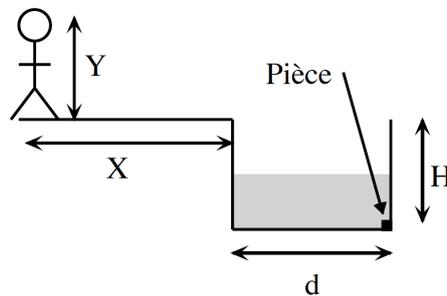


## TD n°1 : Réflexion, réfraction

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.

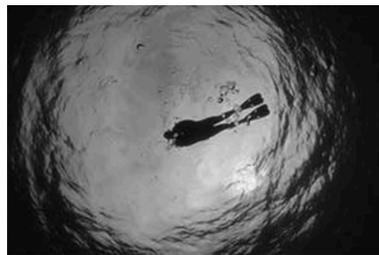


*On recommande de ne pas conduire le calcul littéral jusqu'au bout et de faire les A.N. dès que possible.*

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

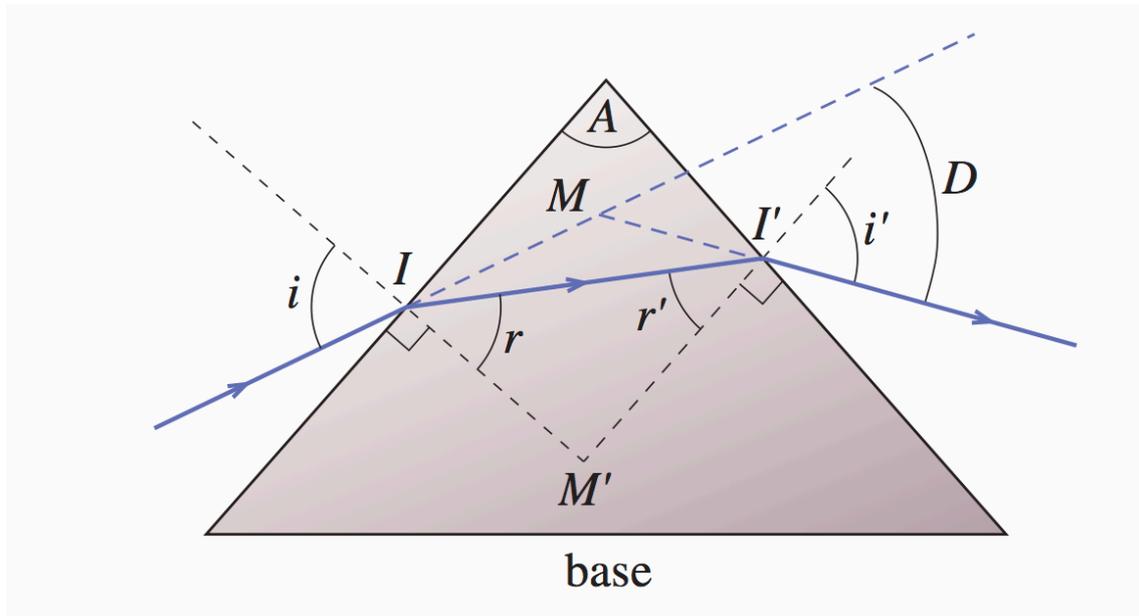
Un plongeur sous-marin a pris cette photo.



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  $\lambda$ .  
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

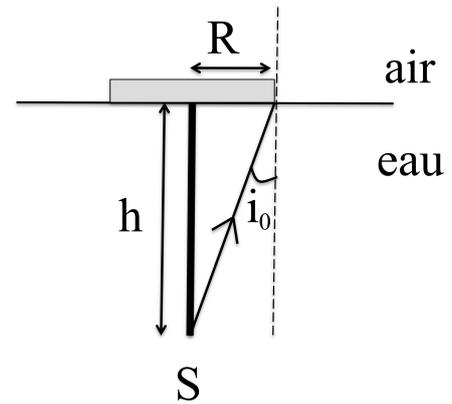
### Ex. 5 : Fibre optique à saut d'indice

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'un cœur 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  $i_\ell$  pour qu'un rayon lumineux pénétrant dans le cœur de la fibre s'y propage sans pénétrer dans le manchon.

### Ex. 6 : Un clou dans l'eau

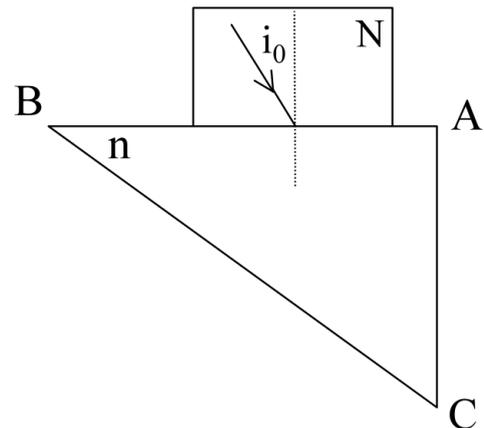
Un disque en liège de rayon  $R$ , au centre duquel on a planté un clou, flotte à la surface de l'eau (indice  $n$ ) comme indiqué sur la figure, le clou étant immergé dans l'eau sur une hauteur  $h$ .



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.