



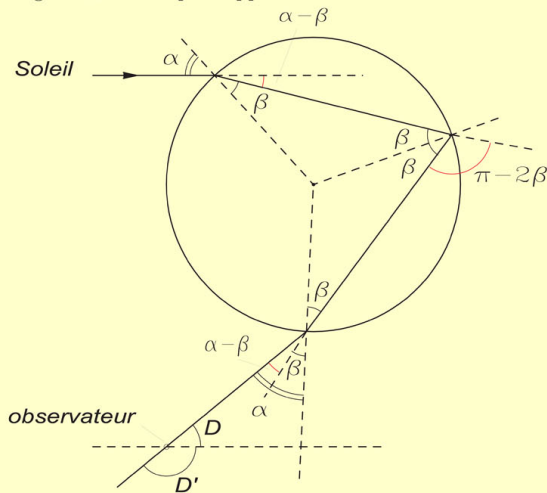
L'Arc-en-ciel

Alexandre LEONARD, Pol SCHOLTES

Département de Physique

L'angle de 42° degrés

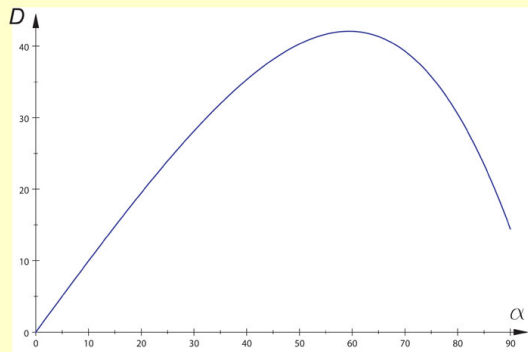
Un bon observateur peut remarquer que l'arc-en-ciel se voit toujours sous un angle D_M de 42° par rapport à l'axe soleil-observateur. Pourquoi ?



On peut montrer, sur base d'un raisonnement géométrique, que l'angle de déviation D en fonction de l'angle d'incidence α est donné par :

$$D = 4 \arcsin(\sin(\alpha) / n) - 2\alpha$$

La courbe ci-dessous représente $D(\alpha)$.



On voit sur ce graphique que le module de la pente (la dérivée de D par rapport à α) de la courbe diminue jusqu'à devenir nulle en $D(\alpha_M) = D_M$, puis augmente. Il y a donc un angle, α_M , autour duquel la valeur de la pente change très lentement, c'est-à-dire que la direction des rayons émergeant de la goutte varie peu lorsque l'angle d'incidence est proche de α_M . Il y aura donc un maximum de concentration des rayons dans cette direction bien précise, et donc un maximum d'intensité dans cette direction, correspondant à l'arc-en-ciel. On peut trouver sa valeur par un simple calcul d'annulation de la dérivée et on trouve :

$$\alpha_M = \arcsin\sqrt{\frac{4 - n^2}{3}}$$

et donc

$$D_M = 4 \arcsin\sqrt{\frac{4 - n^2}{3n^2}} - 2 \arcsin\sqrt{\frac{4 - n^2}{3}}$$

En injectant la valeur de l'indice de réfraction de l'eau, $n = 1.333$, on trouve $D_M = 42^\circ$.

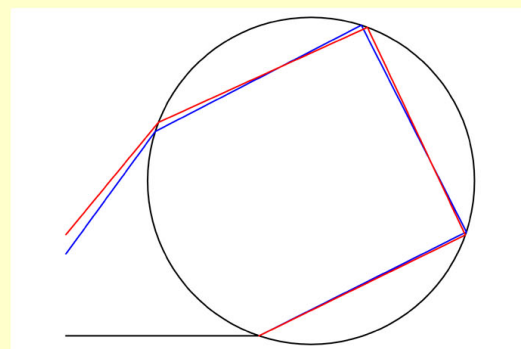
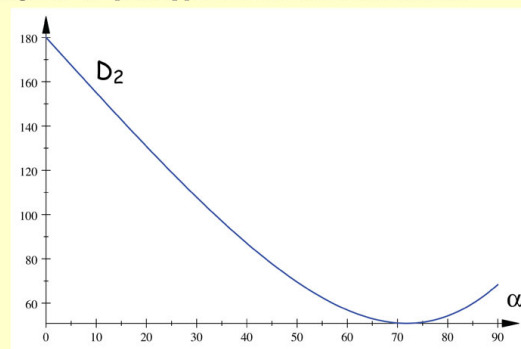
Les couleurs de l'arc-en-ciel

Nous venons d'expliquer pourquoi l'arc se voyait sous un angle de 42°, mais cela n'explique pas pourquoi on voit différentes couleurs. L'explication est simple. L'indice de réfraction de l'eau dépend en réalité de la couleur. En injectant dans la dernière formule ci-dessus donnant D_M la valeur de l'indice de réfraction correspondant à chaque couleur, on obtient des valeurs différentes pour des couleurs différentes.

Couleur	$\lambda(nm)$	$\omega(.10^6GHz)$	n_{eau}	D_M
violet	400	4.71	1.34451	40.43°
bleu	450	4.19	1.34055	40.99°
turquoise	500	3.77	1.33772	41.39°
vert	550	3.42	1.33560	41.70°
orange	600	3.14	1.33393	41.94°
rouge	650	2.90	1.33257	42.14°
rouge	700	2.70	1.33141	42.31°

Plusieurs arcs

Il arrive de temps en temps qu'un deuxième arc-en-ciel apparaisse au dessus du premier. Les rayons à l'intérieur de la goutte peuvent subir une deuxième réflexion interne et seulement après, sortir de la goutte pour arriver à notre oeil. Là encore, on peut faire les calculs pour déterminer sous quel angle il y aura un maximum d'intensité. On trouve que le deuxième arc-en-ciel, appelé arc secondaire, sera visible sous un angle de 52° par rapport à l'axe soleil-observateur.



Mais les rayons à l'intérieur peuvent encore subir des réflexions internes, et on devrait alors voir toute une série d'arc-en-ciel au-dessus de l'arc primaire! Pourquoi ne les voit-on pas? Théoriquement ils sont là, mais leur intensité est tellement faible qu'on ne peut plus les distinguer dans le ciel.

