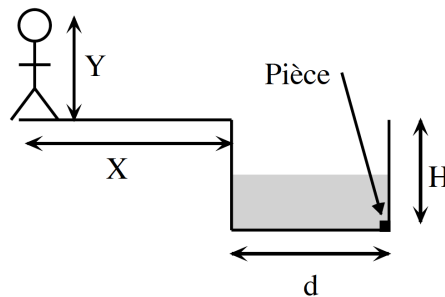


TD n°1 : Réflexion, réfraction

Site web du cours : <http://cpinettes.u-cergy.fr/S2-Optique.html>

Ex. 1 : Un pièce de monnaie qui apparaît

Calculer la hauteur d'eau minimale dans la piscine pour que la personne puisse voir la pièce de monnaie.

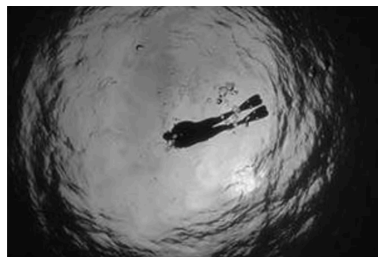


On recommande de ne pas conduire le calcul littéral jusqu'au bout et de faire les A.N. dès que possible.

A.N. : Indice de l'eau : $n = 1.33$; $X = 4$ m ; $Y = 2$ m ; $d = 4$ m ; $H = 2.5$ m.

Ex. 2 : Problème ouvert : Vision d'un plongeur

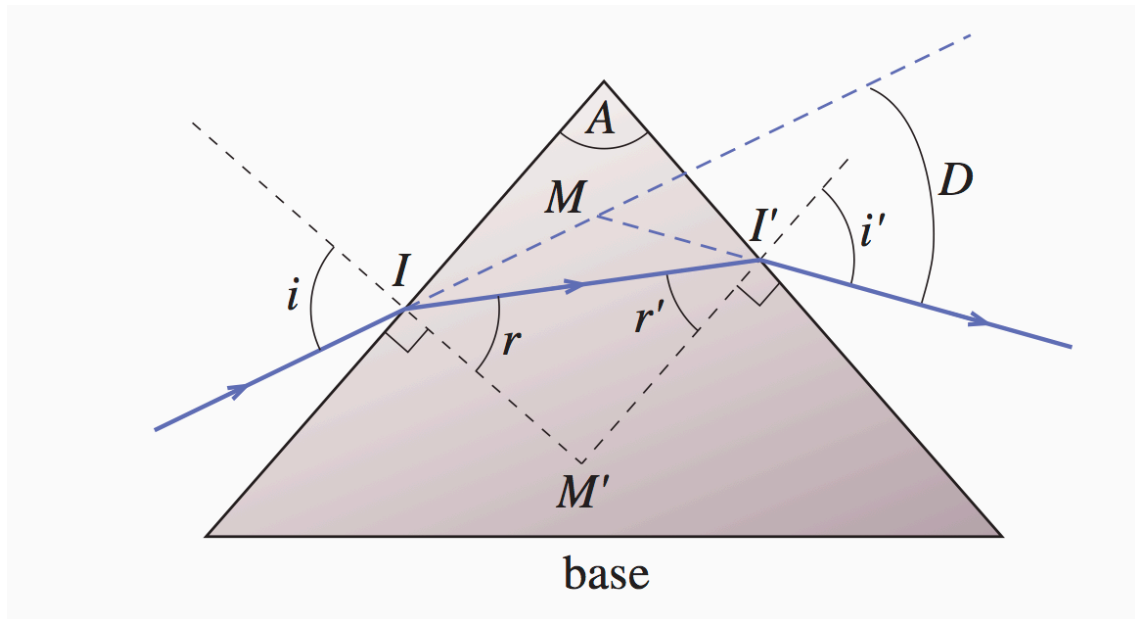
Un plongeur sous-marin a pris cette photo.



1. Expliquer cette photo : pourquoi le plongeur ne voit-il le ciel que dans un disque ? Qu'est-ce que voit le plongeur quand il regarde la zone sombre sur les bords de ce disque ? On représentera pour chaque cas un rayon arrivant sur l'oeil du plongeur.
2. Sachant que le plongeur sur la photo est situé à la surface de l'eau et que l'indice de l'eau vaut $n = 1.33$, estimer la profondeur à laquelle se trouve le photographe.

Ex. 3 : Le prisme

Eclairons un prisme d'indice n et d'angle au sommet A par un faisceau de lumière parallèle monochromatique. On souhaite étudier les variations de l'angle de déviation D en fonction de l'angle d'incidence i .



1. Etablir les 4 relations permettant de déterminer les angles r , r' , i' et D en fonction de l'angle i .
2. Argumentez brièvement sur le fait que le rayon émergent n'existe pas forcément.

Expérimentalement, nous constatons qu'il existe un minimum de déviation D_m pour un unique angle d'incidence i_m .

3. *Question difficile* : justifier sans calcul, à l'aide d'un raisonnement par l'absurde, qu'on a $i_m = i'_m$ au minimum de déviation.
En déduire les expressions du minimum de déviation D_m et de l'angle d'incidence correspondant i_m en fonction de A et n . Faire l'A.N. pour un prisme en verre ($n = 1.5$) d'angle au sommet $A = 60^\circ$.
4. Etablir l'expression qui permet de déterminer l'indice du prisme n à partir de la mesure du minimum de déviation D_m .
5. On utilise maintenant une lumière blanche. Pour un angle incident i fixé, comment varie l'angle de déviation D avec la longueur d'onde ? On rappelle que l'indice de réfraction $n(\lambda)$ est une fonction décroissante de λ .
Tracer schématiquement les rayons émergents rouge et violet pour un même angle d'incidence.

Ex. 4 : L'arc-en-ciel

Un rayon lumineux traversant une goutte d'eau peut être notablement dévié. Ce phénomène, couplé au caractère dispersif de l'eau, peut conduire à un arc en ciel.

Pour simplifier, on assimilera une goutte d'eau à un dioptre sphérique d'indice n . On s'intéresse à un rayon lumineux incident arrivant avec un angle d'incidence i subissant une réfraction d'angle r , puis une réflexion et enfin une réfraction.

1. Faire un schéma de ce rayon lumineux. En déduire des relations entre les différents angles.
2. Exprimer l'angle de déviation totale D du rayon lumineux en fonction de i et r . En déduire l'angle de déviation minimale D_m et l'angle d'incidence correspondant i_m . A.N. pour $n = 1.331$.

Les rayons ayant une incidence i variant assez largement autour de la valeur i_m vont subir une déviation quasiment égale à D_m et il y aura donc accumulation de lumière dans cette direction. Ainsi, parmi toutes les gouttes de pluie, celles qui réalisent la déviation minimale apparaissent brillantes à l'observateur.

3. On tient compte maintenant de la dispersion. Calculer le minimum de déviation pour les deux couleurs extrêmes du spectre de lumière visible, de longueurs d'ondes $0.4 \mu\text{m}$ et $0.8 \mu\text{m}$, sachant que les indices pour ces couleurs valent respectivement : $n_{0.4} = 1.343$ et $n_{0.8} = 1.331$.

Faire un schéma indiquant la position des gouttelettes que l'observateur verra rouges et celles qu'il verra bleues. En déduire la succession des couleurs de l'arc-en-ciel vues par l'observateur.

4. Quelles sont donc les conditions pour voir un arc-en-ciel ?

5. Dans un album de Tintin, Hergé a dessiné cette planche. Où est l'erreur ?



Exercices supplémentaires à faire à la maison

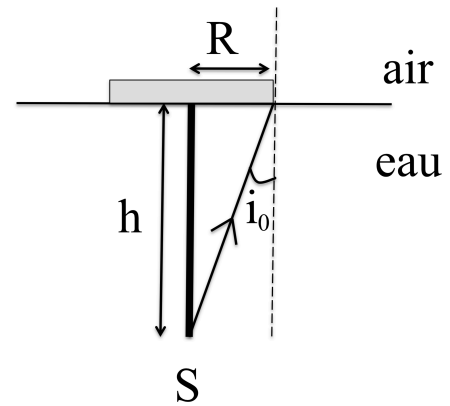
Ex. 5 : Fibre optique à saut d'indice

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'un coeur cylindrique d'indice n_1 entouré d'un manchon cylindrique d'indice n_2 (avec $n_1 > n_2$).

Exprimer, en fonction de n_1 et n_2 , la valeur de l'angle d'incidence maximum i_ℓ pour qu'un rayon lumineux pénétrant dans le coeur de la fibre s'y propage sans pénétrer dans le manchon.

Ex. 6 : Un clou dans l'eau

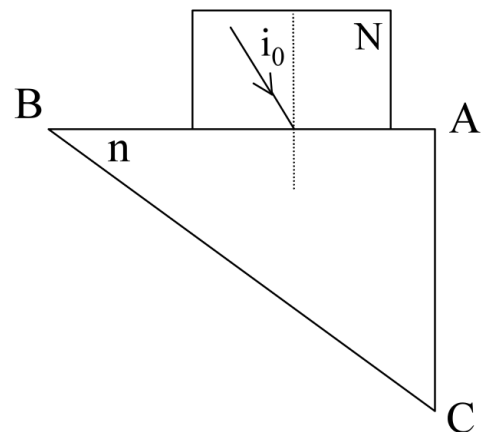
Un disque en liège de rayon R , au centre duquel on a planté un clou, flotte à la surface de l'eau (indice n) comme indiqué sur la figure, le clou étant immergé dans l'eau sur une hauteur h .



1. Etablir la condition sur l'angle d'incidence i_0 pour que le rayon issu de l'extrémité S du clou et rasant les bords du disque en liège (voir figure) émerge dans l'air. En déduire une condition sur la hauteur h du clou en fonction de n et R pour que ce rayon émerge dans l'air.
2. Expliquer pourquoi le clou n'est pas visible pour un observateur dans l'air si cette condition n'est pas vérifiée.

Ex. 7 : Le réfractomètre d'Abbe

Pour mesurer l'indice N d'un matériau, on pose un bloc de ce matériau sur un prisme ABC , rectangle en A et d'indice n . On envoie un rayon avec un angle incident i_0 sur la face AB du prisme en contact avec le bloc. Le rayon émerge du prisme par la face AC en faisant un angle i_3 avec la normale à cette face.



1. Tracer la marche de ce rayon dans le cas $N > n$.
2. Etablir l'expression de l'indice N en fonction de i_0 , i_3 et n pour ce rayon émergent.
3. Dans le cas $N < n$, établir la condition sur i_0 pour que le rayon émerge du prisme par la face AC .
4. Dans le cas $N > n$, établir les conditions sur i_0 pour que le rayon émerge du prisme par la face AC .
5. On suppose $i_0 = 90^\circ$. Comparer N et n pour que ce rayon émerge du prisme par la face AC . Etablir l'intervalle des valeurs de N pouvant être mesurées avec ce réfractomètre.