

## DEVELOPEMENT OF A LIGHT ATTENUATOR BASED ON GLASSY REFLECTIONS

K. Ferria\* and N. Belkhir

Laboratoire d'optique appliquée, Institut D'optique Et de Mécanique De Précision  
Université Ferhat Abbas –Sétif

Received: 25 November 2012 / Accepted: 06 December 2012 / Published online: 30 June 2012

### ABSTRACT

The light intensity control of a luminous source is a very important operation in many optical applications. Several types of light attenuator exploiting different optical phenomena like diffraction, absorption, and reflection exist and they differ principally in the maximum attenuation rate, the control range, the sensitivity and the spectral band. In the presented work, we have developed and designed a light attenuator based on the progressive decrease of the transmitted light intensity, when it undergoes multiple vitreous reflections across eight plates glasses arranged in a roof shape. Several tests were carried out using a laser light as a source. We have shown that the attenuation rate can be controlled by the choice of the incidence angle on the glasses slides, in addition we have confirmed, for the case of perpendicular polarization of the laser light, that the attenuation obeys to a linear function. The obtained results are very close to those predicted theoretically.

**Key words:** light attenuator, Fresnel equation, light polarization.

### 1. INTRODUCTION

L'atténuation optique est définie comme la décroissance de la puissance de l'onde lumineuse à travers un milieu atténuant. Elle s'exprime par le rapport de la puissance optique sortante à la puissance d'entrée.

---

Author Correspondence, e-mail: [ferria\\_k@yahoo.fr](mailto:ferria_k@yahoo.fr)

[ICID: 1018844](#)

Dans la plupart des expériences optiques, l'atténuation de la lumière présente un effet néfaste, qui perturbe le bon fonctionnement du travail et parfois elle est inévitable. Cependant, l'utilisation des lasers sous toutes leurs formes; continu, pulsé, opérant dans l'infrarouge ou dans le visible, nécessite le contrôle de leur puissance. Ce contrôle est effectué par des éléments, connus sous le nom d'atténuateur de lumière.

En télécommunication optique à titre d'exemple, les réseaux WDM (multiplexage en longueur d'onde) sont utilisés pour véhiculer par fibre optique de l'information à très haut débit. Cependant, pour de grandes distances, le signal transmis doit être amplifié régulièrement. Il faut donc avoir recours à des atténuateurs optiques qui permettent d'imposer une puissance optique donnée en un point du réseau [1-2].

Le calibrage photométrique des filtres [3], les tests de linéarité des photo détecteurs [4, 5], des mesures précises en spectrophotométrie [6] et dans toutes applications concernées par les lasers de fortes puissances, nécessitent tous des atténuateurs optiques qui réduisent l'intensité de la lumière d'une valeur bien déterminée.

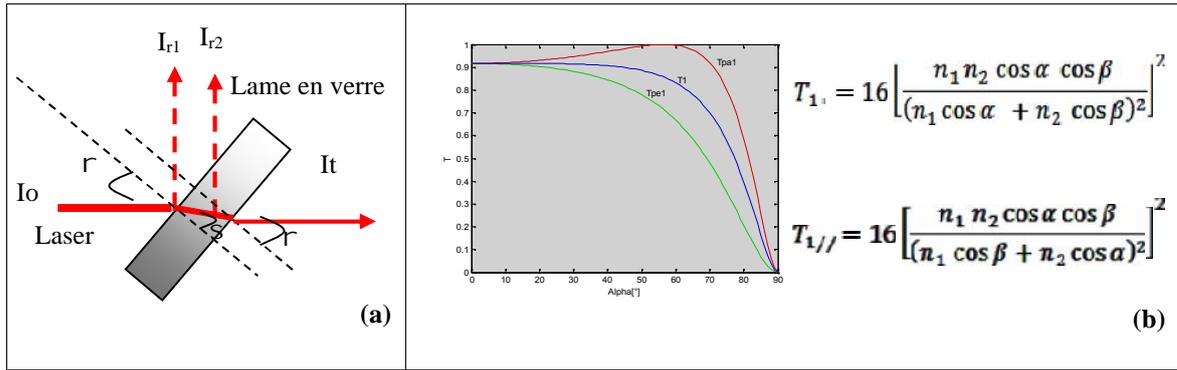
Et de ce faite, un atténuateur de lumière idéal doit avoir un seuil d'endommagement et une dynamique de régulation larges. Il doit être adapté pour une large bande spectrale, ne doit pas influencer la polarisation, le profile, la direction du faisceau laser incident et doit aussi présenter une réponse linéaire même s'il y a échauffement dû à la puissance du rayonnement [7].

La méthode d'atténuation présentée dans ce travail, repose sur le faite que la lumière lors d'une incidence sur une surface transparente perd une partie de sa puissance par réflexion, la quantité de cette puissance dépend de l'angle d'incidence et l'indice de la surface transparente.

Sur cette idée une étude et une conception de cet atténuateur ont été mises au point.

## 2. PRINCIPE DE LA METHODE

L'idée principale de la méthode est présentée par la figure 1

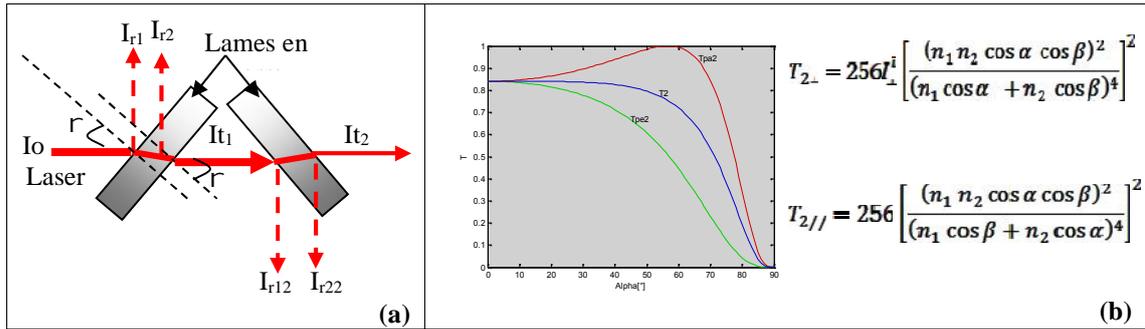


**Fig.1. (a)** Principe de base de l'atténuateur à réflexion vitreuse pour le cas d'une seule lame **(b)** Variation de l'intensité lumineuse de sortie en fonction de l'angle d'incidence pour la même lame

Lors d'une incidence d'un faisceau lumineux sur une surface transparente, une partie de la puissance lumineuse incidente est réfléchié à travers le dioptre (air-verre) et une deuxième réflexion à travers le dioptre (verre-air), la quantité de la puissance lumineuse réfléchié dépend de l'angle d'incidence et de l'indice de réfraction de la lame de verre. Les équations gérannt cette opération ont été établies par Fresnel [2]. Elles permettent de quantifier la lumière réfléchié et celle transmise.

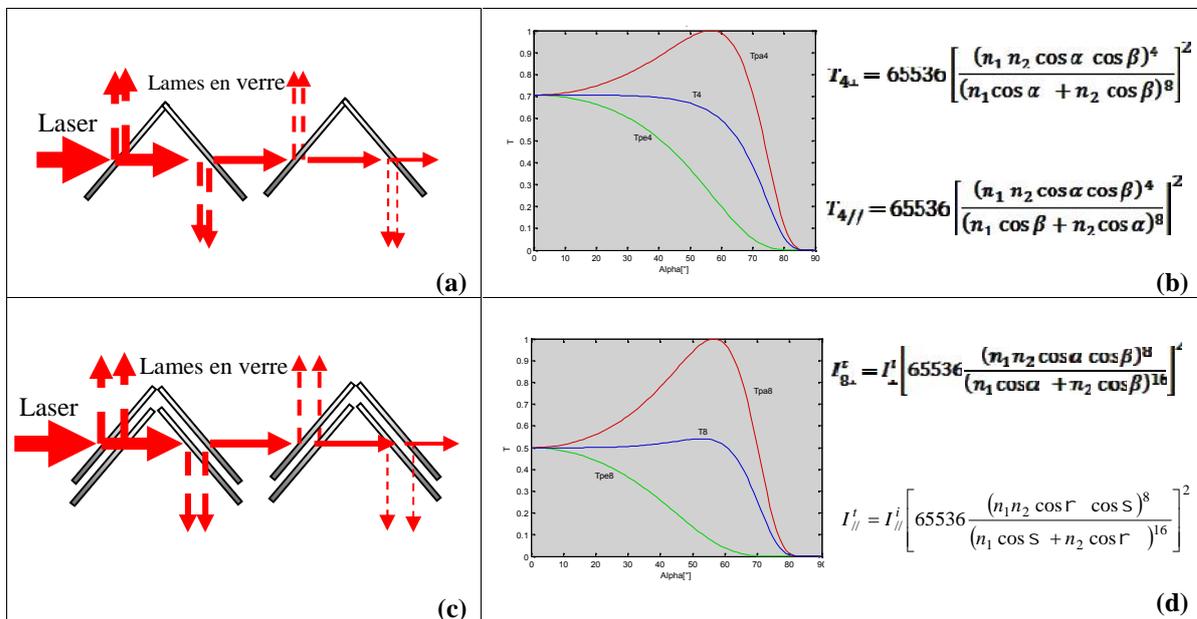
Pour une lame de verre la quantité de lumière transmise est donnée par la relation présentée par la figure 1.b, où  $n_1$ ,  $n_2$  représentent les indices de réfraction du milieu 1(air) et celui du milieu 2(verre),  $\alpha$  et  $\beta$  représentent respectivement l'angle d'incidence et de réfraction à travers le dioptre air-verre et verre-air.

Il est clair que le comportement de la lumière transmise dépend aussi de la nature de polarisation de la lumière incidente relativement au plan d'incidence. L'opération d'atténuation dans ce cas réduit la lumière incidente de 8% pour une incidence normale et atteint la valeur de 100% pour un angle proche de 90°. En plus, on remarque un décalage dans l'alignement du faisceau transmis relativement au faisceau incident. Pour y remédier on ajoute une autre lame inclinée du même angle mais cette fois-ci en sens opposé comme montré par la figure 2.a :



**Fig.2.** (a) Principe de base de l'atténuateur à réflexion vitreuse pour le cas de deux lames, (b) Variation de l'intensité lumineuse de sortie en fonction de l'angle d'incidence pour deux lames

La figure 2.b montre que le taux d'atténuation s'approche de 15% pour une incidence normale et atteint une valeur de 100% pour une incidence près de 90°. Un autre point important est l'amélioration de la fonction d'atténuation qui tend à devenir linéaire pour le cas d'une polarisation perpendiculaire au plan d'incidence ce qui permet d'ajouter d'autres lames et de voir le comportement de la lumière transmise en fonction du nombre de lames. La figure 3 nous donne une idée pour quatre lames et ensuite pour huit lames:

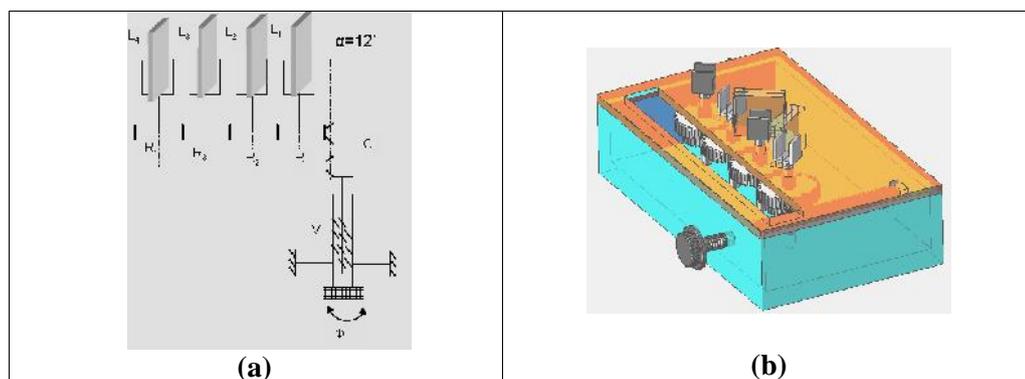


**Fig.3.** Présentation de l'atténuateur pour: (a) quatre lames, (c) huit lames. (b) et (d) représentent respectivement la variation théorique de la lumière transmise pour les deux combinaisons.

Il est clair des figures obtenues que la linéarité de la courbe pour la composante perpendiculaire est parfaitement linéaire pour le cas de huit lames. L'atténuation est de 50% pour une incidence normale et elle décroît à 100% pour un angle de 70°.

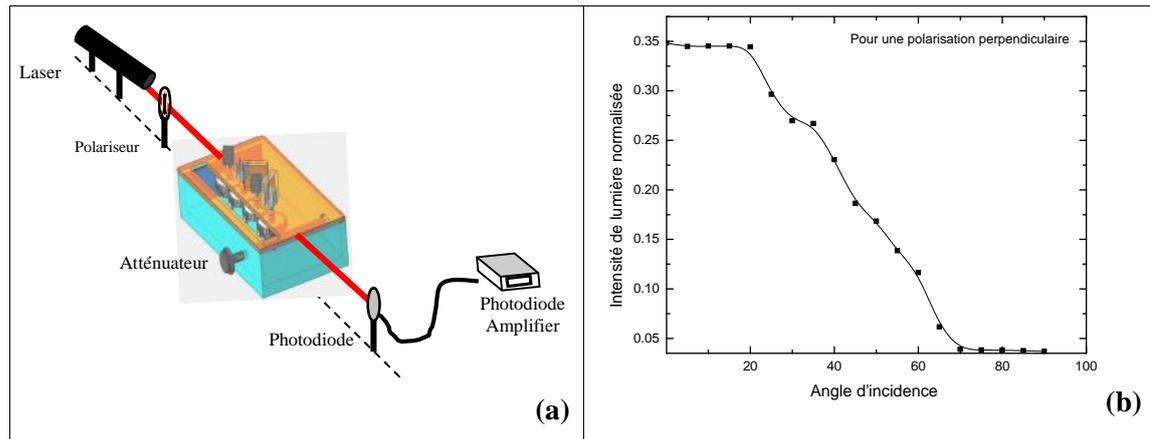
### 3. PARTIE EXPERIMENTALE

On se basant sur l'étude théorique effectuée, on a mis au point une conception opto-mécanique à base de roues dentées et une crémaillère permettant de transmettre aux lames de verres un même angle de rotation, d'une précision évaluée à 12, ce qui permet l'obtention d'une dynamique de régulation étendue, et ainsi un réglage de la puissance lumineuse très précis. Le schéma fonctionnel du dispositif ainsi que le dessin en perspective, sont présentés par la figure 4.



**Fig.4.** Principe de l'atténuateur optique (a) Schéma fonctionnel, (b) Représentation en perspective

Les essais ont été effectués à l'aide d'une source laser de longueur d'onde  $\lambda=632.8\text{nm}$  et une puissance de 30mW, et dont la polarisation est perpendiculaire au plan d'incidence, (assurée par un polariseur). La détection est assurée par une photodiode reliée à un amplificateur (Photodiode-amplifier) permettant d'enregistrer les faibles variations lumineuses. Le montage utilisé est présenté par la figure 5.a



**Fig.5. (a)** Montage expérimental de l'expérience, **(b)** Courbe expérimentale caractéristique de l'atténuateur proposé, pour un faisceau laser incident de polarisation perpendiculaire au plan d'incidence

La courbe enregistrée pour une lumière incidente dont la polarisation est perpendiculaire au plan d'incidence, est similaire à celle présentée par la figure 3.d, sauf qu'à incidence normale on enregistre une faible variation. L'atténuation complète de la lumière est proche de 70%, valeur identique à celle obtenue théoriquement, la linéarité de la fonction de transfert obtenue théoriquement est clairement justifiée par la courbe expérimentale.

#### 4. CONCLUSION

En conclusion la technique d'atténuation employée, dont le dispositif a été réalisé au niveau local, a permis de distinguer les caractéristiques suivantes:

- \* Une simple conception opto-mécanique, - Une gamme d'atténuation étendue, - Un seuil d'endommagement élevé, - Un alignement quasi linéaire du faisceau de sortie relativement au faisceau d'entrée (déviation du faisceau très faible), - Une sensibilité d'inclinaison des lames assez précise (déviation par un pas de 12'), et en fin un taux d'atténuation réel variant de 63% à l'extinction dans une plage angulaire de 0 à 70°.

#### 5. RÉFÉRENCES

[1] Jeong Y. S., Bae S. C., Jung Y., Oh K. Micro-optical waveguide on micro-actuating platform and its application in variable optical attenuator. Optical Fiber Technology. 2006, 12, 38– 47.

- 
- [2] Hyun Lee J., Sik Yun S., et al. Optical characteristics of a refractive optical attenuator with respect to the wedge angles of a silicon optical leaker. *Applied Optics*. February. 2004, 43(4).
- [3] Bennett H. E. Accurate method for determining photometric linearity. *Applied Optics*. 1966, 5, 1265–1270.
- [4] Sanders C. L. A photocell linearity tester. *Applied Optics*. 1962, 1, 207–211.
- [5] Budde W. Large-flux-ratio linearity measurements on Si photodiodes, *Applied Optics*. 1982, 21, 3699–3701.
- [6] Stewart J. E. A rotating-sector attenuator of adjustable transmittance for precise spectrophotometry. *Applied Optics*. 1962, 1, 75–77.
- [7] Lehman J, Reflective attenuator for high-energy laser measurements. *Applied Optics*. 2008, 47(18), 3360-3363.
- [8] Lotem H. et al. Variable attenuator for intense unpolarized laser beams, *Optics Letters*. May 1991, 16, (9).

---

## DEVELOPPEMENT D'UN ATTENUATEUR DE LUMIERE BASE SUR DES REFLEXIONS VITREUSES

### RESUME

Le contrôle de la puissance d'une source lumineuse constitue une opération très importante dans beaucoup d'applications optiques. Plusieurs types d'atténuateurs de lumière exploitant différents phénomènes optiques existent et qui diffèrent principalement par le taux d'atténuation maximal, la plage de régulation et leur bande spectrale. Dans le travail présenté, on a développé un atténuateur de lumière basé sur la diminution progressive de l'intensité de la lumière au cours de sa réflexion vitreuse à travers des lames en verre. Les essais effectués ont montré que le taux d'atténuation peut être commandé par le choix de l'orientation des lames de verre, et l'atténuation de la lumière obéit à une fonction linéaire pour le cas d'une polarisation du faisceau incident perpendiculaire au plan d'incidence.

**Mots clés:** atténuateur de lumière, équation de Fresnel, polarisation de la lumière.

### How to cite this article

Ferria K and Belkhir N. Development of a light attenuator based on glassy reflections. J Fundam Appl Sci. 2012, 4(1), 17-24.