Apprentissage – Optique – TD 1

Exercice 1

On considère une onde électromagnétique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 500nm$.

1. Calculer la fréquence de cette onde
2. Cette onde arrive avec une incidence normale sur une interface air / milieu transparent dont l'indice de réfraction est n=1,7. Calculer la longueur d'onde et la direction de propagation de cette onde dans le milieu

Exercice 2 Robot Curiosity

La sonde Curiosity a été lancée le 26 novembre 2011 pour explorer la planète Mars. L'atterrissage a eu lieu le 6 août 2012 sur le site du cratère de Gale. Pour communiquer avec la Terre, Curiosity utilise comme relais les sondes Odyssey et MRO en orbite autour de Mars. Ces sondes communiquent avec la Terre par ondes radios. La distance entre Mars et la Terre varie en fonction des mouvements des planètes. Elle varie entre 50 et 400 millions de kilomètres.

1. Déterminer le temps mis par les données envoyées par Curiosity pour atteindre la Terre (on négligera le temps de transfert entre Curiosity et les sondes en orbite autour de Mars)
2. La phase d'atterrissage a duré environ 7min. Cette phase s'est déroulée automatiquement. Pourquoi ?

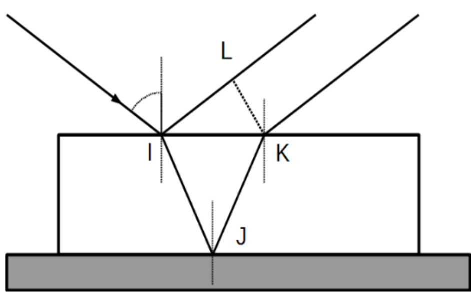
Exercice 3 Eclipse

Un astre de rayon r éclairé par le Soleil de rayon R crée derrière lui une zone d'ombre et une zone de pénombre. La zone d'ombre a une forme conique (triangulaire dans le plan).

1. Déterminer la longueur l du cône d'ombre en fonction de R, r et de D, la distance entre le soleil et l'astre ($r \ll l$).
2. A la distance $d < l$ de l'astre, l'ombre et la pénombre ont une forme circulaire de rayons ρ_1 et ρ_2. Déterminer les expressions de ρ_1 et ρ_2 en fonction de R, r et D.
3. Application aux éclipses de Lune (l'astre est la Terre et la Lune est à une distance d de la terre) :
   Rayon du Soleil : $R = 690\ 000km$
   Distance Soleil-Terre $D = 150.10^6\,km$
   Rayon de la Terre $r = 6\ 370m$
   Distance Terre-Lune $d = 384\ 000km$
   Calculer l, ρ_1 et ρ_2
4. Application aux éclipses de Soleil (l'astre est la Lune et la Terre est à une distance d de la Lune)
   Rayon du Soleil : $R = 690\ 000km$
   Distance $D = 150.10^6 km$
   Rayon de la Lune $r = 1\ 700km$
   Calculer l, ρ_1 et ρ_2 pour une distance Terre-Lune égale à $d = 349\ 000km$
   Si la distance Terre-Lune vaut $d = 384\ 000km$, le raisonnement précédent est il applicable ? Calculer ρ_1 et ρ_2
   Reprendre la même question pour une distance $d = 415\ 000km$

Exercice 4 : Lame à faces parallèles

Une lame à faces parallèles d'épaisseur e, dont l'une des faces est totalement réfléchissante, est constituée d'un verre d'indice n. Elle est en contact avec l'air d'indice supposé égal à 1.



1. Exprimer la vitesse de la lumière en fonction de n et de c
2. Le rayon incident qui arrive en I se partage en 2 parties, le rayon réfléchi IL (rayon 1) et le rayon réfracté qui suit le chemin IJK (rayon 2).
   a. Exprimer la longueur du chemin IJK en fonction de e et de l'angle r.
   b. Exprimer la longueur IL en fonction de e et des angles i et r
3. En déduire le temps que met la lumière pour parcourir chaque chemin. Montrer que le rayon 2 est en retard sur le rayon 1 d'une quantité $\Delta t = \frac{2en}{c}\cos r$.

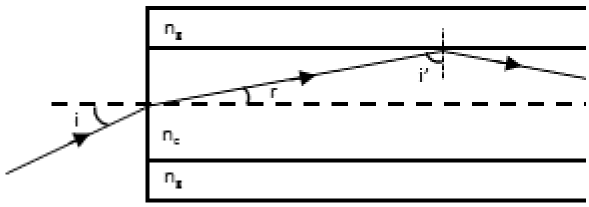
Exercice 5

Un prisme d'indice $n = \sqrt{2}$ a pour section droite un triangle rectangle isocèle (A=90°). Un rayon arrive en I sur AB, parallèlement à la face BC.

a. Suivant la position de I sur AB, déterminer la déviation totale subie par le rayon après traversée du prisme.
b. Positionner le point limite I_0 de I en calculant AI_0. On pose $AC = a$.
c. Examiner le cas où la face BC est argentée.

Exercice 6 : Fibre optique

Une fibre optique est un dispositif optique permettant de guider la lumière sur de longues distances en confinant la lumière à l'intérieur. Les fibres optiques sont basées sur le principe de la réflexion totale. La transmission du faisceau lumineux de l'intérieur de la fibre vers l'extérieur étant interdite, le faisceau est piégé dans la fibre et se propage suivant la direction de la fibre. On considère une fibre optique en silice, elle est composée d'un matériau central d'indice haut appelé le cœur, constituant le guide d'onde, et d'une gaine composé d'un matériau d'indice plus faible. Afin de simplifier le problème nous allons considérer un guide d'onde cylindrique à saut d'indice avec un indice du cœur ($n_c = 1,48$) et celui de la gaine $n_g = 1,46$.



1. Déterminer les conditions de réflexion totale aux interfaces entre le cœur et la gaine du guide d'onde.
2. On veut injecter de la lumière dans ce guide. Soit un faisceau arrivant sur la face d'entrée du guide lumineux avec un angle d'incidence i. Donner l'angle de transmission r du faisceau en fonction de i. Quelle condition doit respecter le sinus de l'angle d'incidence maximal pour permettre la réflexion totale dans le guide d'onde ? Cette valeur est appelée ouverture numérique de la fibre.
3. Montrer que l'ON peut s'écrire $ON = \sin i_{max} = \sqrt{{n_c}^2 - {n_g}^2}$
4. Quelle durée prend le trajet de la lumière dans une fibre optique de longueur $L = 3km$? On considère le faisceau incident en incidence normale ($i = 0$).
5. Même question avec l'angle d'incidence maximal i_{max}.
6. Vérifier que la différence entre les deux durées peut s'écrire $\Delta t = \frac{n_c(n_c - n_g)}{n_g}\frac{L}{c}$
7. En entrée de la fibre, on place une diode Laser qui émet des impulsions lumineuses. Ces impulsions correspondent au codage binaire d'une information numérique.
   a. Quelle durée t doit séparer deux impulsions successives pour qu'elles ne se superposent pas à la sortie de la fibre ?
   b. En déduire le débit maximal (en bits par seconde) de cette fibre optique.

Exercice 7 : Gradient d'indice

Dans les zones où le sol est très chaud, la densité de l'air augmente avec l'altitude ainsi que l'indice absolu. En partant d'un certain niveau, on découpe l'atmosphère en couches parallèles d'indices $n_0 > n_1 > n_2$ … Au niveau de départ, un rayon arrive avec l'angle d'incidence i_0.

a) Quelles relations relient entre eux les angles d'incidences successifs i_0, i_1, i_2…
b) Que devient la direction du rayon après un très grand nombre de réfractions.