc en fonction du temps milieu.
* Le tableau de l’accélération moyenne du bouchon de caoutchouc en fonction du temps milieu.

Tableau 3 : Vitesse de la bille d’acier en fonction du temps

|  |  |
| --- | --- |
| Temps (s) | Vitesse (cm/s) |
| 0,025 | -30 |
| 0,075 | -76 |
| 0,125 | -124 |
| 0,175 | -176 |
| 0,225 | -224 |

Tableau 4 : Accélération de la bille d’acier en fonction du temps

|  |  |
| --- | --- |
| Temps (s) | Accélération (cm/s2) |
| 0,025 | -920 |
| 0,075 | -960 |
| 0,125 | -1040 |
| 0,175 | -960 |

Tableau 5 : Vitesse du bouchon de caoutchouc en fonction du temps

|  |  |
| --- | --- |
| Temps (s) | Vitesse (cm/s) |
| 0,025 | -72 |
| 0,075 | -116 |
| 0,125 | -164 |
| 0,175 | -210 |

Tableau 6 : Accélération du bouchon de caoutchouc en fonction du temps

|  |  |
| --- | --- |
| Temps (s) | Accélération (cm/s2) |
| 0,025 | -880 |
| 0,075 | -960 |
| 0,125 | -920 |
| 0,175 | -927 |

Diagrammes

Analyse des résultats et discussion

**1.** Quelle est la forme du tracé de votre diagramme de la position en fonction du temps écoulé. Expliquez votre réponse.

|  |  |
| --- | --- |
|  | *C’est une courbe de degré 2* |
|  |  |

**2.** Comment pouvez-vous interpréter votre diagramme de la vitesse de la masse en fonction du temps écoulé ?

|  |  |
| --- | --- |
|  | C’est une relation linéaire, donc la vitesse augmente à un taux constant. |

**3.** Calculez l’aire sous la courbe vitesse-temps. À quoi cette valeur correspond-elle?

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**4.** Comment pouvez-vous interpréter votre diagramme de l’accélération de la masse en fonction du temps écoulé ?

L’accélération est constante et elle correspond à l’accélération gravitationnelle (9,81 m/s2)

**5.** Quel type de mouvement la masse en chute libre décrit-elle ?

|  |  |
| --- | --- |
|  | Un MRUA |

**6.** Quelles sont les causes d’erreurs possibles de ce laboratoire ?

L’incertitude due aux instruments de mesure :

La règle (± 0,05 cm)

Le chronomètre à étincelles (±1/120 s)

Le moment entre le démarrage du chronomètre à étincelles et celui où on lâche l’objet peut faire en sorte qu’il y a formation de plusieurs étincelles au même point.

Retour sur la mise en situation

Les activités comportant un saut en chute libre entraînent les gens qui les pratiquent dans un mouvement accéléré. Quelle est la valeur de cette accélération ?

|  |
| --- |
| *9,81 m/s2* |
|  |

DISCUSSION

Le but de ce laboratoire était de déterminer les caractéristiques d’un mouvement rectiligne uniformément accéléré. En théorie, le graphique de la position en fonction du temps d’un MRUA donne une courbe de 2e degré, tandis que la courbe de la vitesse en fonction du temps devrait donner une droite oblique. La courbe de l’accélération en fonction du temps du MRUA devrait quant à elle donner une droite de pente nulle, l’accélération du mobile étant constante tout au long du mouvement.

Lors de ce laboratoire, nous avons étudié le MRUA d’une bille d’acier et d’un bouchon de caoutchouc en chute libre. En théorie, nous devrions obtenir une accélération gravitationnelle de 9,81 m/s2 pour les deux objets étant donné que l’accélération gravitationnelle est indépendante de la masse de l’objet.

Nos résultats nous ont montré que les deux mouvements représentent bel et bien des MRUA, les graphiques position vs temps représentant des courbes de second degré, les graphiques vitesse vs temps des courbes de 1er degré et les graphiques accélération vs temps des courbes de degré 0.

Pour le bouchon de caoutchouc, nous avons obtenu une accélération gravitationnelle de -9,24 m/s2, tandis que pour la bille d’acier, l’accélération obtenue était de -9,76 m/s2. L’erreur relative pour l’accélération du bouchon de caoutchouc est de 5,8% tandis que celle pour la bille d’acier est de 0,5%, ce sont donc des données assez fiables.

Les sources d’erreurs sont les suivantes :

* Incertitude due aux intruments de mesure (± 0,05 cm).
* Incertitude due au chronomètre à étincelles : (1/120 s).
* La friction entre le ruban et le chronomètre à étincelles peut ralentir le projectile, surtout si celui-ci est léger.
* L’alignement du ruban, si on le lâche et que celui-ci n’est pas parfaitement vertical
* Si le projectile n’est pas appuyé sur le chronomètre à étincelles au départ, il y a risque de le soulever après avoir démarré le chronomètre, il sera donc difficile de déterminer les point initiaux.

On pourrait s’attendre à obtenir une accélération d’environ 9,81 m/s2, peu importe le projectile lâché.

CONCLUSION

Les activités comportant un saut en chute libre entraînent les gens qui les pratiquent dans un mouvement accéléré. Quelle est la valeur de cette accélération ?

L’accélération gravitationnelle que nous avons calculée lors de ce laboratoire était de 9,24 m/s2 pour le bouchon de caoutchouc et de 9,76 m/s2 pour la bille d’acier, qui sont des valeurs assez proches de l’accélération gravitationnelle théorique qui est de 9,81 m/s2.

# **Laboratoire 7 : L’étude du mouvement des projectiles**

LE TIR DE PRÉCISION

Vous suivez des cours de tir de précision. Votre instructeur vous donne quelques notions sur le comportement des projectiles d’armes à feu. Il dit qu’un projectile prend le même temps pour se rendre au sol lorsqu’il est projeté par une arme à feu que lorsqu’on le laisse simplement tomber de la même hauteur. Quelle sera la trajectoire du projectile à sa sortie du canon? Pouvez-vous calculer la portée et la vitesse de la balle au moment où celle-ci touche le sol sachant que la balle sort du canon à une vitesse d’environ 1000 m/s?

Pour en apprendre un peu plus, réalisez cette expérience qui vous permettra d’observer la forme de la trajectoire d’un projectile.

MISE EN SITUATION

**BUT**

1. Reproduire la trajectoire d’un projectile.

Travail préparatoire

1. Quel est le but de ce laboratoire?

Reproduire la trajectoire d’un projectile en vue de déterminer la portée et la vitesse de celui-ci au moment où celui-ci touche le sol.

1. Quelles sont les variables dépendantes et indépendantes dans ce laboratoire?

La variable dépendante est la portée du projectile et la variable indépendante est la hauteur de chute.

1. Quels sont les paramètres qui seront mesurés indirectement?

Le temps de chute ainsi que les vitesses en « x » et en « y »

1. Quels sont les paramètres constants?

La vitesse en « x »

1. Formulez une hypothèse quant à la forme de la trajectoire du projectile et le temps pris pour atteindre le sol.

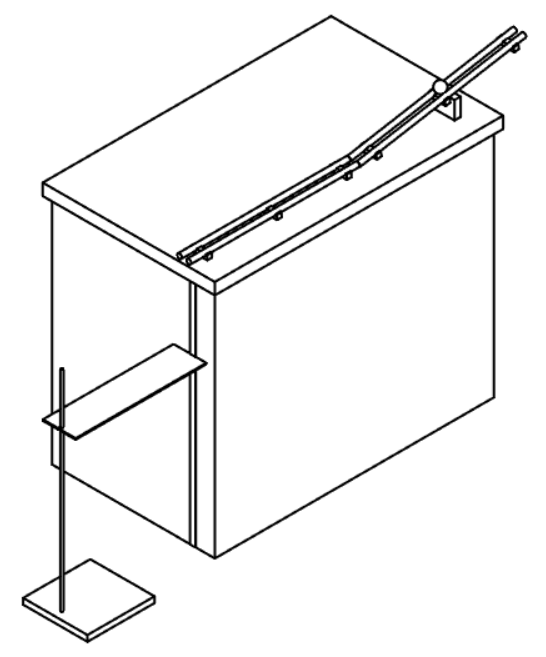
Peu importe la hauteur de laquelle on lâchera la bille sur la rampe, le temps pris pour atteindre le sol devra toujours être le même étant donné que la vitesse initiale en y est de 0 m/s. De plus, le mouvement en « x » devra être un MRU alors que le mouvement en « y » devrait être un MRUA.

*Dans ce laboratoire, il vous faudra lâcher une bille d’une rampe et mesurer la portée de celle-ci une fois qu’elle aura quitté la rampe. Vous mesurerez cette portée pour des hauteurs de chute de 20 cm, 40 cm, 60 cm et 80 cm. De plus, vous devrez réaliser cette expérience pour deux vitesses différentes, c’est-à-dire en lâchant la bille de deux hauteurs différentes sur la rampe. Cette seconde expérience vous permettra de vérifier l’hypothèse que tout corps prend le même temps pour tomber au sol, quelle que soit sa vitesse horizontale.*

**MATÉRIEL**

Schéma de montage

*Cochez dans la liste suivante le matériel*



*dont vous aurez besoin pour ce laboratoire.*

|  |
| --- |
| Bille d’acier |
| Rampe de lancement |
| Véhicule à roulettes |
| Papier blanc et papier carbone |
| Planche de bois |
| Chronomètre à étincelles |
| Table |
| Chronomètre |
| Support universel |
| Blocs de bois de hauteurs différentes |
| Fil à plomb |

**MANIPULATIONS**

*Rédigez les manipulations pour cette expérience.*

Préparation du montage

1. Installer la rampe sur la table de façon à ce que le bout de la rampe coïncide avec le bout de la table.
2. Installer un bloc de bois sous la première partie de la rampe afin de lui donner un angle.
3. Installer le montage du support universel par terre et appuyer le plateau de bois sur le côté de la table, là où est collé un ruban gradué en cm.
4. Avec du ruban adhésif, coller une feuille de papier blanche sur le plateau de bois.
5. À l’aide du fil à plomb, marquer sur la feuille blanche le point qui a la même position horizontale que la limite de la table. Ceci sera votre position x = 0,00 cm.

Prise de mesure

1. Régler la hauteur du plateau de bois à la marque de 20,0 cm sur le ruban collé sur le côté de la table.
2. Déposer une feuille de papier carbone sur la feuille blanche.
3. Déposer une bille d’acier à la marque de \_\_\_\_ cm et la lâcher.
4. Répéter pour deux autres essais, enlever le papier carbone et encercler les 3 points en les annotant « h = 20,0 cm ».
5. Répéter les étapes 6 à 9 trois autres fois en abaissant le plateau de bois de 20,0 cm à chaque fois, de façon à avoir des hauteurs de chute de 20,0 cm, 40,0 cm, 60,0 cm et 80,0 cm.
6. Répéter les étapes 6 à 10 en lâchant la bille d’une hauteur différente.
7. Ranger le matériel.

**RÉSULTATS**

1. Préparez vos tableaux des résultats.

Tableau 1 : Distance parcourue par un projectile selon la hauteur de chute

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Hauteur de chute (Δy)  ± 0,05 cm | Bille lancée de hauteur 1 | Bille lancée de hauteur 2 |
| Distance parcourue (Δx)  ± 0,05 cm | Distance parcourue (Δx)  ± 0,05 cm |
| 20,00 | 10,50 | 6,50 |
| 40,00 | 14,80 | 9,00 |
| 60,00 | 18,20 | 10,80 |
| 80,00 | 20,9 | 12,50 |

**Analyse des résultats**

1. Quelle est la composante verticale de la vitesse de la bille au moment où elle quitte la rampe de lancement ?

Vy = 0 m/s

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Déterminez pour chacune des hauteurs de chute les vitesses horizontale et verticale et présentez les résultats dans un tableau.

Tableau 2 : temps de chute et composantes de vitesse en fonction de la hauteur de chute pour la bille lâchée d’une hauteur 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Sy  ± 0,05 cm | Sx  ± 0,05 cm | T  (s) | Vx  (m/s) | Vy  (m/s) |
| 20,00 | 10,50 | 0,202 | 0,520 | 1,98 |
| 40,00 | 14,80 | 0,286 | 0,517 | 2,80 |
| 60,00 | 18,20 | 0,350 | 0,520 | 3,43 |
| 80,00 | 20,90 | 0,404 | 0,517 | 3,96 |

Tableau 3 : temps de chute et composantes de vitesse en fonction de la hauteur de chute chute pour la bille lâchée d’une hauteur 2.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Sy  ± 0,05 cm | Sx  ± 0,05 cm | T  (s) | Vx  (m/s) | Vy  (m/s) |
| 20,00 | 6,50 | 0,202 | 0,322 | 1,98 |
| 40,00 | 9,00 | 0,286 | 0,314 | 2,80 |
| 60,00 | 10,80 | 0,350 | 0,309 | 3,43 |
| 80,00 | 12,50 | 0,404 | 0,309 | 3,96 |

Exemple de calculs pour le temps de chute :

Comme la vyi = 0 et yf = 0, pour une hauteur de chute de 20,00 cm (0,2000 m), on a :

Exemple de calcul de la vitesse en « x » en m/s :

Exemple de calcul de la vitesse en « y » en m/s :

1. À partir des données de vos tableaux des résultats, tracez les graphiques, à l’aide d’Excel (optionnel), de la position horizontale et de la vitesse horizontale en fonction du temps (prenez des intervalles de 0,05 s).
2. À partir des données de vos tableaux des résultats, tracez les graphiques, à l’aide d’Excel (optionnel), de la position verticale et de la vitesse verticale en fonction du temps (prenez des intervalles de 0,05 s).
3. Selon vous, qu’arriverait-il à la trajectoire de la bille si on utilisait une rampe de lancement plus élevée ?

On obtiendrait les mêmes courbes pour le mouvement selon l’axe des « y », mais la portée et la vitesse en « x » seraient plus grandes.

1. À la lumière de vos résultats et de vos observations, expliquez l’affirmation initiale disant qu’un projectile prend le même temps pour se rendre au sol lorsqu’il est projeté par une arme à feu que lorsqu’on le laisse simplement tomber de la même hauteur.

Comme on a pu le constater, peu importe la vitesse initiale en « x », la bille prend le même temps pour arriver au sol, ce serait aussi le cas pour une balle de fusil ou si on laissait simplement tomber un objet au sol.

**Discussion**

Comme cela était prévu par la théorie, le mouvement de la bille peut s’analyser en le décomposant en mouvements horizontal et vertical. Le mouvement horizontal est uniforme, rectiligne et à vitesse constante. Le graphique du déplacement en fonction du temps nous donne donc une droite. Le mouvement vertical est rectiligne et uniformément accéléré. Le graphique du déplacement en fonction du temps nous donne donc une section de parabole.

Enfin, lorsqu’on a lâché la bille d’une hauteur différente, on a constaté que la portée était plus longue, mais que le temps de chute demeurait le même.

Au cours de cette expérience, certaines sources d’erreurs peuvent avoir influencé nos résultats comme : la planche et le papier carbone peuvent ne pas être parfaitement à l’horizontale; le positionnement de la règle lors de la prise des mesures. De plus on doit ajouter les incertitudes dues aux instruments de mesure (± 0,05 cm). Enfin, la bille a pu être relâchée à des hauteurs légèrement différentes d’un essai à l’autre.

**Conclusion**

Lors de ce laboratoire, il a été possible de reproduire la trajectoire d’un projectile. Nous avons confirmé que le mouvement selon l’axe horizontal était un MRU alors que le mouvement selon l’axe vertical était un MRUA. En lâchant la bille d’acier de 2 hauteurs différentes, nous avons pu confirmer que deux projectiles, peu importe leur vitesse horizontale, tomberont au sol en même temps si leur vitesse initiale selon l’axe vertical est la même.