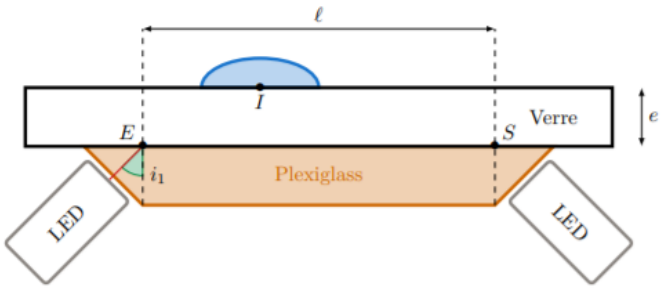
Exercice 1 : détecteur de pluie.

La plupart des véhicules modernes sont équipés de détecteur de luminosité et de détecteur de pluie permettant à l'électronique de contrôle du véhicule de déclencher l'allumage des feux ou le système d'essuie-glace du parebrise automatiquement. On présente ici le principe d'un système de détection de pluie.
Sur la face intérieur du parebrise, une LED projette un faisceau lumineux qui voyage ensuite dans l'épaisseur du verre jusqu'à un capteur qui mesure l'intensité de la lumière qu'il reçoit. La LED éclaire en incidence normale une pièce réalisée en plexiglass d'indice optique n_p=1,50, la lumière arrive alors selon un angle d'incidence i_1 sur l'interface plexiglass-verre, l'indice du verre est pris égal à n_v=1,55. L'indice optique de l'eau est n_e=1,33 et l'indice optique de l'air est n_a=1,00. L'épaisseur du pare-brise qu'on supposera localement plat, est notée e=1,00cm et on note L=8,45cm la distance qui sépare l'entrée dans le verre de la sortie.



1. Rappeler dans quelle situation on est susceptible d'observer le phénomène de réflexion totale.

On s'intéresse d'abord au cas d'un parebrise lors d'une journée de grand soleil.

2. Exprimer et évaluer numériquement θ_L l'angle limite de réfraction pour le dioptre à étudier dans cette situation.

Pour observer un fonctionnement optimum, on règle le système en se basant sur cet angle limite.

3. Expliquer pourquoi on fait ce choix. Pourquoi la pièce en plexiglass est-elle nécessaire ? Déterminer l'expression et la valeur numérique de i_1.
4. Exprimer le nombre de réflexions totales et le nombre de réflexions sur le plexiglass que subira le faisceau lumineux entre les points d'entrée E et de sortie S.

On note I_O l'intensité lumineuse du faisceau au point d'entrée E, on suppose qu'à chaque réflexion sur l'interface Verre-Plexiglass, on perd 5% de l'intensité lumineuse incidente.

5. Expliquer pourquoi il y a une perte d'intensité du faisceau guidé dans le verre sur ce dioptre. Déterminer l'intensité lumineuse du faisceau au point S.

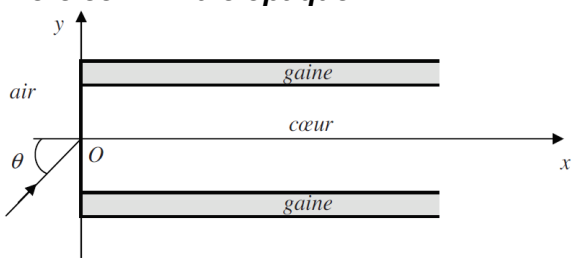
Lorsqu'une goutte de pluie tombe sur le pare-brise, elle crée un dioptre Verre-Eau sur lequel on estime que le coefficient de réflexion en puissance est égale à r=0,62.

6. Expliquer pourquoi la réflexion n'est pas totale à l'interface Verre-Eau.

On considère une situation où l'intensité du faisceau en S est égale à 20% de l'intensité en E.

7. Combien de dioptres Verre-Eau le faisceau a-t-il rencontré ? Quelle fraction du parebrise est couverte d'eau ?

Exercice 2 : Fibre optique.



On considère une fibre optique dites à saut d'indice, un rayon incident arrive selon un angle θ à l'entrée de la fibre, il est réfracté selon un angle φ dans le cœur de la fibre d'indice n_1=1,456. Le cœur de la fibre est entouré d'une gaine d'indice n_2=1,410. Pour les fibres utilisées actuellement, le rayon du cœur a varie entre 3µm et 200µm et le rayon extérieur de la gaine b peut atteindre une valeur de 400µm.

La gaine étant d'indice optique inférieur au cœur, il existe un angle de réfraction limite au-delà duquel le rayon lumineux est totalement réfléchi et guidé dans la fibre.

1. Exprimer l'angle limite i_L pour que le rayon lumineux soit guidé dans la fibre.

On définit l'ouverture numérique de la fibre notée N.A. comme étant le sinus de l'angle d'incidence θ_L accepté pour que le rayon lumineux soit guidé dans la fibre.

2. Déterminer l'expression de l'ouverture numérique de la fibre. Faire l'application numérique.

Les fibres optiques permettent de transmettre des signaux numériques sous la forme d'impulsions rectangulaires de durée δ=5µs à l'entrée de la fibre.

3. Exprimer le temps de trajet d'un rayon lumineux arrivant en incidence normale à l'entrée d'une fibre considérée comme rectiligne et de longueur L. Exprimer le temps de trajet le long de cette même fibre pour un rayon lumineux en incidence maximale pour être transmise. Exprimer la différence entre ces deux temps.

4. Exprimer alors la valeur minimale T_{min} de l'intervalle entre deux impulsions envoyées dans la fibre pour qu'il n'y ait pas de «mélange» entre deux bits successifs du signal numérique en sortie.

On appelle $R=1/T_{min}$ le débit maximal de la fibre.

5. Exprimez R et en faire une évaluation numérique pour une fibre de longueur L=1km.

Exercice 3 : A l'aquarium de la Rochelle, j'ai vu…

Un observateur se situe à 20 cm de la paroi d'un aquarium. Il observe un poisson réellement situé à 1m droit devant lui. On néglige l'épaisseur de verre tout se passe pour les rayons lumineux comme si ils passaient directement de l'air à l'eau.

1. Faire un schéma du système et déterminer la valeur numérique de la distance à laquelle l'observateur a l'impression que le poisson se situe.

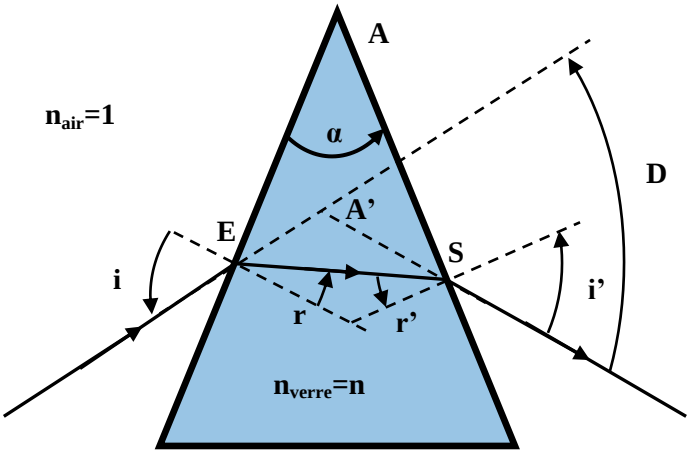
Dans un aquarium public l'épaisseur de verre n'est en fait pas négligeable, on prendra e=60 cm. L'observateur se situe toujours à 20 cm devant la vitre et il observe un poisson à 1m devant lui.

2. Faire un schéma du système. Déterminer la valeur numérique de la distance à laquelle l'observateur a l'impression que le poisson se situe.

Données : $n_{air}=n_1=1{,}00$; $n_{eau}=n_3=1{,}33$; $n_{verre}=n_2=1{,}50$.

Exercice 4 : Spectromètre à prisme.

On considère un prisme caractérisé par son indice optique $n(\lambda_O)$ dépendant de la longueur d'onde lambda et l'angle au sommet α. Un rayon lumineux arrive sur la face d'entrée en E avec un angle d'incidence i positif (voir schéma pour les conventions). On note alors D l'angle de déviation du faisceau lumineux c'est-à-dire l'angle entre la direction du faisceau incident et la direction du rayon émergeant de la face de sortie en S.



1. Ecrire la loi de Snell-Descartes sur la face d'entrée et sur la face de sortie du prisme. Indiquer sur quelle face le phénomène de réflexion totale peut avoir lieu et indiquer alors l'angle limite de réfraction r_L.
2. En étudiant le triangle AES, trouver une relation entre α, r et r'. En déduire une condition sur α pour observer un rayon émergeant. Puis en déduire que i doit être supérieur à une valeur minimale i_{min} à exprimer pour qu'il existe un rayon émergeant.
3. Exprimer l'angle D en fonction de α, i et i' en étudiant le triangle A'ES.

On montre que l'angle de déviation est minimum égal à D_{min} lorsque le rayon émergeant est le symétrique du rayon incident par le plan médian de l'angle au sommet du prisme, le rayon traversant le prisme est alors parallèle à la base du prisme.

4. Exprimer les lien entre r et r', puis entre i et i' dans cette situation. Montrer alors que l'angle de déviation minimum vérifie : $\sin\left(\frac{D_m+\alpha}{2}\right)=n\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$

On considère un prisme réalisé en verre flint d'indice optique n≈1,49 et d'angle au sommet α=45°.

5. Vérifier que cette valeur de α est cohérente avec les considérations de la question 2. Déterminer la valeur numérique de i_{min}.

On mesure l'angle de déviation minimal pour les valeurs de longueur d'onde (dans le vide) suivantes :

λ_O (µm)	0,405	0,436	0,480	0,508	0,546	0,589	0,644
D_m (° et ')	26°33'	26°18'	26°2'	25°53'	25°43'	25°33'	25°24'

6. Déterminer le tableau des valeurs d'indice optique correspondant à chaque longueur d'onde. Faire une représentation graphique de l'indice en fonction de la longueur d'onde.
7. Le verre est-il un milieu dispersif ? un modèle affine est-il pertinent pour modéliser l'évolution de l'indice en fonction de la longueur d'onde ? Vérifier que la loi de Cauchy $n(\lambda_O)=n_O+\frac{\sigma}{\lambda_O^2}$ est un modèle plus plausible et donner les valeurs de $n_{O,exp}$ et σ_{exp} correspondant.

En réalité $n_{O,theo}=1{,}4906$ et $\sigma_{theo}=6{,}79.10^{-3}\mu m^2$.

8. Déterminer l'écart relatif entre les valeurs théoriques et expérimentales. Expliquer l'écart important entre la valeur tabulée et la valeur expérimentale du facteur σ.