

Les candidats doivent remplir cette page puis remettre cette chemise accompagnée de la version finale de leur mémoire à leur superviseur.

Numéro de session du candidat

Nom du candidat

Code de l'établissement

Nom de l'établissement

Sessions d'examens (mai ou novembre)

*Mai*

Année

*2013*

Matière du Programme du diplôme dans laquelle ce mémoire est inscrit : PHYSIQUE

(Dans le cas d'un mémoire de langue, précisez la langue et s'il s'agit du groupe 1 ou 2.)

Titre du mémoire : L'effet de réflexions multiples sur l'intensité lumineuse  
d'une source de lumière monochromatique.

### Déclaration du candidat

*Cette déclaration doit être signée par le candidat, sans quoi aucune note finale ne pourra être attribuée.*

Le mémoire ci-joint est le fruit de mon travail personnel (mis à part les conseils permis par le Baccalauréat International que j'ai pu recevoir).

J'ai signalé tous les emprunts d'idées, d'éléments graphiques ou de paroles, qu'ils aient été communiqués originellement par écrit, visuellement ou oralement.

Je suis conscient que la longueur maximale fixée pour les mémoires est de 4 000 mots et que les examinateurs ne sont pas tenus de lire au-delà de cette limite.

Ceci est la version finale de mon mémoire.

Signature du candidat :

Date :

## Rapport et déclaration du superviseur.

Le superviseur doit remplir ce rapport, signer la déclaration et remettre au coordonnateur du Programme du diplôme la version définitive du mémoire dans la présente chemise.

Nom du superviseur [en CAPITALES]

Le cas échéant, veuillez décrire le travail du candidat, le contexte dans lequel il a entrepris sa recherche, les difficultés rencontrées et sa façon de les surmonter (voir les pages 13 et 14 du guide Le mémoire). L'entretien de conclusion (ou soutenance) pourra s'avérer utile pour cette tâche. Les remarques du superviseur peuvent aider l'examineur à attribuer un niveau pour le critère K (évaluation globale). Ne faites aucun commentaire sur les circonstances personnelles défavorables qui auraient pu affecter le candidat. Si le temps passé avec le candidat est égal à zéro, vous devrez l'expliquer et indiquer comment il vous a été possible de vérifier que le mémoire était bien le fruit du travail du candidat en question. Vous pouvez joindre une feuille supplémentaire si l'espace fourni ci-après est insuffisant.

a passé beaucoup de temps à bien mettre au point l'expérience. Il a démontré beaucoup de minutie et de patience afin de recueillir des données adéquates. Bien que certains aspects théoriques du mémoires dépassaient le cadre du cours, a persévéré afin de donner une explication plausible aux résultats de recherche.

Cette déclaration doit être signée par le superviseur, sans quoi aucune note finale ne pourra être attribuée.

J'ai lu la version finale du mémoire qui sera envoyée à l'examineur.

À ma connaissance, le mémoire constitue le travail authentique du candidat.

J'ai consacré  heures d'encadrement au candidat pour ce mémoire.

Signature du superviseur :

Date :

## Formulaire d'évaluation (réservé à l'examinateur)

Critères d'évaluation	Niveau					
	L'examinateur 1	Max.	L'examinateur 2	Max.	L'examinateur 3	
A Question de recherche	2	2		2		
B Introduction	1	2		2		
C Recherche	3	4		4		
D Connaissance et compréhension du sujet étudié	2	4		4		
E Raisonnement	2	4		4		
F Utilisation des compétences d'analyse et d'évaluation adaptées à la matière	2	4		4		
G Utilisation d'un langage adapté à la matière	1	4		4		
H Conclusion	1	2		2		
I Présentation formelle	2	4		4		
J Résumé	1	2		2		
K Évaluation globale	2	4		4		
Total sur 36	19					

Numéro de candidat :

Session d'examen : May 2013

3094 mots

L'effet de réflexions multiples sur l'intensité lumineuse d'une source de lumière  
monochromatique

Travail présenté à

Enseignant de physique

Le 14 janvier 2013

## Résumé (269 mots)

Ce mémoire avait comme but de mesurer l'effet de réflexions multiples par rapport à des miroirs métalliques sur l'intensité lumineuse d'un faisceau laser rouge. J'ai décidée de faire cette expérience car je trouve que c'est un sujet intéressant et que les données retrouvées pourraient être utilisé dans des expériences futures qui portent sur l'optique.

Pour trouver mes résultats, j'ai conçu une expérience qui utilise un capteur d'intensité lumineuse pour mesurer l'intensité lumineuse d'un faisceau laser rouge après chaque rebond de ce faisceau laser sur des miroirs en argent. Les miroirs étaient toujours placé à la même distance l'un entre l'autre et le trajet du faisceau laser était toujours de la même longueur.

L'expérience à montrer que le faisceau laser rouge perd en moyenne 21% de son intensité lumineuse avec chaque rebond. En autre mots, l'intensité lumineuse d'un faisceau laser a un temps de demi-vie de 2.9 réflexions.

Avec ces résultats, il est maintenant possible de faire des expériences qui portent sur l'intensité lumineuse d'un faisceau laser et des réflexions avec plus de fiabilité car nous pouvons prendre en compte de la perte d'intensité lumineuse causé par le ou les miroirs. Par exemple, si un élève voulait faire une expérience dans lequel il faut mesurer l'intensité lumineuse d'un faisceau lasers sur de très grandes distances, il faudrait qu'il utilise des miroirs pour faire un grand trajet. Avec les résultats de cette expérience, nous pouvons prendre en compte de la perte d'intensité lumineuse causé par les miroirs. Nous sachons aussi le nombre maximum de réflexions que nous pouvons faire subir à un faisceau laser avant qu'il devient très difficile à percevoir.

## Table des matières

Résumé (269 mots) .....	1
1. Introduction.....	3
1.1 Question de recherche.....	3
1.2 Hypothèse .....	3
1.3 Variables .....	4
2 Méthode et matériel .....	5
2.1 Matériel.....	5
2.2 Méthode.....	5
3 Collecte de données .....	7
3.1 Observations qualitatives.....	7
3.2 Données quantitatives.....	7
4 Analyse de données .....	10
5 Explication théorique des résultats .....	11
5.1 Explication selon la théorie classique de la lumière.....	11
5.2 Explication selon la théorie électrodynamique quantique .....	11
6 Évaluation.....	12
6.1 Questions non-répondues.....	12
6.2 Sources d'erreurs .....	12
7 Conclusion .....	14
8 Bibliographie .....	15

# 1. Introduction

## 1.1 Question de recherche

Nous utilisons des miroirs à chaque jour : pour nous laver le visage, pour faire notre maquillage, pour tresser nos cheveux et plusieurs autres choses. Les miroirs sont souvent utilisés ensemble pour faire subir plusieurs réflexions à une source de lumière. Une chose que j'ai remarquée est que l'intensité lumineuse semble diminuer de façon considérable après plusieurs réflexions. Ceci m'a mené à vouloir quantifier cette perte d'intensité lumineuse, donc j'ai conçu la question de recherche suivante :

*Dans quelle manière est-ce que réflexions multiples par des miroirs métalliques affectent l'intensité lumineuse d'un faisceau laser?*

## 1.2 Hypothèse

Mon hypothèse est que l'intensité lumineuse du faisceau laser va diminuer de façon exponentielle. C'est-à-dire que le faisceau laser va perdre un certain pourcentage de son intensité lumineuse avec chaque réflexion. Ceci est due au fait qu'une certaine partie de l'énergie lumineuse du faisceau laser est transformée en énergie thermique lorsque le faisceau laser rencontre la partie métallique du miroir<sup>1,2</sup> (il y a aussi une petite perte d'énergie lorsque le faisceau laser traverse le verre du miroir, mais le montant d'énergie perdue est négligeable en comparaison avec la perte d'énergie due à la partie métallique).

Cette perte d'énergie lumineuse peut être expliquée par deux théories très différentes : la théorie classique de la lumière qui dit que la lumière est une onde électromagnétique et la théorie électrodynamique quantique qui dit que la lumière est composée de photons. Selon la théorie classique, lorsqu'un faisceau laser rencontre un métal, l'onde pénètre dans le métal (seulement par une fraction d'une longueur d'onde) pour ensuite être réfléchi avec une phase inversée. C'est lors de cette pénétration dans le métal qu'une fraction de l'énergie lumineuse est transformée en énergie thermique qui est ensuite dissipée dans le métal. Cette transformation d'énergie est due au fait que les électrons frappés par l'onde électromagnétique sont déplacés, mais leur mouvement est amorti donc l'énergie il y a de la friction.<sup>3</sup> Selon la théorie électrodynamique quantique, lorsque le faisceau laser rencontre le métal dans le miroir, les photons sont absorbés par les électrons dans le métal pour ensuite être réémis dans une direction différente. Contrairement à la théorie classique de la lumière qui dit que l'énergie de la vague au complet est perdue, les photons qui sont réémis ont exactement le même niveau d'énergie que les originales. La perte d'énergie lumineuse est due au fait que ce n'est pas tous les photons qui sont réémis; certains

---

<sup>1</sup> PASCHOTTA R., Scientific American, *How do mirrors reflect photons?*, [En ligne], <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-do-mirrors-reflect-ph>

<sup>2</sup> Bodner Research Web, *The Structure of Metals*, [En ligne], <http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch13/structure.php#physical>

<sup>3</sup> PASCHOTTA R., *How do mirrors reflect photons?*, [En ligne], <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-do-mirrors-reflect-ph>

photons sont absorbés par les électrons pour ne jamais être réémis.<sup>4</sup> Ces photons absorbés donnent aux électrons un niveau d'énergie augmenté. Comme l'énergie thermique est une mesure d'énergie cinétique, l'augmentation d'énergie des électrons mène à une augmentation de l'énergie thermique du métal.

### 1.3 Variables

Comme l'expérience mesure l'effet de réflexions multiples sur l'intensité lumineuse d'un faisceau laser, la variable indépendante de l'expérience est le montant de réflexions subit par le faisceau laser, et la variable dépendante est l'intensité lumineuse du faisceau laser. Les variables contrôlées comprennent le type de miroir utilisé (miroir métallique), la source de lumière utilisée (faisceau laser rouge), la distance entre la source de lumière et le détecteur d'intensité lumineuse (40 cm), la distance entre les miroirs (5 cm) et la distance entre la source de lumière et le premier miroir (5 cm).

---

<sup>4</sup> PASCHOTTA R., *How do mirrors reflect photons?*, [En ligne], <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-do-mirrors-reflect-ph&page=2>

## 2 Méthode et matériel

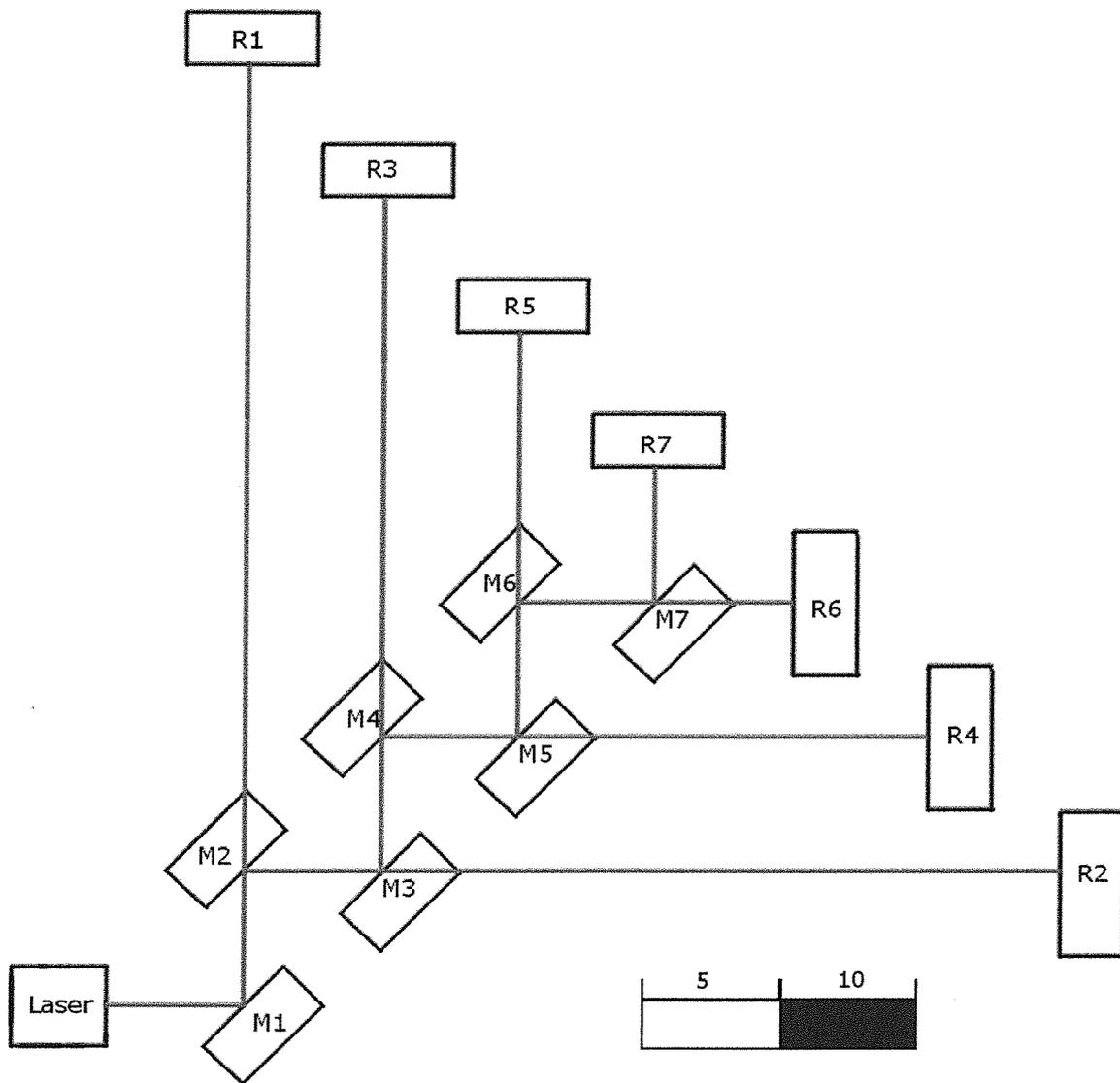
### 2.1 Matériel

1. 7 miroirs métalliques
2. 7 supports pour miroirs
3. Capteur de lumière Vernier (lux)  $\pm 50$
4. Source de lumière monochromatique (laser)
5. Règle (cm)  $\pm 0.1$
6. Support universel
7. Pincés universelles
8. Vernier LabQuest

### 2.2 Méthode

1. J'ai commencé par brancher le capteur de lumière au LabQuest. J'ai ensuite réglé le LabQuest pour prendre des mesures quand je click sur le bouton qui correspond à « Garde donné ». J'ai réalisé que l'intensité lumineuse mesurée fluctuait un peu même si rien ne changeait donc j'ai régler le LabQuest à prendre la moyenne de 10 secondes de mesures.
2. J'ai ensuite fait un schéma qui indiquait ou placer le matériel. Le schéma montrait aussi le trajet que le laser devrait prendre si tout était bien arranger; si le laser déviait de ce trajet c'était un indicateur qu'un des miroirs n'était pas bien placer.
3. Avant de prendre les mesures, il faut calibrer le capteur de lumière pour prendre en compte la lumière ambiante. Le capteur de lumière a aussi été régler pour capter de la lumière entre les valeurs de 0 et 150000 lux. Après avoir bien calibré le capteur de lumière, j'ai attaché le capteur au support universel en utilisant les pincés universelles. J'ai ensuite placé le laser à la position marquer par le schéma mentionner auparavant et montrer ci-dessous.
4. J'ai réalisé que les miroirs étaient salent alors je les aie nettoyé avec de l'eau et du papier brun.
5. J'ai commencé la collecte de données en faisant un test de control : j'ai placé le capteur de lumière à 40 cm du laser et j'ai cliqué le bouton sur le LabQuest qui correspond à « Garder données ». J'ai ensuite placé un miroir à la position marqué « M1 » sur le schéma ci-dessous et le capteur à la position marqué « R1 » et j'ai pris mes données sur le LabQuest. J'ai répété ceci pour les positions M2 à M7 et R2 à R7. (Il faut clarifier que je n'ai pas bougé les miroirs lorsqu'ils ont été bien placé mais j'ai ajouté un nouveau miroir à chaque nouvelle position. Par exemple, rendue à la position M3, il y aurait un miroir à la position M1, M2 et M3, et non simplement un miroir à la position M3).
6. J'ai répété l'étape #5 cinq différentes fois. Comme les miroirs avait des égratignures et il se peut très facilement que certains miroirs dispersent la lumière plus que d'autres (même s'ils devraient toute être la même), j'ai changé l'ordre des miroirs de façon aléatoire avant chaque essaie.

Figure 1 : Schéma représentatif du montage.



### 3 Collecte de données

#### 3.1 Observations qualitatives

Avant même d'examiner les résultats, il était clair que l'intensité lumineuse diminuait après chaque réflexion; après la septième réflexion il était difficile de repérer le laser. Il faut aussi noter que le faisceau laser semblait se diviser avec chaque réflexion; il y avait deux points lumineux d'extra après chaque réflexion. Par exemple, avant d'être réfléchi, il y avait un point lumineux, après la première réflexion il y en avait trois, après la deuxième réflexion il y en avait cinq, et ainsi de suite. Les points d'extra se trouvaient sur les côtés du faisceau primaire et avaient une intensité lumineuse beaucoup plus petite que celle du point primaire. J'ai décidé de seulement mesurer l'intensité du point primaire car la cellule photovoltaïque du capteur d'intensité lumineuse était trop petite pour mesurer toutes les points. L'effet de cette décision et l'explication de pourquoi ceci est arrivé sera analysé en plus de détail dans l'analyse et l'évaluation respectivement.

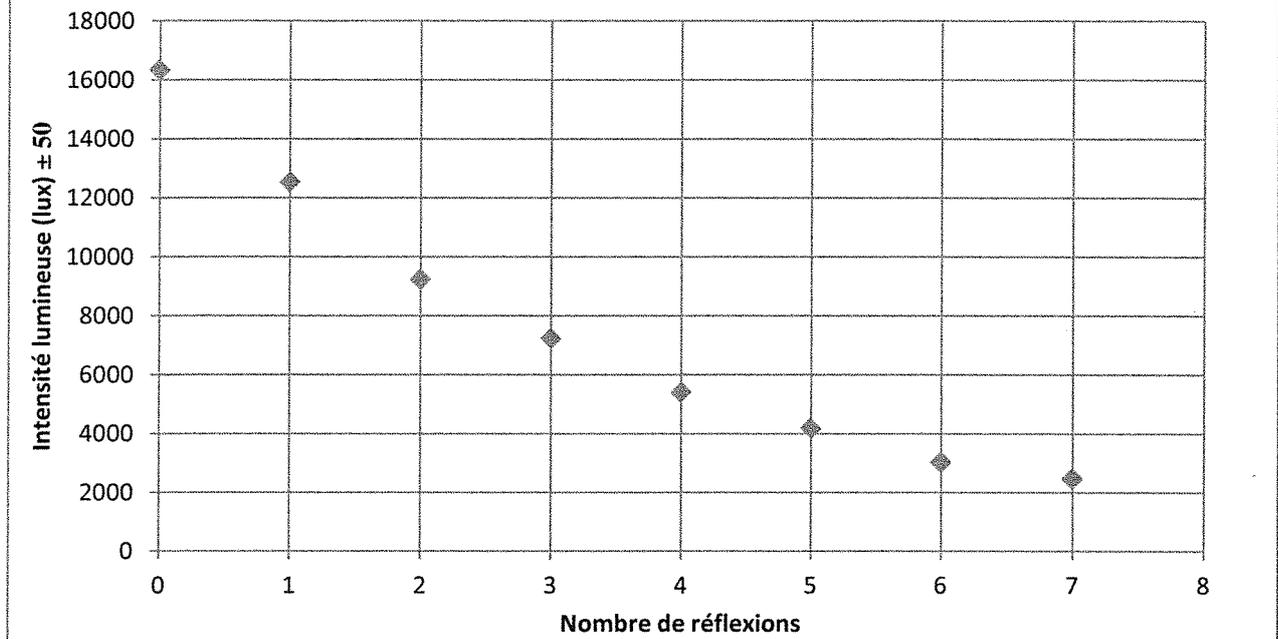
#### 3.2 Données quantitatives

Le premier tableau ci-dessous démontre les résultats de l'expérience de façon simple. Le tableau en dessous de ce dernier démontre la moyenne des résultats.

Réflexions	Intensité lumineuse (lux) $\pm$ 50				
	Essai #1	Essai #2	Essai #3	Essai #4	Essai #5
0	16300	15680	16650	16630	16410
1	12770	12690	12740	12670	11800
2	9720	9590	9730	8170	8950
3	7550	7130	7520	7160	6820
4	5320	5540	6070	4810	5330
5	4320	4210	4530	3820	4060
6	2970	2610	3470	3150	2980
7	2490	2060	2780	2330	2700

Réflexions	Intensité lumineuse moyenne (lux) $\pm$ 50
0	16340
1	12530
2	9230
3	7240
4	5420
5	4190
6	3030
7	2470

**Graphique 1 : Intensité lumineuse moyenne en fonction du nombre de réflexions.**



\*Les barres d'erreurs ne sont pas montrées car elles sont plus petites que les points.

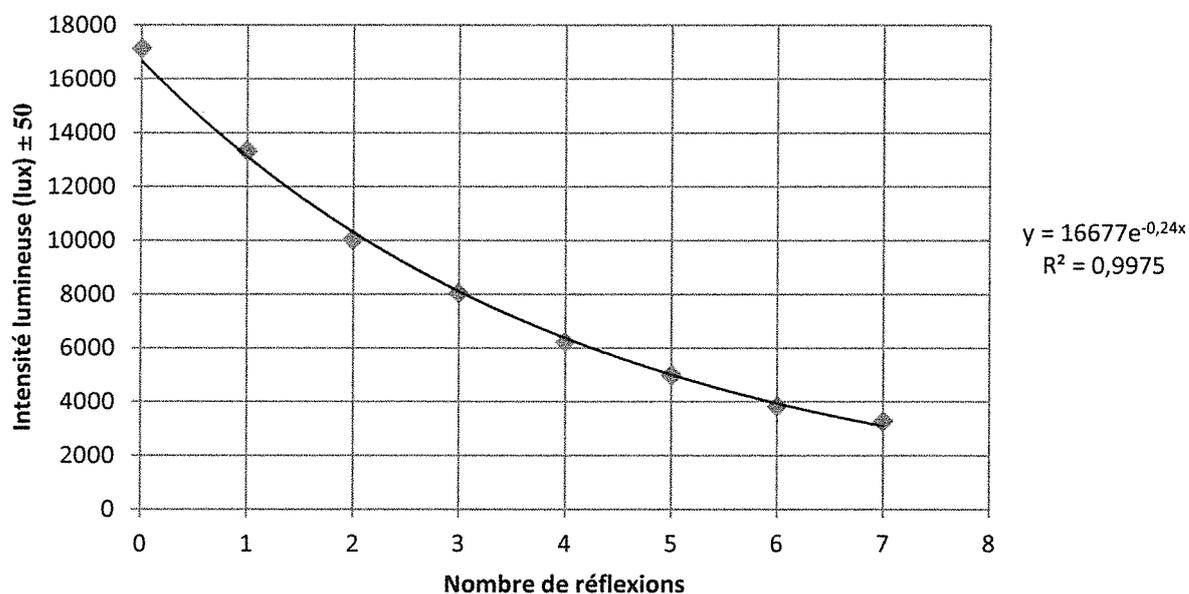
En regardant aux premiers tableaux, il est facile de voir qu'un certain pourcentage de l'intensité lumineuse est perdu avec chaque réflexion.

Avant de commencer l'expérience, j'ai fait des tests pour calculer la perte d'intensité lumineuse par rapport à la distance entre la source et le détecteur d'intensité lumineuse. Les résultats de cette expérience peuvent être trouvés en annexe, mais il suffit de savoir que les résultats ont montré que l'intensité lumineuse diminue de 20 lux à chaque centimètre. Sachant ceci, il faut ajouter 800 lux ( $40 \text{ cm} \text{ fois } 20 \text{ lux cm}^{-1}$ ) aux résultats de l'expérience pour prendre en compte la perte d'intensité lumineuse causée par la distance entre la source de lumière et le détecteur d'intensité lumineuse. Le tableau ci-dessous montre la moyenne d'intensité lumineuse en fonction du nombre de réflexions après avoir pris en compte la perte d'intensité lumineuse à cause de la distance parcourue par le faisceau laser.

**Tableau 4 : Intensité lumineuse moyenne en fonction du nombre de réflexions après avoir pris en compte de la perte d'intensité lumineuse perdue à cause de distance parcouru par le faisceau laser.**

Réflexions	Intensité lumineuse moyenne (lux) ± 50
0	17140
1	13330
2	10030
3	8040
4	6220
5	4990
6	3830
7	3270

**Tableau 4 : Intensité lumineuse moyenne en fonction du nombre de réflexions après avoir pris en compte de la perte d'intensité lumineuse perdue a cause de distance parcouru par le faisceau laser.**

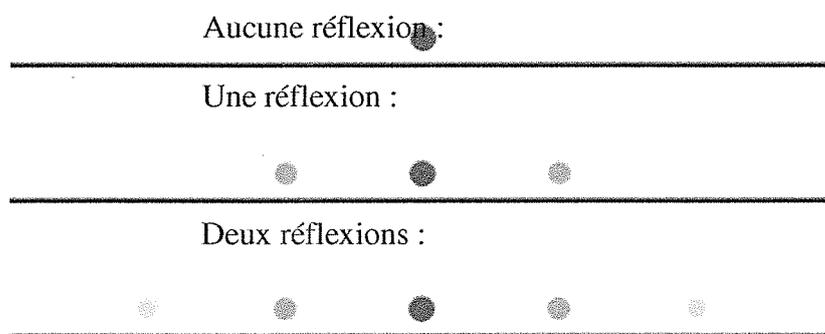


## 4 Analyse de données

Les résultats de la section précédente montrent clairement que l'intensité lumineuse diminue exponentiellement par rapport au nombre de réflexions subit par le faisceau laser. En utilisant une fonction de régression, nous avons trouvé que l'intensité lumineuse peut être décrite par la formule  $I(x) = 16677e^{-0.24x}$  où  $I$  représente l'intensité lumineuse et  $x$  représente le nombre de réflexions subit par le faisceau laser. Ceci indique que l'intensité lumineuse a une demi-vie d'environ 2.9 réflexions.

Dans la section 3.1 j'ai mentionné que le faisceau laser semblait se diviser en plusieurs faisceaux lasers plus petites après chaque réflexion. En examinant les miroirs et le faisceau laser j'ai venu à la conclusion que les points d'extra sont causés par le fait qu'il y a plusieurs façons pour le faisceau laser d'être réfléchi. La façon qui contribue le plus à la réflexion est la surface métallique du miroir; c'est ici où la majorité de la lumière est soit réfléchi ou absorbe. Cette réflexion par rapport à la surface d'argent correspond au point central; celui qui a été mesuré. Le point à gauche du point principal est causé par une réflexion par rapport à la vitre du miroir. Ce point est moins intense car une vitre reflète seulement 8% de la lumière incidente<sup>5</sup> alors que le reste de la lumière passe à travers la vitre. Comme cette réflexion arrive avant la réflexion avec la surface métallique, le point produit est à gauche du point primaire. Le point à droite du point primaire est causé par plusieurs réflexions successives : en premier la lumière est réfléchi par le métal, ensuite elle est réfléchi intérieurement par la vitre pour ensuite être encore réfléchi par l'argent. Lorsque les trois nouveaux faisceaux lasers frappent le deuxième miroir, chaque faisceau laser est divisé en trois de la même manière que le faisceau laser original a été divisé. Comme tous les miroirs ont la même épaisseur, les nouveaux faisceaux lasers se superposent sur les faisceaux laser créés lors de la première réflexion. Ceci fait en sorte que seulement deux nouveaux points lumineux sont formés : celui à gauche du point lumineux de gauche qui a été créé lors de la première réflexion et celui à droite du point lumineux de droite qui a été créé lors de la première réflexion.

Figure 2 : Image représentatif du faisceau laser après différents montants de réflexions.



<sup>5</sup> FEYNMAN, R. QED: The Strange Theory of Light and Matter, Princeton Science Library, 2006

## 5 Explication théorique des résultats

Comme le mentionne l'introduction, il y a deux théories qui peuvent être utilisées pour expliquer les propriétés de la lumière et aucune des deux théories n'est meilleure que l'autre. De nos jours, les scientifiques acceptent que la lumière soit une particule qui a des propriétés d'une onde. Ceci les a menés à simplement utiliser la théorie qui décrit le mieux leur expérience. Dans le cas de notre expérience, les deux théories expliquent les résultats avec la même efficacité. Pour cette raison nous allons expliquer les résultats selon les deux théories sans donner une théorie plus de crédibilité que l'autre.

### 5.1 Explication selon la théorie classique de la lumière

La théorie classique de la lumière dit que la lumière est une onde électromagnétique. Cette onde a les mêmes caractéristiques que toute autre onde, mais les ondes électromagnétiques sont capables de se déplacer sans médium, alors que les autres ondes (comme le son) ne peuvent pas se déplacer sans médium. Quand une onde rencontre une surface, elle est réfléchi. La raison que la lumière perd de l'intensité lumineuse lorsque qu'elle est réfléchi est car la surface du miroir n'est pas réellement une surface solide. Au niveau atomique, la surface du miroir est composée de milliers d'électrons qui peuvent se déplacer dans leur orbite autour de leur atome. Lorsque ces électrons sont frappés par l'onde électromagnétique ils sont déplacés pour ensuite retourner à leur position originale. Une portion de l'énergie de l'onde électromagnétique a été absorbée par l'électron lors du déplacement, celle-ci a ensuite réémit l'énergie sous forme d'énergie thermique due à l'attraction magnétique entre le noyau de l'atome et l'électron. Donc si nous suivions la théorie classique de la lumière nous pouvons dire que 50% de l'énergie de la lumière sera perdue grâce à l'attraction magnétique à chaque 2.5 réflexions.

### 5.2 Explication selon la théorie électrodynamique quantique

Selon la théorie électrodynamique quantique, la lumière est composée de particules nommées photons. Ces photons n'ont pas de masse mais ils ont de l'énergie et chaque photon a la même quantité d'énergie. L'énergie d'un photon est donnée par l'équation  $E = hf$  où  $E$  est l'énergie du photon,  $h$  est la constante de Planck et  $f$  est la fréquence, donc si l'énergie d'un photon change, sa fréquence change en fonction de l'énergie. Quand un photon rencontre un électron, l'électron absorbe le photon et est excité à un niveau d'énergie plus haut. Cet électron peut ensuite retomber à son niveau d'énergie originale et relâcher un nouveau photon identique au photon original; ceci correspond à une réflexion. Mais l'électron peut aussi tomber à un niveau d'énergie quelque part entre son nouveau niveau d'énergie et son niveau d'énergie originale. Ceci relâchera un photon avec moins d'énergie, donc avec une fréquence moins élevée. Plus précisément, le nouveau photon aurait une fréquence qui la placerait dans la section infrarouge du spectre électromagnétique. Ce nouveau photon infrarouge ne serait pas détecté par le capteur de lumière donc il y aurait une perte d'intensité lumineuse sous forme de chaleur. Si nous suivions la théorie électrodynamique quantique, une perte de 23% d'intensité lumineuse correspond à une perte de 23% des photons incidents. Donc nous pouvons dire que 50% des photons incidents seront perdus après 2.5 réflexions.

## 6 Évaluation

Ma question de recherche était « Dans quelle manière est-ce que réflexions multiples par des miroirs métalliques affectent l'intensité lumineuse d'un faisceau laser? » Les tableaux de la section 3 et les équations de la section 4 démontre qu'il y a une corrélation très claire entre l'intensité lumineuse d'un faisceau laser et le montant de réflexions subits par ce faisceau laser. Cette corrélation étant l'intensité lumineuse du faisceau laser a une demi-vie de 2.9 réflexions sur des miroirs métalliques. Ayant dit ceci, il est claire que l'expérience a répondu a la question de recherche d'une manière satisfaisante. De l'autre cote, il y a encore quelques questions non-répondues ainsi que quelques sources d'erreurs.

### 6.1 Questions non-répondues

Où est allée l'énergie lumineuse perdue? Dans les sections 1.2 et 5, il a été noté que l'énergie lumineuse perdue a été transformer en énergie thermique; soit à cause de friction atomique ou soit à cause de nouveaux photons qui ont une fréquence égale a celle d'une onde infrarouge, dépendant de quelle théorie tu utilise. Mais ceci n'est qu'une explication possible. Il aurait été bien de tester combien d'énergie lumineuse a réellement été transformée en énergie thermique, mais malheureusement nous n'avons pas le matérielle nécessaire pour faire ces tests. Même si on avait le matériel nécessaire il serait très difficile de bien mesurer le changement en température car le changement serait très minime et la chaleur ambiante aurait un trop grand effet pour bien mesurer le changement de chaleur.

### 6.2 Sources d'erreurs

Dans l'expérience, le faisceau laser rencontrait les miroirs avec un angle d'incidence de 45 degrés pour faire en sorte que le faisceau laser sera réfléchi à 90 degrés. Arranger les miroirs pour que le faisceau laser a un angle d'incidence de 45 degrés est plus difficile qu'il ne le semble, et un miroir qui n'est pas bien placer a deux effets sur l'expérience. Premièrement, si les miroirs ne sont pas bien placer le trajet du faisceau laser peut être rallongé ou raccourci. Heureusement, nos tests nous ont montré que l'intensité lumineuse de notre faisceau laser diminue de seulement 20 lux par centimètre donc un changement de plus ou moins un centimètre aurait un effet négligeable sur l'intensité lumineuse du faisceau laser. Deuxièmement, un angle d'incidence différente affect le montant de lumière réfléchi par une vitre – le plus que l'angle se rapproche a 90 degrés, le plus que la lumière passe à travers le vitre et le moins qu'il y a de lumière réfléchi par le vitre. Comme il l'a été expliqué dans la section 3, le point à gauche du point principal est causé par la lumière qui a été réfléchi par la surface de la vitre. Comme seulement le point principal est mesuré par le capteur de lumière, si une plus grande fraction de la lumière est réfléchi par la vitre il y aura moins de lumière qui se rend au capteur de lumière. Ceci donnerait l'impression qu'il y a une plus grande perte d'intensité lumineuse qu'il n'y a vraiment. De l'autre cote, si le miroir est tournée en sorte que l'angle d'incidence est plus grand que 45 degrés, moins de lumière sera réfléchi par la vitre donc il y a aura une augmentation

d'intensité lumineuse perçue. Heureusement, une déviation de 45 degrés de plus que quelques degrés sera très facile à percevoir. Les seules déviations seront de plus ou moins deux degrés.

Une plus grande source d'erreur est le fait que les miroirs n'étaient pas tous identiques. Oui, ils sont tous le même miroir fait par le même fabricant, mais ils ne sont pas nouveaux. Certains miroirs étaient plus sales que d'autres et certains miroirs étaient plus égratignés que d'autres. J'ai nettoyé tous les miroirs au début de l'expérience mais je n'avais pas le matériel requis pour enlever les égratignures. Lorsqu'une lumière frappe une égratignure, la réflexion qui suit est moins spéculaire et plus diffuse donc une partie de l'intensité lumineuse est réfléchi dans toutes les directions et ne se rend pas directement au capteur de lumière.

## 7 Conclusion

En analysant les résultats de mon expérience, j'étais capable de confirmer mon hypothèse qu'un certain pourcentage de l'intensité lumineuse sera perdu avec chaque réflexion. Plus précisément, l'intensité lumineuse a un temps de demi-vie d'environ 2.9 réflexions. Malheureusement, je n'étais pas capable de confirmer la raison pourquoi l'intensité lumineuse à diminuer et j'ai dû faire confiance en sources externes qui expliquent le phénomène.

Il faut garder en tête que, même si la fonction générale peut être appliqué à la réflexion de lumière, notre expérience était très spécifique : nous avons utilisé une source lumineuse monochromatique avec une certaine fréquence, nous avons utilisé des miroirs d'argent avec une vitre d'une certaine épaisseur et nous avons réfléchi la lumière à un certain angle. Le temps de demi-vie et le montant d'intensité lumineuse perdue par réflexion varieront dépendant de la source de lumière, de la qualité du miroir et de l'angle d'incidence. Pour avoir des résultats plus divers il faudrait répéter l'expérience avec des différentes sources de lumières, des différents miroirs et des différents angles d'incidence.

## 8 Bibliographie

- PASCHOTTA R., Scientific American, *How do mirrors reflect photons?*, [En ligne], <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-do-mirrors-reflect-ph>.
- Bodner Research Web, *The Structure of Metals*, [En ligne], <http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch13/structure.php#physical>.
- FEYNMAN, R. QED: The Strange Theory of Light and Matter, Princeton Science Library, 2006, 192 pages.