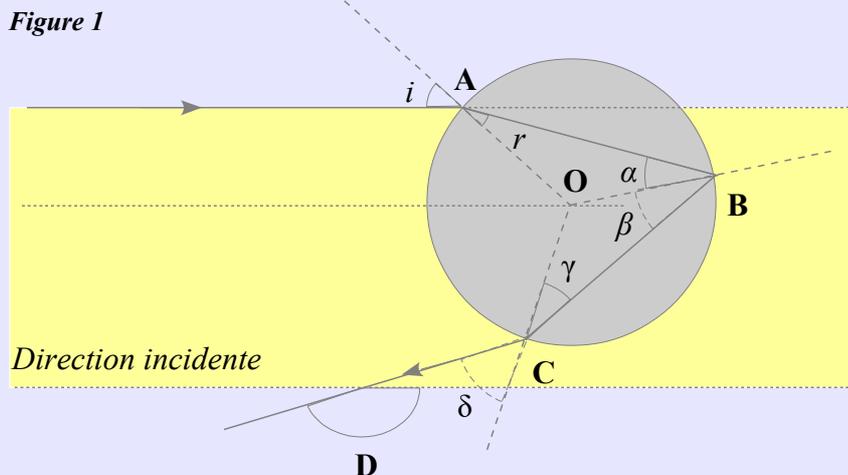


Couleurs de l'arc en ciel

La lumière provenant du soleil est supposée contenir toutes les longueurs d'onde du visible. Dans l'atmosphère, la lumière solaire rencontre des gouttes d'eau supposées sphériques, de rayon R .

Les angles sont définis positifs dans toute cette partie.



II.1. A quelle condition sur les rayons R des gouttes d'eau est-il légitime de négliger le phénomène de diffraction ? Cette condition est-elle vérifiée en pratique ?

II.2. A partir des données, calculer l'angle maximal que font entre eux deux rayons provenant du soleil et arrivant en un point donné. En déduire qu'il est raisonnable de considérer les rayons provenant du soleil comme parallèles. Quel est l'ordre de grandeur de la résolution angulaire de l'œil ? Quelle conséquence cela a-t-il sur notre façon de percevoir le soleil ?

II.3. Une goutte d'eau de centre O est atteinte par un faisceau parallèle de lumière solaire sous des incidences i variant de 0 à 90° . Sur la *figure 1* est représenté un rayon particulier. L'eau est considérée comme un milieu transparent d'indice n .

II.3.a. Au point A où le rayon considéré rencontre la goutte d'eau, y-a-t-il réflexion **et** réfraction ou seulement réfraction ? Justifier. Exprimer l'angle r de réfraction en fonction de l'angle d'incidence i et de l'indice n .

II.3.b. Exprimer les angles α et β en fonction de r et/ou i . En B , y-a-t-il réflexion totale ou réflexion **et** réfraction ? Justifier.

II.3.c. En C , expliquer pourquoi le rayon peut ressortir de la goutte. Exprimer les angles γ et δ en fonction de r et/ou i .

II.3.d. Est-ce légitime de considérer que toutes les réflexions et réfractions représentées sur la figure ci-dessus se font dans un même plan ? Justifier

II.3.e. On appelle déviation D l'angle entre le rayon incident en A et le rayon émergent en C .

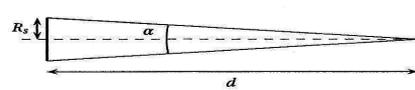
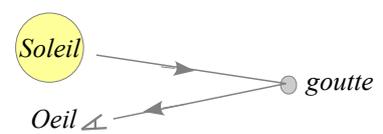
Montrer que $D = 2(i - 2r) + \pi$.

II.3.f. En pratique, la lumière repart principalement dans la direction $D(i_0)$, telle que $\sin i_0 = \sqrt{\frac{4-n^2}{3}}$. Or l'eau est un milieu dispersif. Calculer i_0 (en degrés) pour le bleu et pour le rouge. En déduire la déviation principale pour le bleu et pour le rouge.

II.3.g. Pour observer l'arc-en-ciel, faut-il se placer dos ou face au soleil ? Faire obligatoirement un schéma.

II.3.h. Le rouge est-il à l'intérieur ou à l'extérieur de l'arc ? Faire obligatoirement un schéma.

Solution

1	La diffraction peut être négligée si <u>la dimension caractéristique</u> de la goutte est nettement <u>supérieure aux longueurs d'onde</u> intervenant. Cette condition est vérifiée en pratique, puisque le diamètre d'une goutte est de l'ordre du mm, tandis que les longueurs d'onde du visible sont inférieures à 1μ
2	<p>Le schéma ci-contre permet de mettre en évidence l'angle recherché : $\tan \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2} = \frac{R_s}{d}$. Soit :</p> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block; margin: 10px;"> $\alpha = \frac{2R_s}{d} = \frac{2 \times 7.10^5}{1.5.10^8} = 9,3.10^{-3} \text{ rad}$ </div>  <p>Cette ouverture angulaire étant très faible, on pourra considérer les rayons provenant du Soleil comme parallèles. Notons que l'œil a une résolution angulaire de l'ordre de 3.10^{-4} rad, ce qui lui permet de distinguer ces différents rayons provenant du Soleil et donc de ne pas voir ce dernier comme un point.</p>
3a	Le rayon passe d'un milieu moins réfringent à un milieu plus réfringent. Il y a réfraction. Le dioptré a un pouvoir réfléchissant, Il y a donc aussi réflexion (<i>dont on ne tient pas compte dans le sujet</i>). D'après la 2ème loi de Snell et Descartes : $\sin i = n \sin r$
3b	Le triangle (OAB) est isocèle, donc $r = \alpha$. Au point B, d'après la loi du retour inverse de la lumière il y a réflexion (<i>dont on ne tient pas compte dans le sujet</i>) mais aussi réflexion du au pouvoir réfléchissant du dioptré ainsi : $\alpha = \beta$.
3c	Le triangle (OBC) est isocèle, donc $\beta = \gamma$. En C la goutte peut sortir d'après le principe du retour inverse de la lumière ainsi $\delta = i$.
3d	D'après les lois de Snell et Descartes le rayon réfracté AB est dans le plan d'incidence formé par le rayon incident et OA. BC est dans le plan formé par OB et AB or OB est dans le plan OAB donc BC est dans le plan d'incidence. De même on en déduit que le rayon CD est dans le plan d'incidence. La figure est plane.
3e	<u>Au passage en A</u> : Le rayon est dévié de $i - r$. <u>Au passage en B</u> : Il est dévié de $\pi - 2r$. <u>Au passage en C</u> : Il est dévié de $= i - r$. On en déduit que $D = 2(i - 2r) + \pi$.
3f	Pour le bleu on obtient : $i_{0B} = 59,2^\circ$, $r_{0B} = 40,0^\circ$, $D_B = 138,5^\circ$ Pour le rouge on obtient : $i_{0R} = 59,5^\circ$, $r_{0R} = 40,4^\circ$, $D_R = 137,6^\circ$
3g	Pour que l'œil reçoive les rayons déviés selon D_0 , il faut que l'observateur soit dos au Soleil. 
3h	$D_R < D_B$. Le rouge est à l'extérieur de l'arc en ciel. Rem : le point de sortie n'est pas exactement le même pour les 2 rayons contrairement au schéma simplifié ci-contre. 