http://ww2.ac-poitiers.fr/sc_phys/spip.php?article266 - Auteur : Collectif - Académie de Poitiers

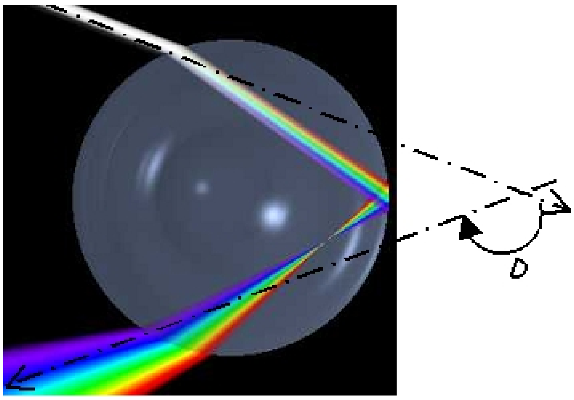
Un système dispersif, le prisme : L’écharpe d’Iris.

publié le 30/12/2008 - mis à jour le 07/06/2018

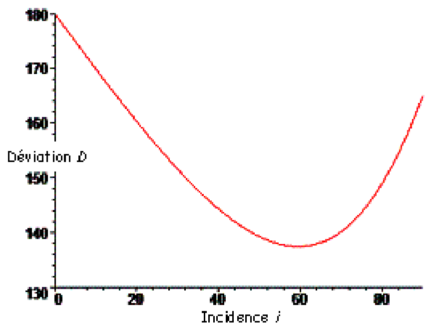
Descriptif :

Dispersion de la lumière blanche par un prisme, variation de l’indice d’un milieu transparent selon la radiation qui le traverse : L’écharpe d’Iris.

L’arc-en-ciel — pour les poètes, l’écharpe d’Iris — résulte d’un phénomène de dispersion de la lumière dans une population de gouttes d’eau. Il faut pour cela que la source lumineuse soit derrière l’observateur regardant le rideau de gouttes. Si i est l’angle d’incidence sous lequel un rayon blanc pénètre dans une goutte, la déviation du rayon émergent — angle entre la direction d’incidence et la direction d’émergence — est égale à $D=\pi-2(2r-i)$ où r est l’angle de réfraction dans la goutte — $\sin(i)=n\sin(r)$.
Si l’on trace D en fonction de i — cf. graphe ci-dessous —, on constate que cette déviation passe par un minimum de 138°-140° pour un angle d’incidence d’environ 60°. L’angle entre le rayon incident et le rayon émergent est alors de 40-42°.



Réfraction de la lumière blanche dans une goutte d’eau sphérique.



Déviation en fonction de l’angle d’incidence.

Précisons ce résultat, en différentiant la déviation, il vient pour une longueur d’onde donnée — ce qui fixe n :

$$dD=2(2dr-di)avec cos(i)di=n cos(r)dr$$

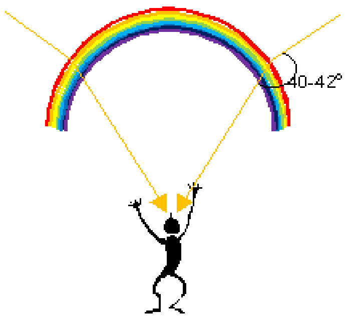
Il y a minimum de D quand sa différentielle est nulle, donc quand :

$$di = 2dr = 2\frac{\cos(i_m)}{n\cos(r_m)}di \Rightarrow 2\cos(i_m) = n\cos(r_m)$$

Soit en élevant au carré et en utilisant la loi de Snell-Descartes :

$$\sin(i_m) = 4 - n^2 3 = n\sin(r_m)$$

En prenant un indice de l'eau moyen de 1,335, on trouve ainsi $i_m = 59{,}3^o et r_m = 40^o, soit D_m = 138{,}6^o$.
Or, qui dit minimum de déviation dit que cette déviation dépend alors peu de l'angle d'incidence autour de ce minimum : il en résulte une concentration des rayons émergents autour de la direction de déviation minimum et donc un maximum d'intensité lumineuse dans cette direction. C'est pourquoi l'observateur voit l'arc-en-ciel sous un angle d'environ 42°.



Comme l'indice de l'eau dépend de la longueur d'onde — à 20°C, il vaut 1,329 dans le rouge et 1,341 dans le violet —, la déviation minimum dépend donc aussi de la longueur d'onde — le rouge est vu sous l'angle de 42,24° et le violet sous l'angle de 40,92° : ainsi, l'arc est bordé de rouge supérieurement et souligné de violet inférieurement.
Si le Soleil est à plus de 42° au dessus de l'horizon, l'arc-en-ciel est invisible en plaine — pas d'arc-en-ciel à midi — mais peut être vu si l'on est en altitude. En plaine, l'arc-en-ciel a son extension maximum quand le Soleil est juste au dessus de l'horizon.
La lumière dans les gouttes subit une deuxième, voire une troisième réflexion partielle. Ainsi est-il possible d'observer un second arc, inversé par rapport au premier quant aux couleurs et beaucoup moins intense.
Dans de très rares occasions, un troisième arc peut être observable dans la direction du Soleil.
Enfin, notons que les gouttes doivent être assez grosses — de diamètre supérieur à 1 mm — pour que les préceptes de l'optique géométrique y soient applicables. Avec une brume ou dans les nuages, il n'y a pas d'arc-en-ciel à attendre : seul un halo blanchâtre sera observable. Un brumisateur est donc à éviter pour générer un arc-en-ciel.
On peut utiliser le site de l'Université du Mans pour de bonnes simulations sur l'arc-en-ciel. _ Pour une étude mathématique et physique fouillée sur l'arc-en-ciel, voir les sites ci-dessous.

Pour en savoir plus, en n'oubliant pas de croiser les informations proposées, ce qui est particulièrement nécessaire ici,
sur le site pagesperso-orange.fr
et sur le site planet-terre.ens-lyon.fr