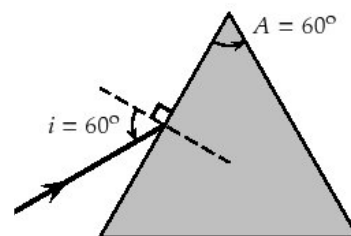


Série N° 03

Prisme & Fibre Optique

EXERCICE 1 : Dispersion d'un prisme

Un rayon de lumière blanche arrive sur la face d'un prisme isocèle, avec un angle d'incidence $i = 60^\circ$. Le prisme est taillé dans du verre ordinaire.



- a) Tracer la marche de ce rayon lumineux dans le prisme de base de 15 cm, avec l'hypothèse qu'il s'agit de lumière violette, plus de lumière rouge.
- b) Préciser le comportement d'un faisceau de lumière blanche, et retrouver les positions (les angles) relatives des bandes violettes et rouge sur un écran d'observation, telles que décrite par l'expérience de décomposition de la lumière blanche par un prisme, dite expérience de Newton.

n	Verre	Eau
Violet	1,680	1,3435
Rouge	1,596	1,3311

EXERCICE 2 : Réflexion totale d'un prisme

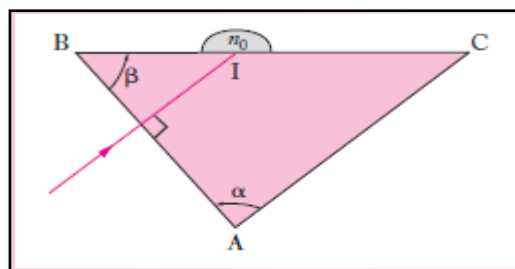
On considère un prisme droit dont base est un triangle rectangle isocèle en A. L'indice du verre qui le constitue est n .

1. On envoie sur la face AC du prisme un rayon lumineux perpendiculairement à cette face.
 - a. Déterminer le trajet de ce rayon.
 - b. Déterminer la condition sur l'indice n du prisme pour avoir une réflexion totale.
2. A partir de ce prisme, proposer un montage permettant de renvoyer en sens inverse la lumière.

EXERCICE 3 : Prisme et goutte d'eau

On considère un prisme en verre ABC d'indice $n = 1,5$ d'angles $\alpha = 90^\circ$ et $\beta = 60^\circ$. Un rayon entre dans le prisme par la face AB en incidence normale et rencontre la face BC en I, où l'on place une goutte d'un liquide transparent d'indice n_o .

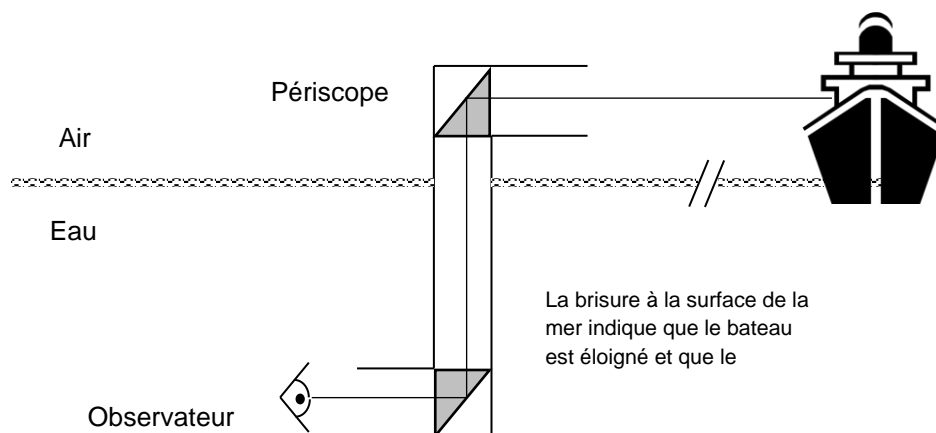
- 1) Trouver la limite de l'indice n_0 du liquide pour qu'il y ait réflexion totale en I.
- 2) Dans ce cas, suivre la marche du rayon qui sort par la face AC et trouver la déviation totale du rayon.



EXERCICE 4 : Le périscopie

Le périscopie est un instrument d'optique utilisant des prismes. Il permet à un observateur embarqué à bord d'un sous-marin en plongée de repérer un navire à la surface de l'eau.

Le navire étant éloigné, les rayons lumineux issus de celui-ci et entrant dans le périscopie sont horizontaux. Le schéma simplifié du périscopie est donné ci-dessous. Les deux prismes isocèles et rectangles sont en verre. L'angle limite du *dioptrie* verre-air vaut 42° .

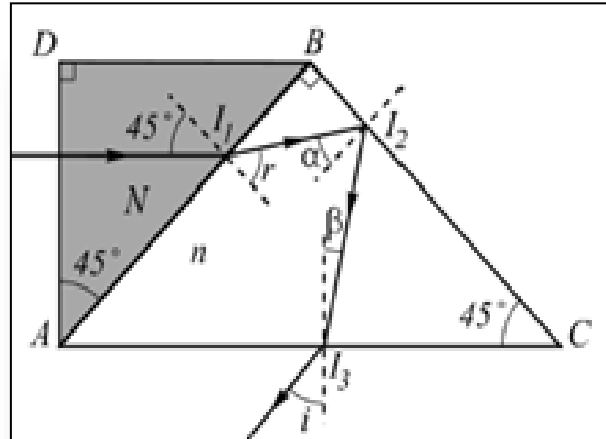


1. Expliquez, au moyen des lois de l'optique, le comportement de la lumière au passage de chacune des 3 faces des 2 prismes.
2. Expliquer les étapes de formation de l'image.

EXERCICE 5 : Association de prismes

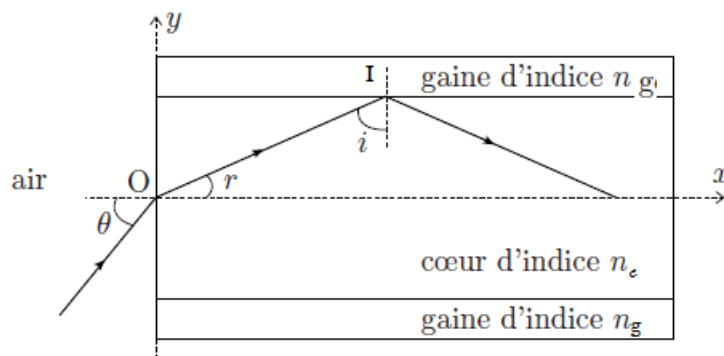
Deux morceaux de verre taillés sous forme de triangle rectangles et isocèles d'indices respectifs N et n ont leur face AB commune comme illustrée sur la figure 4. Un rayon incident frappe AD sous une incidence normale, se réfracte en I_1 , se réfléchit en I_2 puis ressort en I_3 .

1. Ecrire les équations de SNELL-DESCARTES aux points I_1 et I_3 .
2. Quelles relations vérifient les angles r et α ; α et β ?
3. Quelle relation vérifient N et n pour que la réflexion soit limite en I_2 .
4. Calculer N , r , α et β et i pour $n=3/2$ quand cette condition limite est réalisée.
5. On appelle N_0 cette valeur limite N . pour que la réflexion soit totale en I_2 . N doit-il être plus grand ou plus petit que N_0 ?
6. Ecrire la relation vérifiée par N et n pour que l'angle i soit nul. Que vaut N .



EXERCICE 6 : Fibre optique à saut d'indice

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'un cœur cylindrique entouré d'une gaine :



1. Le cœur a un indice de réfraction $n_c = 1,48$. Calculer la vitesse de la lumière dans le cœur.
2. A quelle condition sur l'angle i' a-t-on réflexion totale en I ?
 - a) En déduire la condition sur r .
 - b) En déduire la condition sur l'angle d'incidence i .

On donne : indice de la gaine : $n_g = 1,46$.

3. pour quelle condition les rayons qui pénètrent dans le cœur sont transmis jusqu'à la sortie. Calculer la valeur de ON .

4. La fibre a une longueur totale $L = 1 \text{ km}$.

- Considérons un rayon incident qui entre dans la fibre en incidence normale ($i = 0$). Calculer la durée du trajet de la lumière jusqu'à la sortie.
- Même question avec l'angle d'incidence i_{max} .
- Vérifier que la différence entre les deux durées précédentes peut s'écrire :

$$\Delta t = \frac{n_c(n_c - n_g)}{n_g} \frac{L}{c_0} \quad c_0 \approx 300\,000 \text{ km/s (vitesse de la lumière dans le vide)}$$

Exercice N°07 : Atténuation dans une Fibre optique

L'atténuation de la lumière dans les fibres optiques est due à l'absorption et à la diffusion par le matériau constitutif du cœur, en général en silice et par ses impuretés (fer, cuivre,...). On la mesure couramment en décibel par kilomètre :

$$\frac{AdB}{km} = 10 * \log\left(\frac{\varphi_{entrant}}{\varphi_{sortant}}$$

où φ désigne le flux lumineux. Cette atténuation dépend de la longueur d'onde de la lumière envoyée dans la fibre.

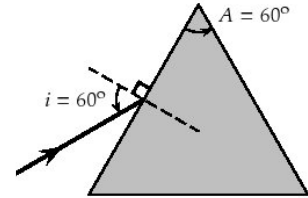
- Pour de la lumière rouge $\lambda = 800 \text{ nm}$, $A = 1, 2 \text{ dB/km}$. Au bout de combien de kilomètres reste a-t-il 10% du flux incident ?
- Même question dans l'infrarouge à 1300 nm où $A = 0, 4 \text{ dB/km}$ et à 1550 nm où $A = 0, 25 \text{ dB/km}$? En pratique, les lasers employés dans les télécommunications sont conçus pour émettre autour de 1550 nm , à votre avis pourquoi ?

Series 03

Prism & Optical Fiber

EXERCISE 1: Dispersion of a prism

A ray of white light arrives on the face of an isosceles prism, with an incidence angle $i = 60^\circ$. The prism is made of ordinary glass.



1. Trace the path of this light ray in the 15 cm base prism, assuming it is violet light, followed by red light.
2. Specify the behavior of a white light beam and determine the relative positions (angles) of the violet and red bands on an observation screen, as described by the white light decomposition experiment by a prism, known as Newton's experiment.

n	Verre	Eau
Violet	1,680	1,3435
Rouge	1,596	1,3311

EXERCISE 2: Total reflection of a prism

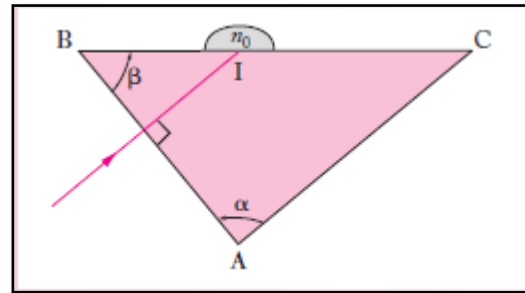
Consider a right prism with the base being an isosceles right triangle at A. The refractive index of the glass is n .

1. A light ray is sent perpendicularly to face AC of the prism.
 - a) Determine the path of this ray.
 - b) Determine the condition on the refractive index n of the prism to have total reflection.
2. Propose a setup using this prism to reflect light in the opposite direction.

EXERCISE 3: Prism and water drop

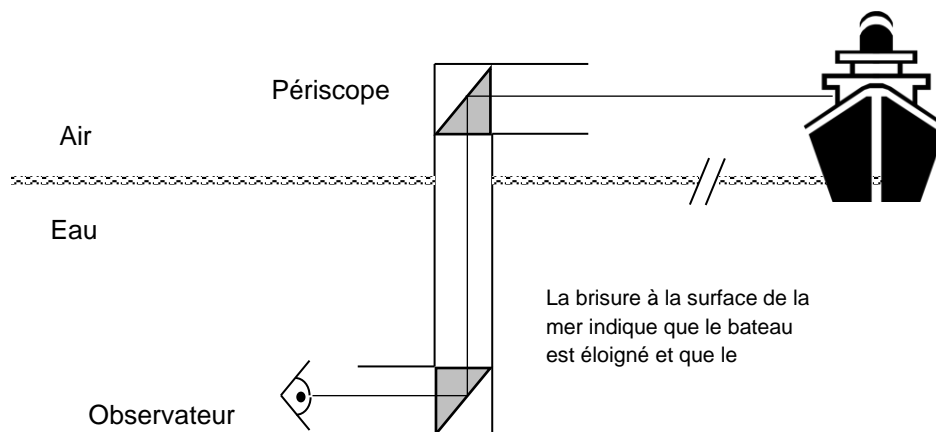
Consider a glass prism ABC with an index $n = 1.5$ and angles $\alpha = 90^\circ$ and $\beta = 60^\circ$. A ray enters the prism through the AB face at normal incidence and meets the BC face at I, where a drop of transparent liquid with index n_0 is placed.

1. Find the limit of the liquid index n_0 for total reflection at I.
2. In this case, follow the path of the ray that exits through the AC face and find the total deviation of the ray.



EXERCISE 4: The Periscope

The periscope is an optical instrument using prisms that allows an observer on a submerged submarine to spot a ship on the water's surface. Considering the ship is distant, the light rays from it entering the periscope are horizontal. The simplified periscope schematic is shown below. The two isosceles and right-angle prisms are made of glass. The critical angle of the glass-air interface is 42° .

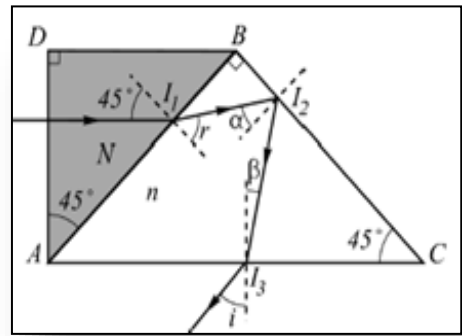


1. Explain, using the laws of optics, the behavior of light as it passes through each of the three faces of the two prisms.
2. Describe the steps of image formation.

EXERCISE 5: Association of Prisms

Two pieces of glass cut into isosceles right-angle triangles with respective indices N and n share a common face AB as illustrated in figure 4. An incident ray strikes AD at normal incidence, refracts at I_1 , reflects at I_2 , and exits at I_3 .

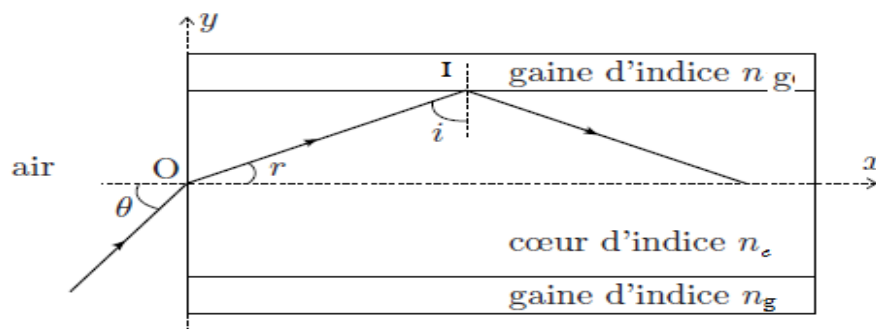
1. Write the equations of SNELL-DESCARTES at points I1 and I3.
2. What relations do the angles r and θ verify?
3. What relation do N and n verify for the reflection to be total at I2?
4. Calculate N , r , θ , and i for $n = 3/2$ when this limiting condition is realized.
5. We call this limiting value N_0 . For total reflection to occur at I2, should N be greater or less than N_0 ?
6. Write the relation verified by N and n for the angle i to be zero. What is the value of N ?



EXERCISE 6: Step-Index Optical Fiber

A step-index optical fiber consists of a cylindrical core surrounded by a cladding:

1. The core has a refractive index of $n_C = 1.48$. Calculate the speed of light in the core.



2. Under what condition on the angle i' does total reflection occur at I?
 - a) Deduce the condition on r .
 - b) Deduce the condition on the angle of incidence i .
 - c) Given: refractive index of the cladding: $n_g = 1.46$.
3. Under what conditions do the rays that enter the core get transmitted to the output? Calculate the value of ON .
4. The fiber has a total length of $L = 1$ km.
 - a) Consider an incident ray entering the fiber at normal incidence ($i = 0$). Calculate the duration of the light's journey to the output.
 - b) Same question with the maximum angle of incidence i_{max} .
1. Verify that the difference between the two previous durations can be written as:

EXERCISE 7: Attenuation in an Optical Fiber

The attenuation of light in optical fibers is due to absorption and scattering by the core material, usually silica, and its impurities (iron, copper, etc.). It is commonly measured in decibels per kilometer:

$$\frac{AdB}{km} = 10 * \log\left(\frac{\varphi_{entrant}}{\varphi_{sortant}}\right)$$

where φ denotes the luminous flux. This attenuation depends on the wavelength of the light sent through the fiber.

1. For red light $\lambda = 800$ nm, $A = 1.2$ dB/km. After how many kilometers remains 10% of the incident flux?
2. Same question in the infrared at 1300 nm where $A = 0.4$ dB/km and at 1550 nm where $A = 0.25$ dB/km? In practice, lasers used in telecommunications are designed to emit around 1550 nm, in your opinion, why?