

Correction du devoir surveillé n° 1

Autour de l'eau...

A Indice de réfraction de l'eau

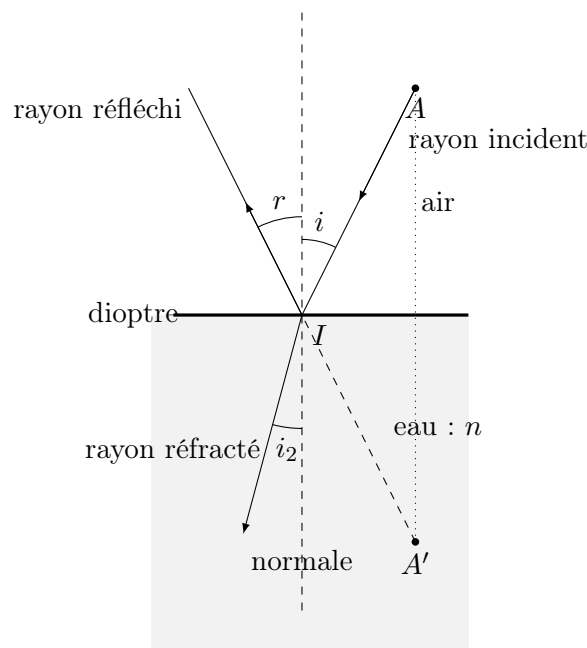
A.1 L'indice de réfraction d'un milieu est le rapport entre la célérité de la lumière dans le vide et la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu : $n = \frac{c}{v}$.

A.2 L'eau est un milieu dispersif. L'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde.

A.3 On considère un dioptre plan horizontal séparant de l'air (d'indice assimilable à celui du vide) au-dessus et de l'eau (d'indice n) au-dessous.

Lorsqu'un rayon incident arrive sur un dioptre, une partie de ce rayon est réfléchi et l'autre est réfracté (dans le cas général). Les directions des rayons réfléchis et réfractés sont donnés par les lois de Snell-Descartes :

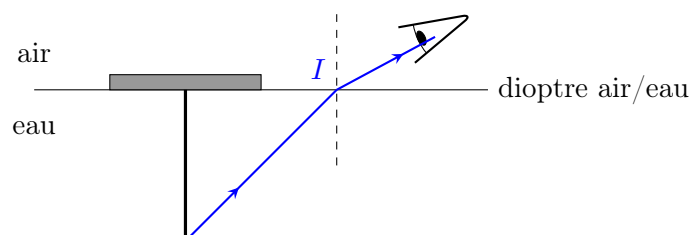
- Les rayons réfléchis et réfractés appartiennent au plan d'incidence.
- L'angle réfléchi r est égal à l'angle d'incidence ($r = i$)
- Le rayon réfracté fait un angle i_2 par rapport à la normale tel que $\sin i = n \sin i_2$. Dans le cas du dioptre air-eau $i_2 < i$ puisque $n > 1$ et la fonction $\sin$ est croissante.



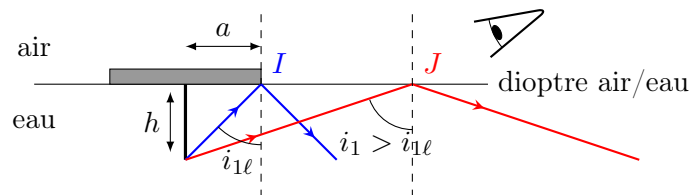
B Une première estimation de l'indice

B.1 La lumière se propage de l'épingle vers l'observateur en passant d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent. Le rayon réfracté s'éloigne de la normale et risque de se réfléchir totalement si h est trop petit puisque l'angle peut devenir supérieur à l'angle limite de réflexion totale $i_{1\ell}$ défini tel que $\sin i_{1\ell} = \frac{1}{n}$.

épingle visible :



épiingle invisible :

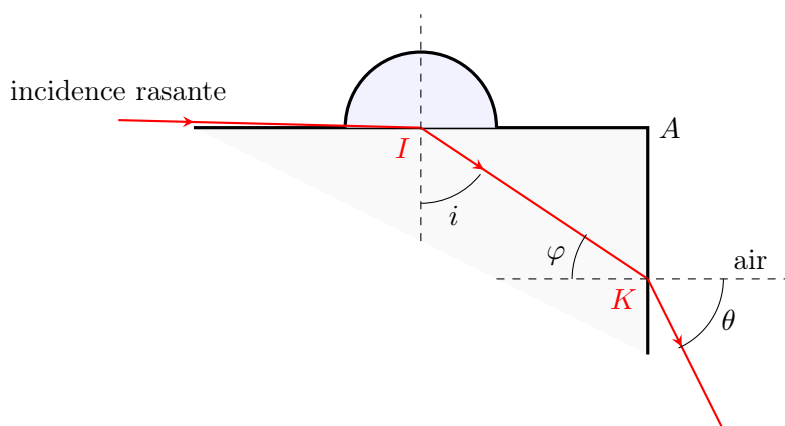


B.2 Dans le cas limite $\sin i_{1\ell} = \frac{1}{n} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + h_0^2}}$ soit $n = \sqrt{1 + \left(\frac{h_0}{a}\right)^2}$. L'application numérique donne $n = 1,3$ ce qui correspond bien à l'indice de réfraction de l'eau.

C Utilisation d'un réfractomètre de Pulfrich

C.1 La source lumineuse utilisée ne possède qu'une longueur d'onde dans le spectre d'émission. C'est par exemple le cas d'un laser.

C.2 Le rayon incident passe de l'eau au verre soit d'un milieu moins réfringent vers un milieu plus réfringent : le rayon réfracté se rapproche de la normale. En suite ce rayon atteint le dioptrite verre-air, passe d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent et va s'écarter de la normale.



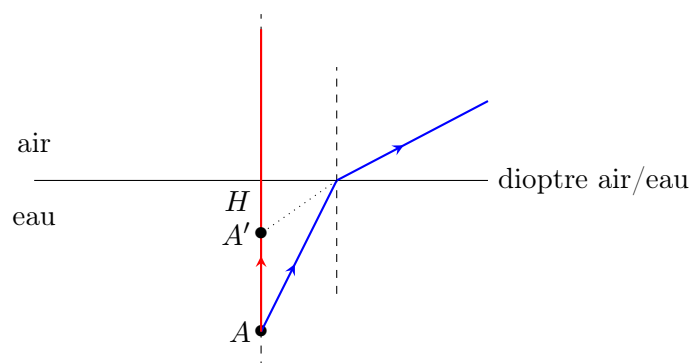
C.3 Au point I la loi de Snell-Descartes s'écrit : $n = N \sin i$. Au point K : $N \sin \varphi = \sin \theta$ et en appelant A l'angle droit du prisme, dans le triangle AIK , on a $i = \frac{\pi}{2} - \varphi$. On a ainsi 3 équations et on souhaite déterminer n en fonction de N et θ . On a ainsi $n = N \cos \varphi = N \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} = N \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{N^2}}$, soit $n = \sqrt{N^2 - \sin^2 \theta} = 1,333$

C.4 Pour éviter un réflexion totale au niveau du dioptrite verre-air, la relation de la question précédente conduit à : $n > \sqrt{N^2 - 1}$ soit $n > 1,281$ (Pour que le rayon entre dans le verre l'indice du verre N doit être inférieur à n soit $\sqrt{N^2 - 1} < n < N$).

D Effet loupe de l'eau ?

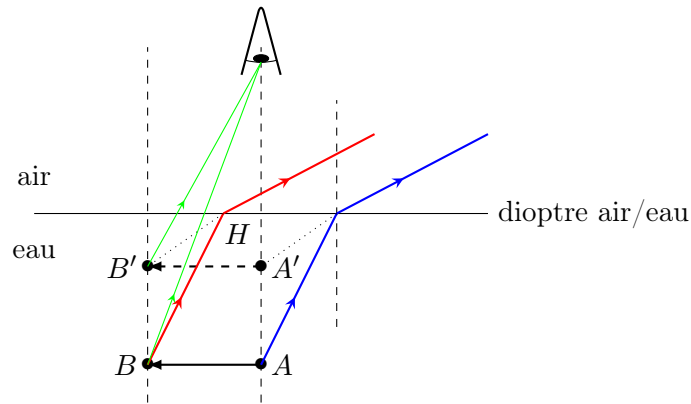
D.1 Un système est stigmatique si l'image d'un point est un point et aplanétique si l'image d'un objet AB transverse est également transverse.

D.2 La lumière passe d'un milieu plus réfringent (l'eau) vers un milieu moins réfringent (l'air), le rayon s'écarter alors de la normale. Le rayon qui passe par A et H n'est pas dévié. L'intersection de ses deux rayons donne A' .



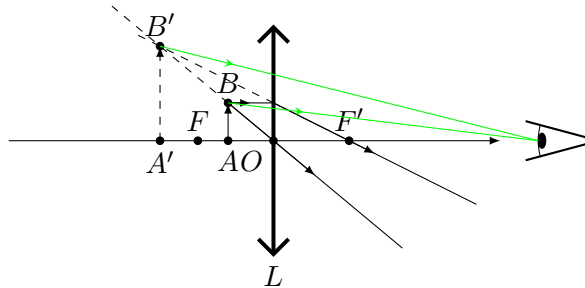
D.3 Pour obtenir un stigmatisme et un aplanétisme approché, les rayons doivent être peu inclinés et peu écartés par rapport à l'axe optique. Ces conditions se nomment les conditions de Gauss.

D.4 Un même angle incident issu de B donnera le même angle émergent que pour le rayon émergent issu de A . Une autre approche est d'utiliser l'aplanétisme et le rayon qui arrive selon la normale.



D.5 On utilisant le raisonnement précédent des angles émergents, le grandissement est égale 1. Malgré ce grandissement unitaire, l'image paraîtra plus grande à l'observateur parce que l'image est plus proche. L'angle sous lequel est vu l'image est donc plus grand pour l'observateur.

D.6 La lentille conjugué un objet réel en image virtuelle.



D.7 D'après le théorème de Thalès dans les triangles OAB et $OA'B'$, $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$. Le grandissement transversal est supérieur à 1 l'image est agrandie et droite.

D.8 Dans le cas de la loupe l'angle sous lequel est vue l'image sera vu plus grand. On a donc comportement similaire que le dioptré plan. On peut ainsi parler d'effet loupe du dioptré plan.

E Les forces de l'eau...

E.1 D'après la deuxième loi de Newton une force à la dimension du produit d'une masse et d'une accélération : $[F] = MLT^{-2}$.

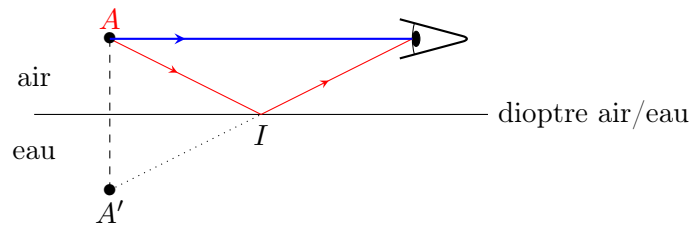
E.2 On s'intéresse à la dimension du terme de droite : $[\frac{4}{3}\pi R\rho g] = LML^{-3}LT^{-2} = ML^{-1}T^{-2}$ ce qui n'est pas homogène à une force.

E.3 Pour obtenir une expression homogène, il manque une surface dans le terme de droite. Cela ne peut s'obtenir qu'en modifiant la puissance associée au rayon de la bille : $\vec{F}_p = -\frac{4}{3}\pi R^3\rho g\vec{u}_z$ (la poussée d'Archimède est l'opposé du poids du volume déplacé par la bille).

E.4 Le terme de gauche est toujours une force $[F_v] = MLT^{-2}$ et $[Rv] = L^2T^{-1}$. Pour obtenir une expression homogène $[\eta] = ML^{-1}T^{-1}$. Le coefficient de viscosité dynamique s'exprime alors en $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1}$ (pascal seconde ou poiseuille).

F L'eau, un miroir ?

F.1 Un point objet peut être observé directement sur le capteur de l'appareil photo tout comme son image par l'eau qui joue le rôle de miroir.



F.2 Le miroir plan est un système rigoureusement stigmatique et aplanétique. Par construction $A'B' = AB$ (symétrie orthogonale).

F.3 Lorsque le soleil se lève ou se couche, il éclaire avec une incidence rasante ce qui permet de voir davantage les rayons réfléchis pour un observateur à proximité de l'eau.