

*Projet de Physique P6-3*  
*STPI-2/P6-3/2011 – 2012*

**Montage de démonstration de la polarisation de la lumière**



**Etudiants :**

**Manuel CARGNELUTTI**

**Martin DEQUEKER**

**Haotan LI**

**Yuhao LIN**

**Nicolas MAUGER**

**Enseignant-responsable du projet :**

**François GUILLOTIN**



Date de remise du rapport : **18/06/2012.**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2011 – 35.**

Intitulé du projet : **Montages de démonstration de la polarisation de la lumière.**

Type de projet : **Expérimentation.**

Objectifs du projet :

- **Approche théorique du phénomène de polarisation de la lumière lors d'une réflexion sur une surface diélectrique par la démonstration des coefficients de Fresnel.**
- **Approche expérimentale du phénomène de polarisation de la lumière lors d'une réflexion sur une surface diélectrique grâce à la construction d'une machine.**

Mots-clefs du projet :

- **Lumière** : ensemble des ondes électromagnétiques visibles à l'œil humain, c'est-à-dire comprises entre des longueurs d'onde de 380 nm à 380 nm. Au XVIIIème siècle, Newton propose pour la première fois un cercle des couleurs chromatiques basé sur la décomposition de la lumière blanche.
- **Polarisation** : propriété des ondes électromagnétiques, telles que la lumière, liée à l'orientation qu'elles suivent dans un plan.

## TABLE DES MATIERES

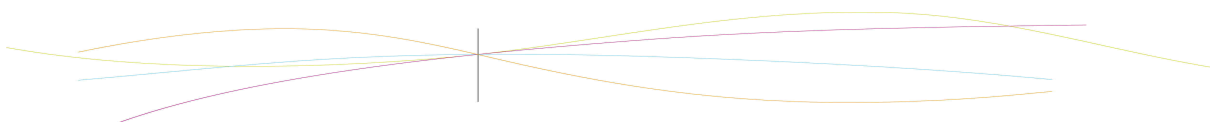
1.	Introduction .....	5
2.	Organisation du travail .....	7
3.	Travail réalisé et résultats .....	8
3.1.	Partie théorique.....	8
3.1.1.	Rappels : phénomènes de réflexion et de réfraction, lois de Descartes.....	8
3.1.1.1.	Réflexion .....	8
3.1.1.2.	Réfraction .....	8
3.1.2.	Démonstration des formules de Fresnel.....	9
3.1.3.	Formules de Fresnel .....	11
3.1.3.1.	Onde incidente polarisée perpendiculairement au plan d'incidence .....	11
3.1.3.2.	Onde incidente polarisée dans le plan d'incidence .....	13
3.1.3.3.	Coefficients de Fresnel en termes d'intensité lumineuse .....	14
3.2.	Partie expérimentale .....	15
3.2.1.	Détermination expérimentale de l'angle de Brewster <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
3.2.2.	Elaboration de la machine.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2.2.1.	Première machine .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2.2.2.	Deuxième machine .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.2.3.	Résultats.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.	Conclusions et perspectives.....	25

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de notre projet P6, nous nous sommes intéressés au phénomène de polarisation de la lumière lors d'une réflexion sur une surface diélectrique. L'objectif du projet est de réaliser une machine qui met en évidence ce phénomène.

En parallèle, nous avons l'intention d'étudier théoriquement ce phénomène afin de valider notre machine en obtenant des résultats expérimentaux les plus en accord avec les résultats théoriques.

Nous allons donc dans un premier temps montrer comment nous nous sommes répartis les tâches dans ce projet, et par la suite, nous mettrons en avant nos études théoriques et expérimentales du phénomène de polarisation de la lumière lors d'une réflexion sur un milieu diélectrique.



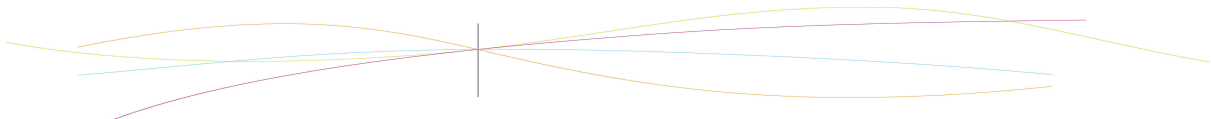
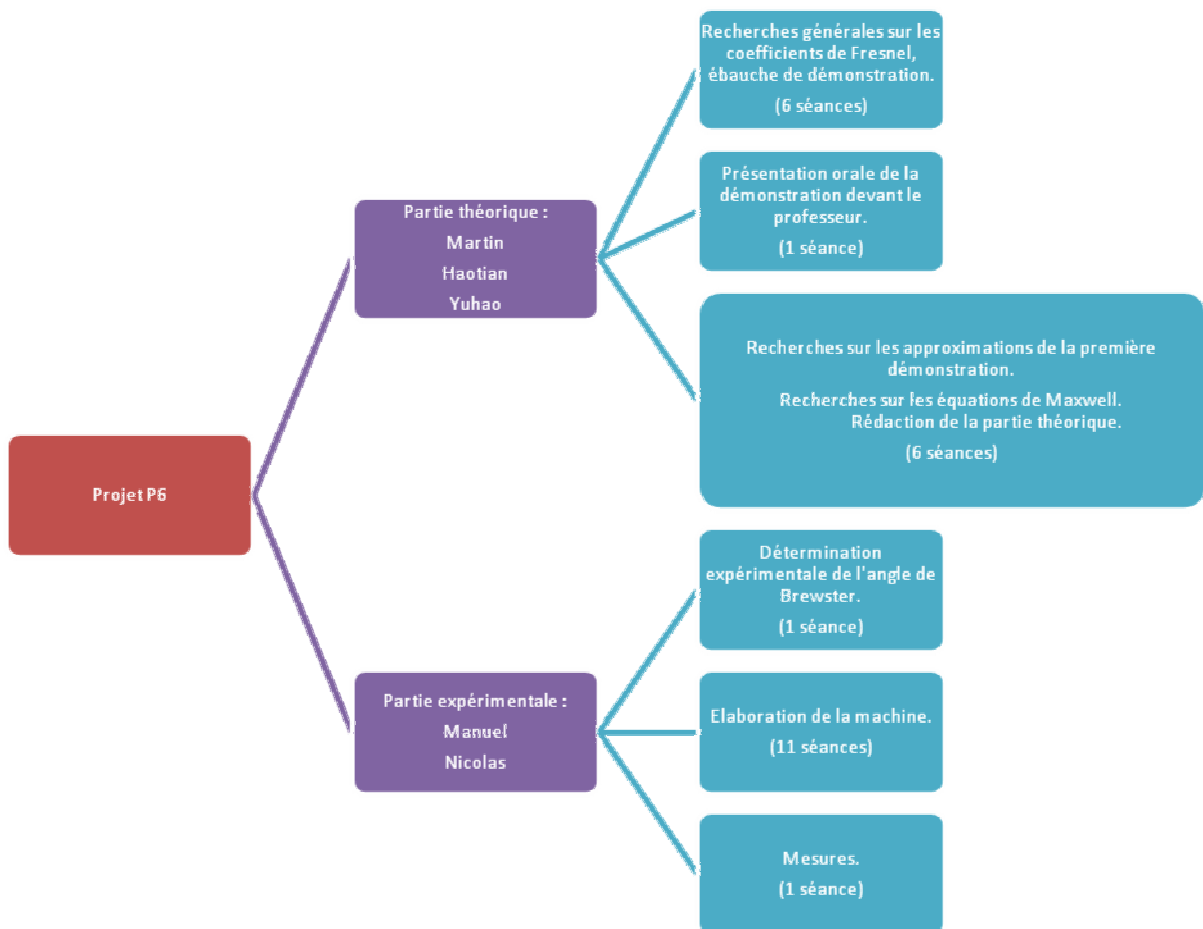
## 2. ORGANISATION DU TRAVAIL

Afin d'assurer l'avancement maximal de notre projet, nous avons divisé le travail en deux parties : la partie expérimentale et la partie théorique.

Tout d'abord, la partie théorique a été réalisée par Martin, Haotian et Yuhao. Cette partie consistait à étudier les phénomènes de réflexion et de réfraction. Cette étude s'est principalement portée sur les coefficients de Fresnel, dont nous avons essayé de rédiger une démonstration simple mais correcte. Elle nous a permis d'aborder les phénomènes physiques présents à l'interface entre deux milieux traversés par une onde lumineuse.

Ensuite, la partie expérimentale, réalisée par Manuel et Nicolas, comprend une expérience servant à déterminer l'angle de Brewster, donnée indispensable pour la suite du projet. La partie expérimentale du projet représente également l'élaboration d'une machine permettant d'étudier la polarisation de la lumière et les tests correspondants.

Les tâches réalisées dans ce projet sont résumées dans l'organigramme suivant :



### 3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

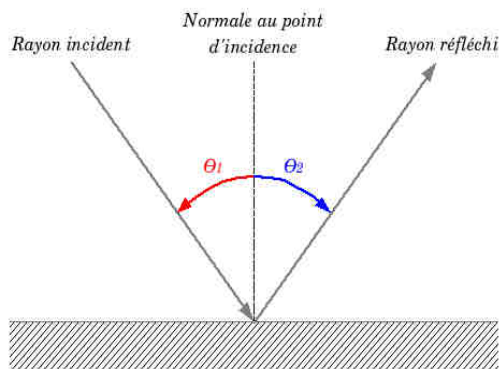
#### 3.1. Partie théorique

##### 3.1.1. Rappels : phénomènes de réflexion et de réfraction, lois de Descartes

On considère une onde monochromatique plane qui tombe sur un dioptré plan séparant deux milieux diélectriques d'indice respectifs  $n_1$  et  $n_2$ . L'onde incidente se décompose en deux ondes de même pulsation, une onde réfléchi et une onde transmise (ou réfractée). Les lois de Descartes nous renseignent sur la direction de propagation de ces ondes.

La première loi de Descartes nous apprend que les ondes incidente, réfléchi et réfractée sont dans le même plan.

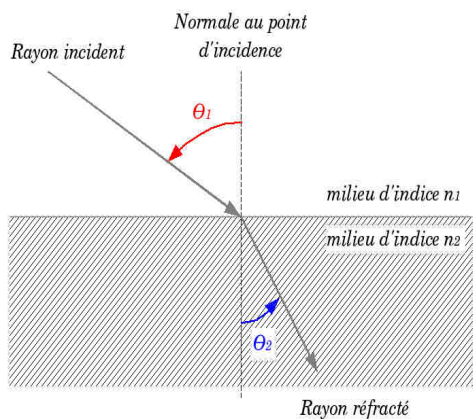
##### 3.1.1.1. Réflexion



Loi de Descartes pour la réflexion :

$$\theta_2 = - \theta_1$$

##### 3.1.1.2. Réfraction

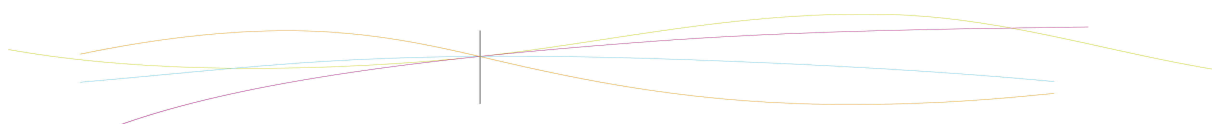


$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Si  $n_1 < n_2$  la loi est vraie pour tout angle incident.

Si  $n_1 > n_2$ , la loi n'est vérifiée que pour les angles d'incidence inférieurs à l'angle limite défini par  $\sin \theta_1 = n_2 / n_1$

Au delà de cette limite, pas de réfraction, uniquement réflexion.



### 3.1.2. Démonstration des formules de Fresnel

On considère que la source impose à l'onde incidente :

- la pulsation  $\omega$
- la direction de propagation définie par l'angle  $i$
- l'amplitude caractérisée par le module  $E_{im}$

On a  $\vec{E}_i = E_{im} \exp[i(\omega t - k \cdot \vec{r})]$

La théorie électromagnétique fournit les équations de passage d'un milieu à un autre, pour le champ magnétique et le champ électrique d'une onde lumineuse. A la surface entre les 2 milieux, on a continuité de la composante tangentielle du champ électrique et continuité de la composante normale du champ magnétique.

Ces relations se traduisent mathématiquement par les équations suivantes :

$$n_{12} \wedge (\vec{E}_{im} - E_{tm} - E_{tr}) = \vec{0}$$

$$n_{12} \cdot (\vec{B}_{im} - B_{tm} - B_{tr}) = 0$$

Pour la démonstration nous devons aussi utiliser les équations portant sur l'induction électrique et l'excitation magnétique.

Rappelons que l'induction électrique  $\vec{D}$  correspond à la densité de flux électrique et s'exprime en Coulomb par m<sup>2</sup>.

Dans les milieux linéaires on a :

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} + \vec{P} \quad \text{où } \epsilon \text{ est la permittivité du milieu, et } \vec{P} \text{ le vecteur de polarisation du milieu.}$$

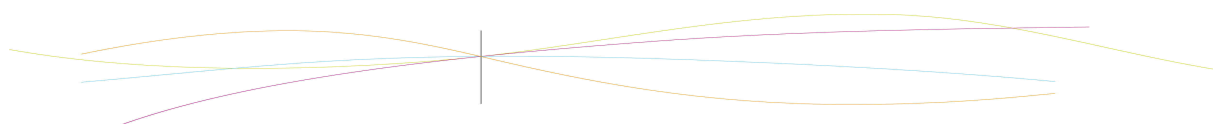
La permittivité du milieu décrit la réaction de ce milieu quand on lui applique un champ électrique.

Le vecteur de polarisation du milieu représente le fait que les molécules du milieu se « transforment » en dipôles électriques (=se polarisent) sous l'action du champ électrique.

Et  $\vec{H}$  est l'excitation magnétique. C'est un vecteur défini à partir du champ magnétique, par la relation suivante :

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu} - \vec{M} \quad \text{où } \vec{M} \text{ est l'aimantation du milieu, et } \mu \text{ la perméabilité magnétique du milieu.}$$

La perméabilité caractérise la capacité d'un milieu à modifier un champ magnétique.





On a comme propriétés :

- Saut de la composante tangentielle de  $\vec{H}$ .

$$n_{12} \wedge (\vec{H}_{im} - \vec{H}_{tm}) = \vec{J}_{ls}$$

où  $J_{ls}$  est la densité superficielle de courant libre

- Saut de la composante normale de  $\vec{D}$

$$n_{12} \cdot (\vec{D}_{im} - \vec{D}_{tm}) = \rho_{ls}$$

où  $\rho_{ls}$  est la densité superficielle de charge libre.

Dans notre cas , les densités de courant libre et de charge libre sont nulles.

$$n_{12} \cdot (\vec{D}_{im} - \vec{D}_{tm}) = 0$$

On a donc  $n_{12} \wedge (\vec{H}_{im} - \vec{H}_{tm}) = \vec{0}$

Pour un milieu isotrope non magnétique on a :  $n = \frac{1}{\mu}$

Donc on peut écrire à partir des égalités précédentes, si on suppose  $\vec{M}$  et  $\vec{P}$  nuls :

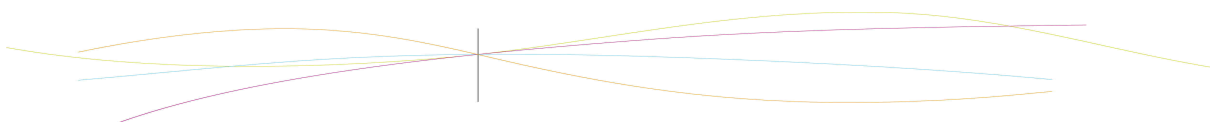
$$n_{12} \cdot (n_1^2 \vec{E}_{im} - \vec{E}_{tm}) = n_2^2 \vec{E}_{tm} = 0$$

et comme  $\vec{H}$  est colinéaire à  $\vec{B}$  , on a  $n_{12} \wedge (\vec{B}_{im} - \vec{B}_{tm}) = \vec{0}$

Enfin on peut exprimer pour chaque composante de  $\vec{B}$  , la relation liant le champ électrique et le champ magnétique :

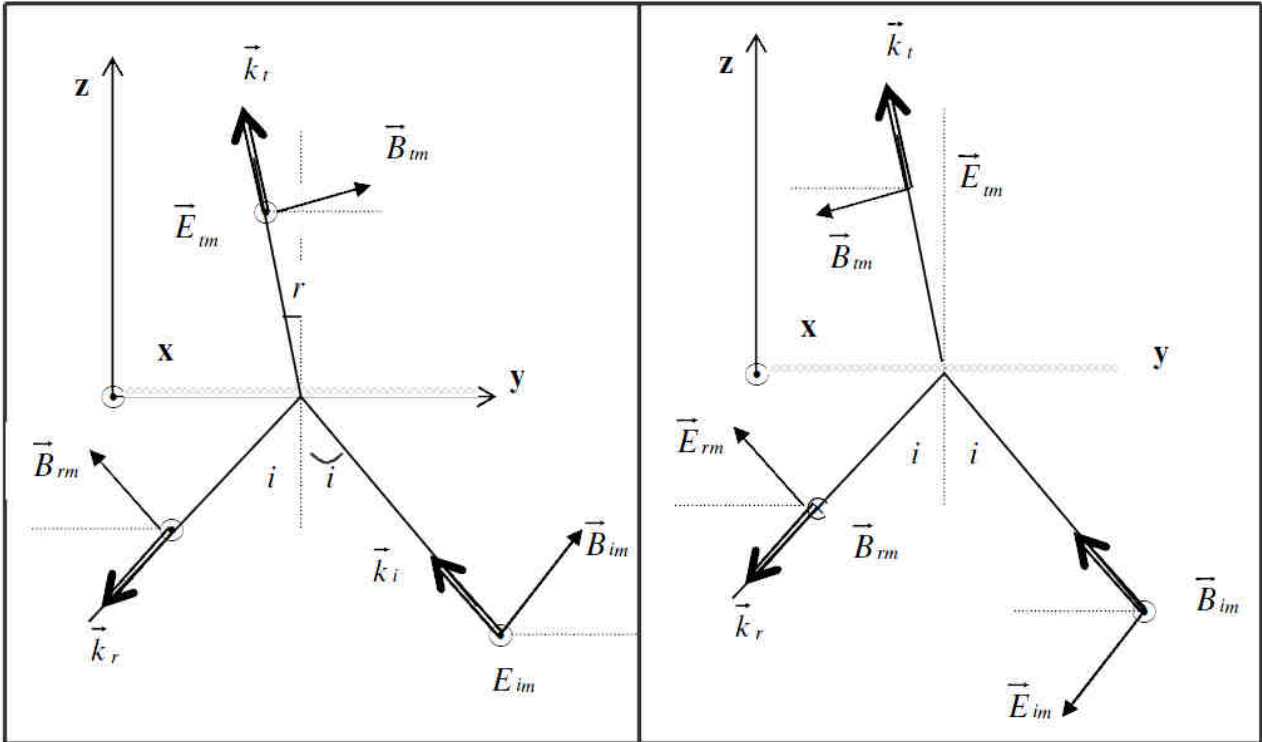
$$\vec{B}_{im} = \frac{\vec{k}_i \wedge \vec{E}_{im}}{c} \quad \vec{B}_{tm} = \frac{\vec{k}_i \wedge \vec{E}_{tm}}{c} \quad \vec{B}_{tm} = \frac{\vec{k}_i \wedge \vec{E}_{tm}}{c}$$

On a 7 équations et 5 inconnues. On va pouvoir résoudre les systèmes.



### 3.1.3. Formules de Fresnel

On introduit les coefficients de réflexion et de transmission en amplitude,  $r$  et  $t$ :



$$r = \frac{E_{rm}}{E_{im}} \quad t = \frac{E_{tm}}{E_{im}}$$

Onde polarisée perpendiculaire au plan d'incidence (à gauche) et parallèle (à droite)

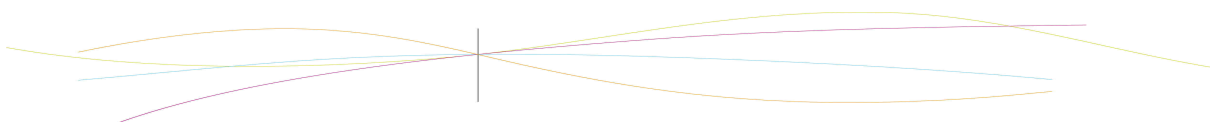
#### 3.1.3.1. Onde incidente polarisée perpendiculairement au plan d'incidence

Polarisation perpendiculaire au plan d'incidence  $\implies E_{im}^{\perp} = E_{im} e_x$

On applique les équations de continuité en adoptant les orientations de la figure ci dessus.

(1) En projetant sur Ox :

$$E_{im} \cos i = E_{rm} \cos r - E_{tm} \cos t \quad 1 \cos i = r \cos r + t \cos t$$



(2) En projetant sur Oy:

En adoptant les orientations :

1) Selon Ox:

$$\underline{B}_{im} - \underline{B}_{rm} - \underline{B}_{tm} = 0$$

Aussi avec les relations le rapport des amplitude du champ électrique et du champ magnétique de l'onde plane cette dernière équation donne :

$$n_1(1 - \underline{r}_{\parallel}) - n_2 \underline{t}_{\parallel} = 0 \quad (1)$$

2) Selon Oy :

$$-(\underline{E}_{im} + \underline{E}_{rm}) \cos \theta_i + \underline{E}_{tm} \cos \theta_t = 0$$

$$-(\underline{E}_{im} + \underline{r}_{\perp} \underline{E}_{im}) \cos \theta_i + \underline{t}_{\perp} \underline{E}_{im} \cos \theta_t = 0$$

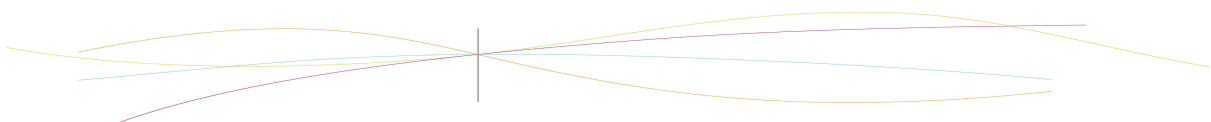
$$(1 + \underline{r}_{\perp}) \cos \theta_i - \underline{t}_{\perp} \cos \theta_t = 0 \quad (2)$$

$$\underline{B}_{im} - \underline{B}_{rm} \cos \theta_i - \underline{B}_{tm} \cos \theta_t = 0$$

Les relations de rapport des amplitudes du champ électrique et du champ magnétique de l'onde plane donnent:

$$\underline{1} - r \cos \theta_i - t \cos \theta_t = 0$$

On en déduit :  $r = \frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t}$  et  $t = \frac{2 \sin \theta_i \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t}$



**3.1.3.2. Onde incidente polarisée dans le plan d'incidence**

$$r_{\parallel} = \frac{n_1 \cos \theta_t - n_2 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_t + n_2 \cos \theta_i} \quad \text{et} \quad t_{\parallel} = \frac{2n_1 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_t + n_2 \cos \theta_i}$$

A partir de (1) et (2) on trouve :  $r = \frac{n_1 \cos \theta_t - n_2 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_t + n_2 \cos \theta_i}$  et  $t = \frac{2n_1 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_t + n_2 \cos \theta_i}$

Comme  $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$  on a  $n_1 = n_2 \frac{\sin \theta_t}{\sin \theta_i}$

Donc  $r = \frac{n_2 \sin \theta_t \cos \theta_t - n_2 \sin \theta_i \cos \theta_i}{n_2 \sin \theta_t \cos \theta_t + n_2 \sin \theta_i \cos \theta_i} = \frac{\tan \theta_t - \tan \theta_i}{\tan \theta_t + \tan \theta_i}$

Et  $t = \frac{2n_2 \sin \theta_i \cos \theta_i}{n_2 \sin \theta_t \cos \theta_t + n_2 \sin \theta_i \cos \theta_i} = \frac{2 \sin \theta_i \cos \theta_i}{\sin \theta_t \cos \theta_t + \sin \theta_i \cos \theta_i}$

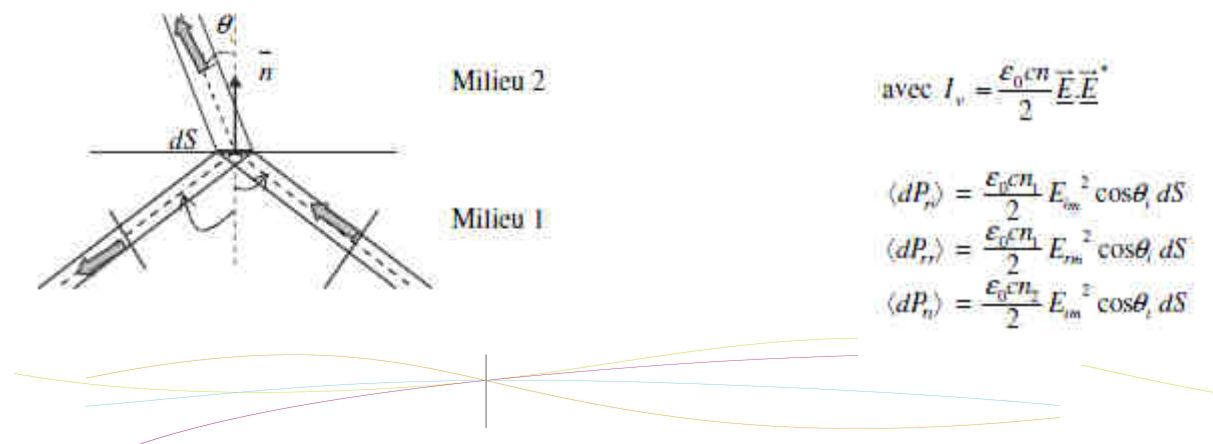
A partir de ces coefficients, on peut prouver qu'il existe un angle pour lequel  $r=0$  et  $t=1$ . C'est à dire que pour cet angle, la lumière est totalement transmise. Cet angle particulier est appelé **angle de Brewster** et on peut prouver qu'il est égal à :

$$\theta_B = \arctan \frac{n_2}{n_1}$$

On utilisera cet angle de Brewster dans notre montage afin de polariser la lumière. Cet angle particulier laisse passer 100 % de la composante électrique tangentielle de la lumière  $r$ , et ne la réfléchit donc pas du tout.

Les autres coefficients ne s'annulent jamais. On en déduit qu'à l'incidence de Brewster, une onde initialement non polarisée le devient par réflexion, puisque seule la composante transverse électrique (champ  $E$  perpendiculaire au plan d'incidence) est réfléchi.

Nous avons donc défini les coefficients de Fresnel pour les ondes transverse électrique et magnétique, mais ces résultats portent sur les amplitudes électriques et ne sont pas mesurables physiquement. C'est pourquoi nous allons maintenant nous intéresser aux



coefficients en termes de puissance et d'éclairement.

### 3.1.3.3. Coefficients de Fresnel en termes d'intensité lumineuse

On a :  $\langle dP_r \rangle = \langle P \cos \theta \cdot dS \rangle = I \cos \theta dS$

Par définition, les coefficients de transmission et de réflexion en énergie T et R sont les coefficients positifs suivants :

$$R = \frac{\langle P_r \rangle}{\langle P_i \rangle} = \frac{E_m^2}{E_{im}^2} \quad T = \frac{\langle P_{tr} \rangle}{\langle P_{ti} \rangle}$$

On déduit que

$$R = |r|^2 \quad \text{et} \quad T = |t|^2 \frac{n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i}$$

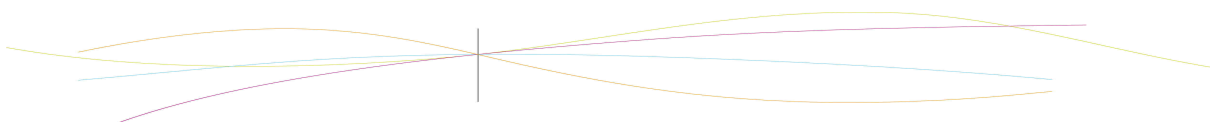
Le bilan d'énergie conduit à écrire :

$$\langle dP_{ti} \rangle = \langle dP_{tr} \rangle + \langle dP_{ti} \rangle$$

D'où :

$$\frac{\langle dP_{tr} \rangle}{\langle dP_{ti} \rangle} + \frac{\langle dP_{ti} \rangle}{\langle dP_{ti} \rangle} = 1$$

On a donc  $R + T = 1$ .



### 3.2. Partie expérimentale

#### 3.2.1. Détermination expérimentale de l'angle de Brewster

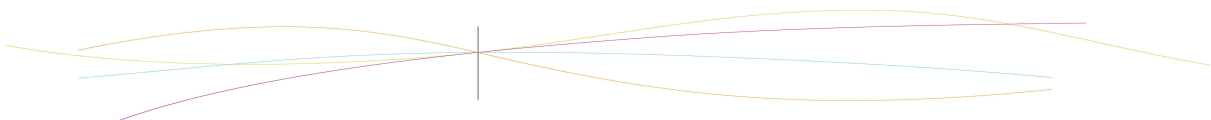
Dans ce paragraphe, nous présentons le procédé expérimental que nous avons mis en place pour déterminer la valeur de l'angle de Brewster, indispensable à la suite de notre projet P6.

Pour information, lorsque l'on envoie un faisceau lumineux sur un dioptre, on observe en général une réflexion partielle. Si le faisceau est incliné d'un angle nommé **angle de Brewster**, la réflexion partielle disparaît, à condition que la lumière soit polarisée dans le plan d'incidence. De plus, à l'angle de Brewster, le rayon réfracté et la direction attendue pour le rayon réfléchi forment un angle droit. (Source : Wikipedia).



Photographie du dispositif.

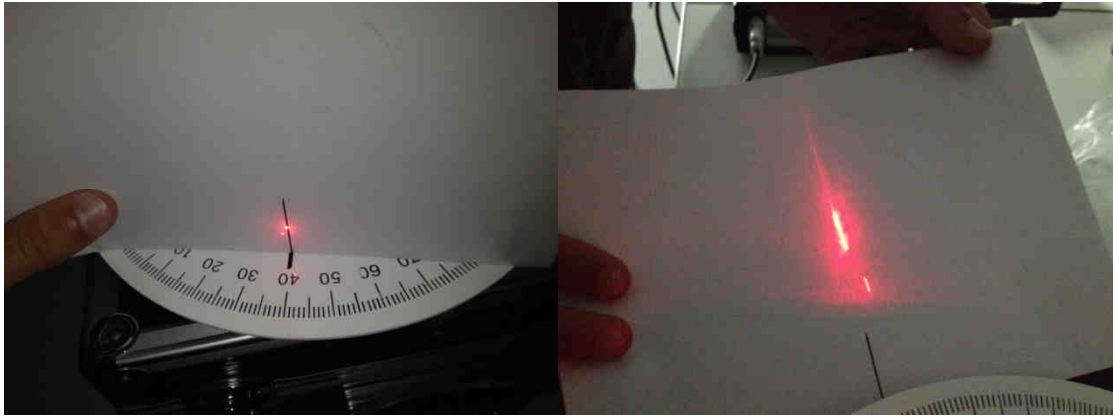
A l'aide du dispositif présenté ci-dessus, nous avons photographié la tâche observée et l'angle correspondant pour neuf valeurs différentes :  $30^\circ$  ;  $40^\circ$  ;  $50^\circ$  ;  $52^\circ$  ;  $54^\circ$  ;  $56^\circ$  ;  $57^\circ$  ;  $60^\circ$  et  $70^\circ$ . Ainsi, l'angle correspondant à la photographie où la tâche n'est pas visible sera l'angle de Brewster.



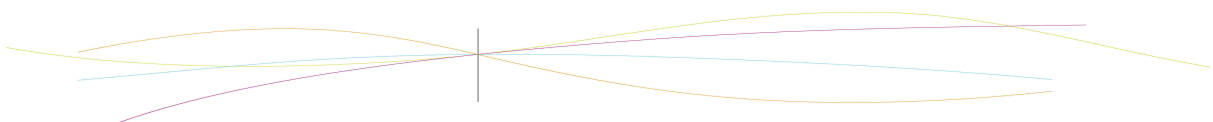
- Pour  $30^\circ$  :



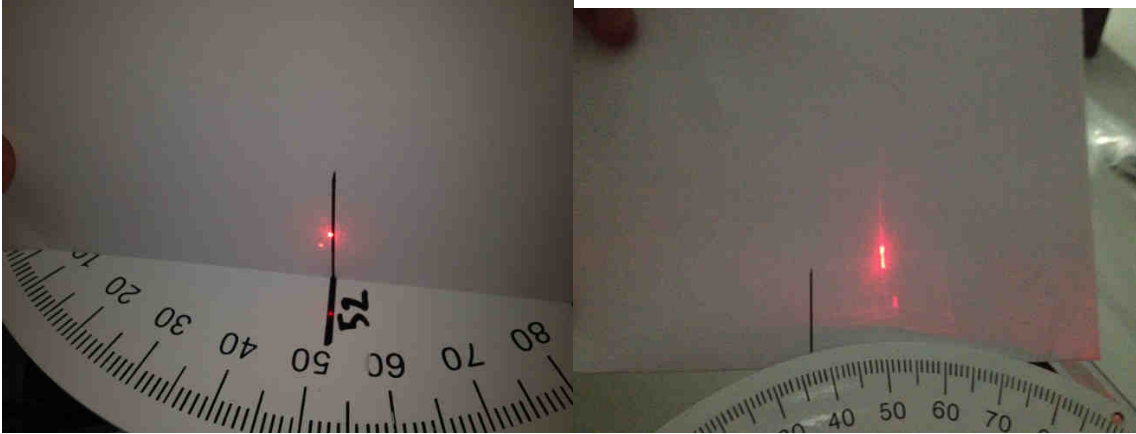
- Pour  $40^\circ$  :



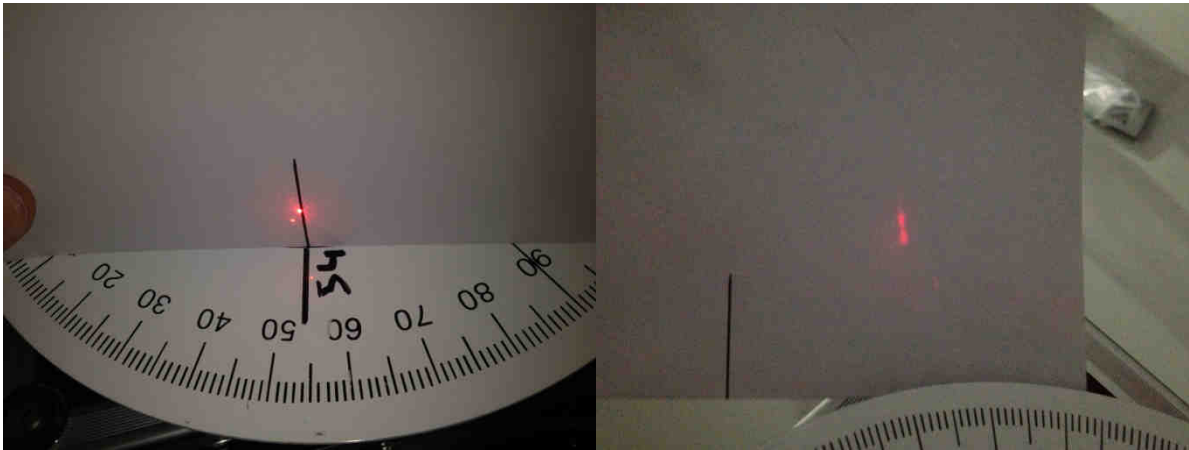
- Pour  $50^\circ$  :



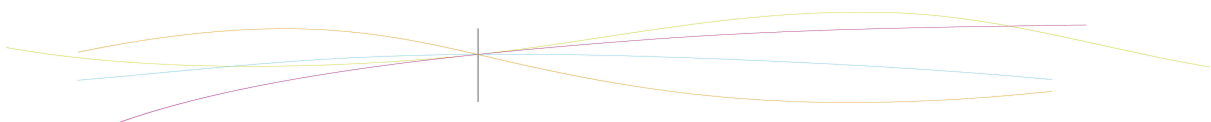
- Pour  $52^\circ$  :



- Pour  $54^\circ$  :



- Pour  $56^\circ$  :

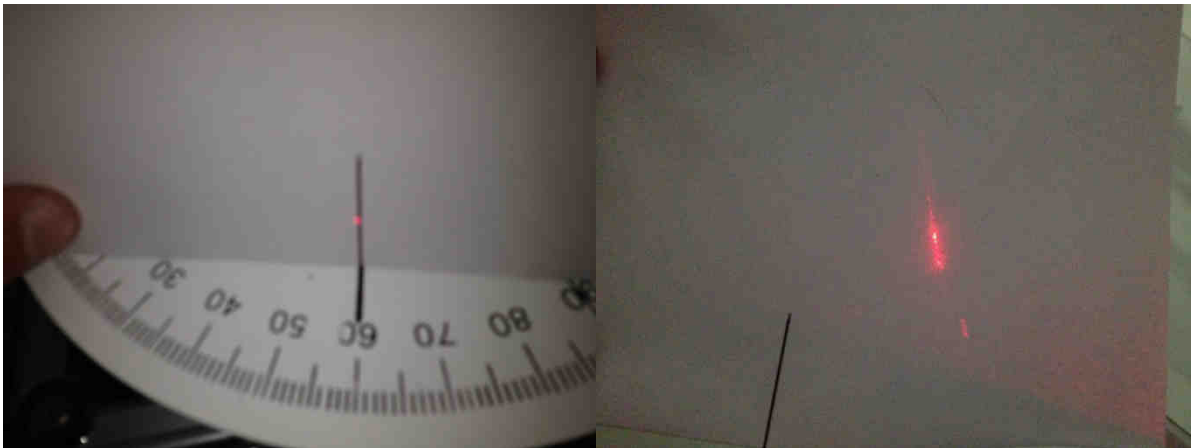




- Pour  $57^\circ$  : c'est l'angle de Brewster.



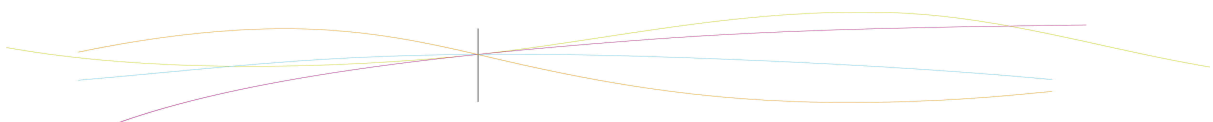
- Pour  $60^\circ$  :



- Pour  $70^\circ$  :



A l'aide de ce dispositif expérimental, nous avons donc pu retrouver la valeur de l'angle de Brewster, soit  $57^\circ$  selon notre expérience.



Par la suite, nous avons également pu déterminer l'indice  $n_{\text{verre}}$  du demi-disque, utilisé lors de la manipulation, grâce à l'équation suivante :

$$n^2 = A_1 + A_2 \cdot \lambda^2 + \frac{A_3}{\lambda^2} + \frac{A_4}{\lambda^4} + \frac{A_5}{\lambda^6} + \frac{A_6}{\lambda^8}$$

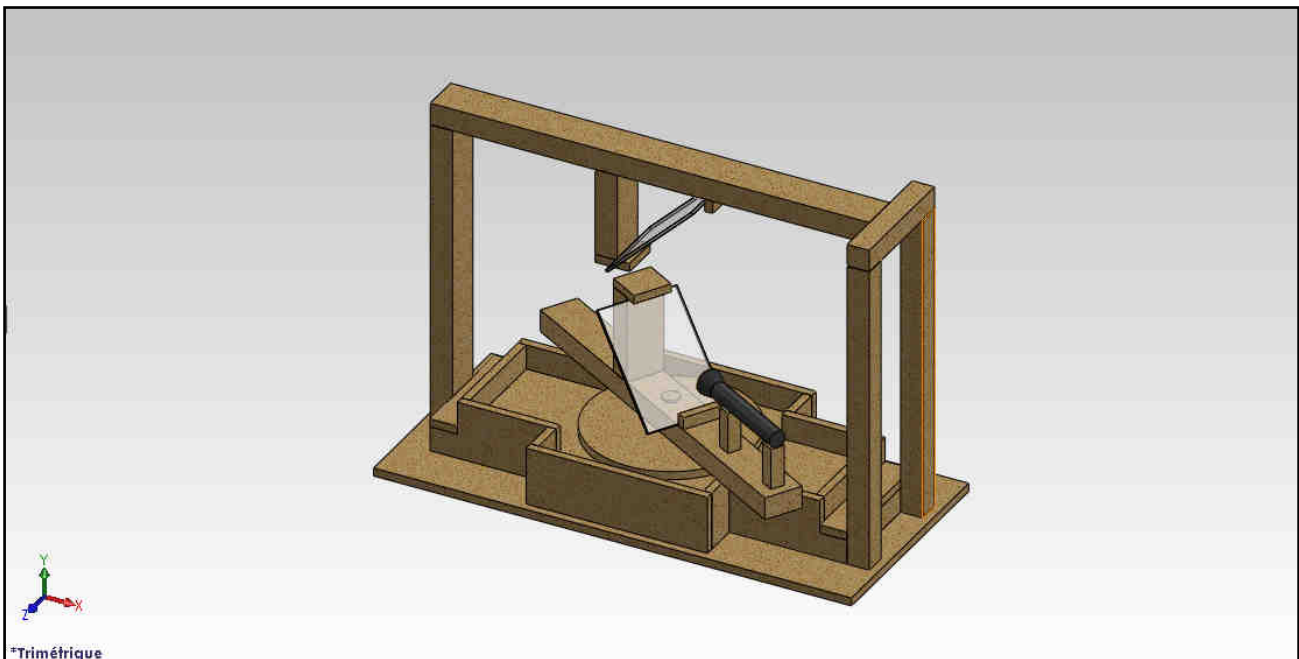
- Où :
- $A_1 = + 2,185936$
  - $A_2 = + 8,10^{-12}$
  - $A_3 = + 1,45315 \cdot 10^{+4}$
  - $A_4 = - 5,6315 \cdot 10^{+8}$
  - $A_5 = + 9,4903 \cdot 10^{+13}$
  - $A_6 = - 3,9023 \cdot 10^{+18}$

Sachant que nous utilisons un laser Hélium-Néon de longueur d'onde  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ , on trouve finalement :  $n_{\text{verre}} = 1,5177 \cdot 10^{+68}$  (à  $10^{-5}$  près).

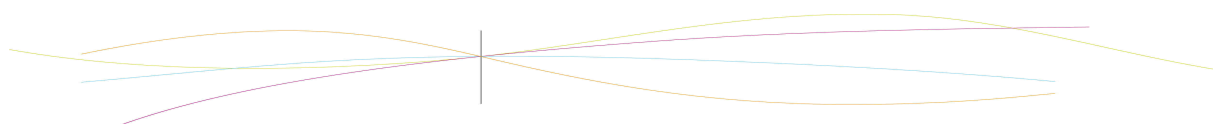
### 3.2.2. *Elaboration de la machine*

Afin d'atteindre l'objectif de mettre en évidence le phénomène de polarisation de la lumière lors d'une réflexion nous avons décidé d'élaborer une machine comprenant : un miroir fixe et un miroir tournant. En effet, la lumière est dans un premier temps réfléchi (donc polarisée) par le premier miroir et le deuxième miroir joue le rôle d'analyseur. L'objectif est d'obtenir un éclairage après les deux réflexions du type :  $E = a \cos^2(\theta) + b$

#### 3.2.2.1. *Première machine*



Nous avons élaboré cette première machine qui comportait un miroir à  $45^\circ$  en rotation éclairé par une lampe avec un angle d'incidence constant. Le rayon est réfléchi verticalement vers le deuxième miroir, fixe et orienté à  $45^\circ$ . La deuxième réflexion conduit le rayon lumineux entre les deux supports au niveau desquels nous aurions pu installer une photodiode pour mesurer l'éclairage.

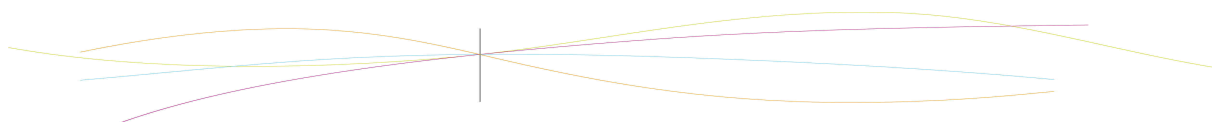


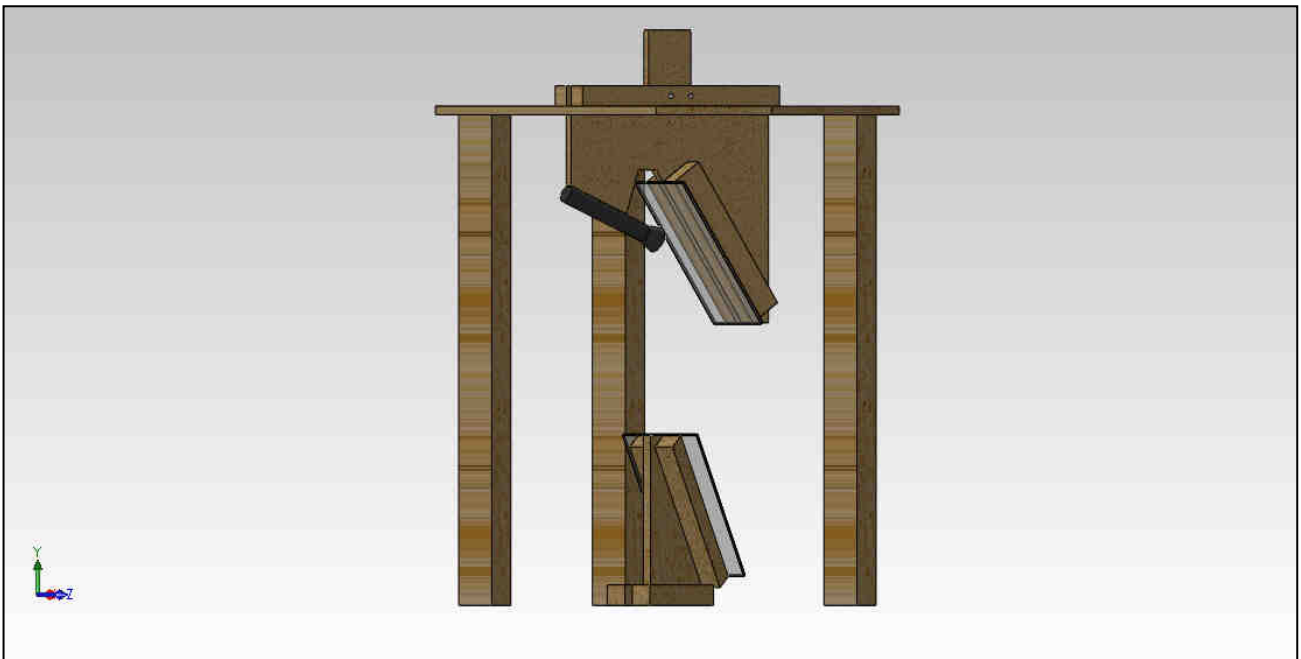
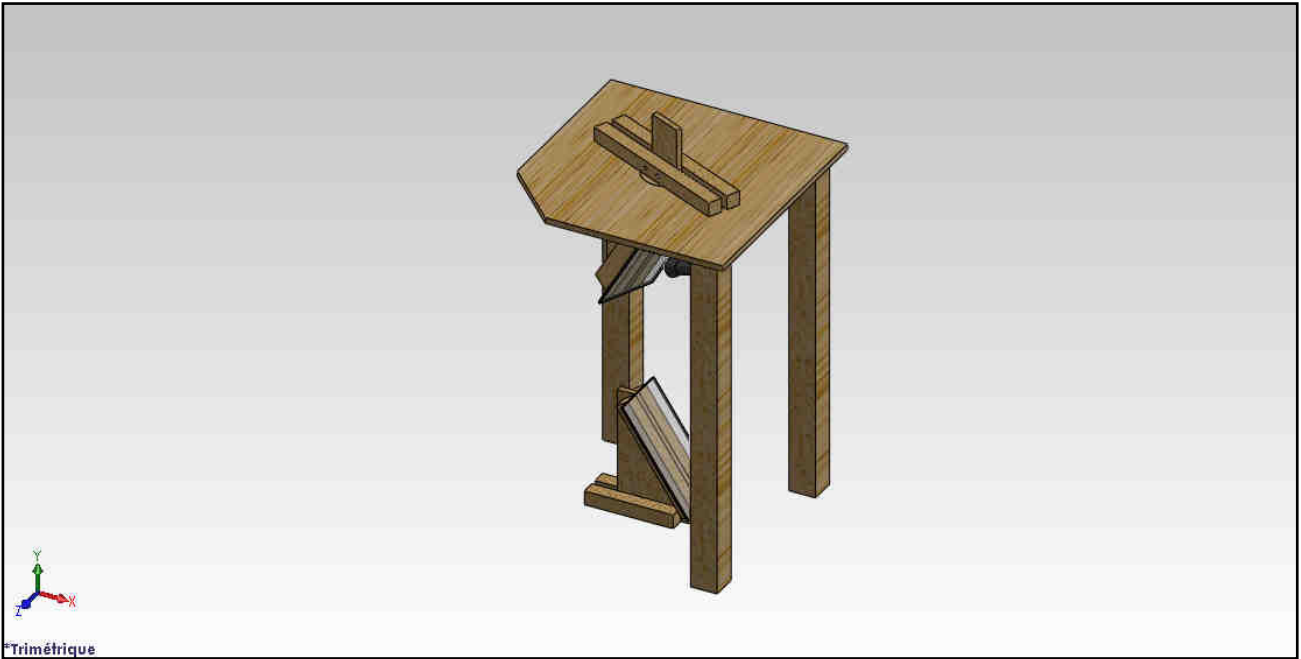
Malgré les avantages de cette machine (portable, compacte), nous avons dû l'abandonner car les miroirs n'étaient pas inclinés selon l'angle de Brewster. C'est donc grâce aux recherches que nous avons évité de construire cette machine alors que la polarisation n'aurait pas été totale.

### 3.2.2.2. Deuxième machine

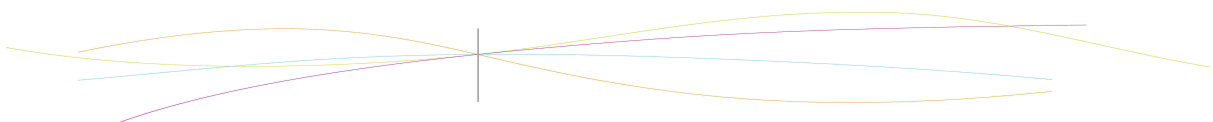
Lors de la séance 7, Monsieur Guillotin est arrivé avec un prototype de machine tout à fait différent de celui que nous avons élaboré. Le principe de double réflexion étant conservé, c'est en fait la mise en place des miroirs qui change complètement avec cette deuxième machine.

L'avantage de cette machine est que les miroirs sont orientés selon l'angle de Brewster que nous avons mesuré expérimentalement. Les rayons incidents font donc un angle de  $56^\circ$  avec la normale au miroir. De plus, l'inclinaison de la lampe est telle que le rayon est réfléchi verticalement.





C'est donc cette deuxième machine qui a été retenue. Après avoir fini le montage de celle-ci, nous sommes passés à la vérification expérimentale de celle-ci. Cette validation est détaillée dans la prochaine partie.



### 3.2.3. Résultats

Grâce à la machine présentée précédemment, nous avons ensuite pu vérifier expérimentalement la disparition de la réflexion partielle dans le cas précis où les deux miroirs sont séparés d'un angle droit.

Le dispositif expérimental suivant nous a permis de vérifier cette propriété de la lumière :

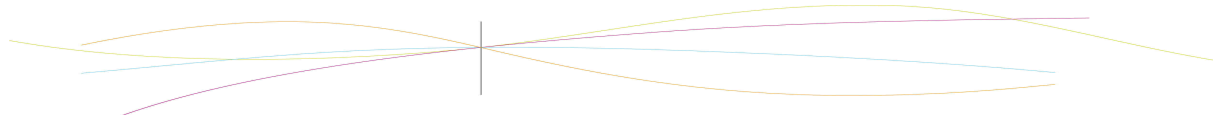


Photographie du dispositif expérimental.

Le but de cette manipulation est donc d'observer l'éclairement, après réflexion sur les deux miroirs, en fonction de l'angle de rotation du miroir du dessus. L'éclairement est mesuré à l'aide d'une photodiode, placée perpendiculairement au rayon réfléchi, reliée à un circuit comportant un voltmètre qui indique une tension  $U$ . L'angle de rotation du miroir supérieur est mesuré à l'aide du disque gradué.

Ainsi, en mesurant la tension tous les 10 degrés, on obtient les valeurs suivantes :

$\theta$ (en degrés)	$\theta$ (en radians)	$U_{\text{exp}}$ (en mV)
0	0	903
10	0,174532925	895
20	0,34906585	885
30	0,523598776	862
40	0,698131701	836
50	0,872664626	800
60	1,047197551	783
70	1,221730476	773
80	1,396263402	767
90	1,570796327	765



A ce point de l'expérience, il est nécessaire de déterminer les valeurs théoriques afin de comparer nos résultats.

Sachant que l'équation théorique s'écrit :

$$U = a + \cos [^2(\theta) + b$$

Après résolution du système :

$$a + b = 903$$

$$b = 765$$

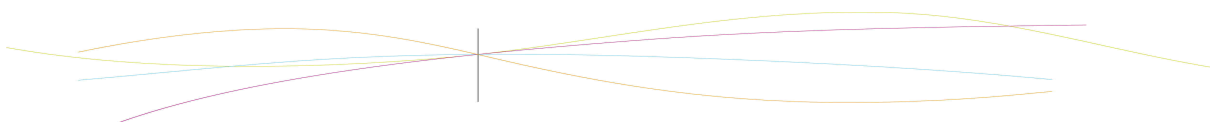
On obtient finalement :

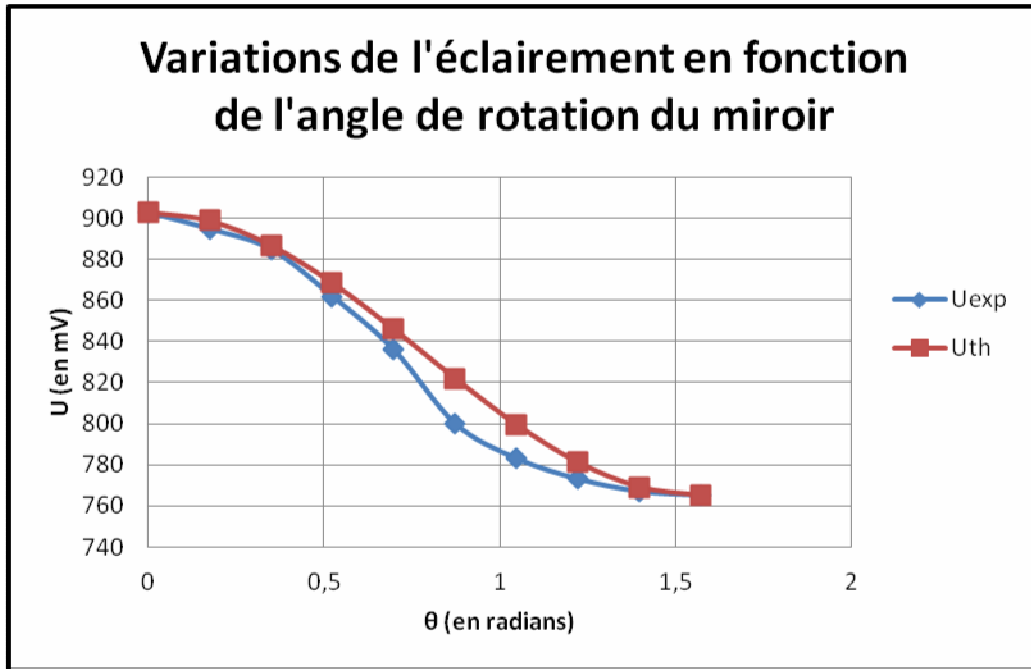
$$U = 138 + \cos [^2(\theta) + 765$$

D'où le tableau final suivant :

$\theta$ (en degrés)	$\theta$ (en radians)	$U_{\text{exp}}$ (en mV)	$U_{\text{th}}$ (en mV)
0	0	903	903
10	0,174532925	895	898,8387908
20	0,34906585	885	886,8570666
30	0,523598776	862	868,5
40	0,698131701	836	845,9817243
50	0,872664626	800	822,0182757
60	1,047197551	783	799,5
70	1,221730476	773	781,1429334
80	1,396263402	767	769,1612092
90	1,570796327	765	765

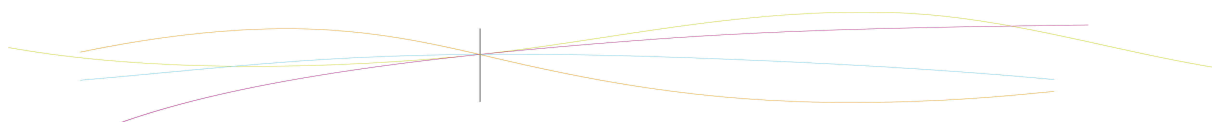
On peut donc ensuite tracer les deux courbes théorique et expérimentale :





D'après ce graphique, nous pouvons voir que nos résultats sont acceptables compte tenu du faible écart entre les deux courbes.

De plus, à  $\theta = 90^\circ = 1,57 \text{ rad}$  (à  $10^{-2}$  près), l'éclairement atteint bien sa valeur minimale  $U = 765 \text{ mV}$ . La propriété optique énoncée ci-dessus est donc vérifiée. Il convient tout de même de préciser que la valeur minimale de l'éclairement n'est pas nulle car la salle dans laquelle nous avons effectué l'expérience n'était pas plongée dans un noir absolu.



#### 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce projet nous a permis de réaliser un montage expérimental qui fonctionne, pour vérifier certaines lois de l'électromagnétisme, et en particulier sur la transmission de la lumière. Notons que ces théories sur la réflexion et la transmission de la lumière sont très utilisées dans la vie courante, et certaines de applications se basent essentiellement sur les quelques points que nous venons d'étudier. C'est le cas notamment du rétroviseur intérieur de nos voitures, dont la position « jour » ou « nuit » est l'application exacte de notre expérience, puisque le but est d'avoir un coefficient de réflexion de la lumière fort en journée; et faible la nuit afin de ne pas être ébloui par les feux des voitures qui nous suivent. On retrouve aussi cela dans les lunettes de soleil polarisantes, et sur les appareils photo, pour limiter par exemple les reflets du soleil sur les surfaces réfléchissantes (eau, glace...).

Nous avons du travailler ensemble et nous avons tous pu découvrir les difficultés et les étapes pour mener à bien un tel projet. En effet, même si l'idée globale de la conception du montage expérimental ou du plan de la démonstration théorique étaient connus après quelques séances, nous avons ensuite été confrontés à de nouveaux problèmes quasiment chaque semaine.

Pour Manuel et Nicolas, ce projet a été l'occasion de mettre en application les cours de conception numérique, tandis que Martin, Yuhao et Haotin ont redécouvert les théories de l'électromagnétisme autour d'une expérience concrète.

Ce projet correspondant exactement à l'enseignement d'électromagnétisme effectué à l'insa, nous espérons que celui ci pourra servir aux professeurs pour illustrer leurs cours ou pour effectuer des séances de travaux pratiques.

