

Comment expliquer les arcs en ciel ?

15/06/2001

Auteur(s) :

Vincent Daniel

Laboratoire de Météorologie Dynamique de l'ENS de Paris

Stéphane Peysson

Laboratoire de Physique. École normale supérieure de Lyon

Publié par :

Benoît Urgelli

Résumé

Formation des arcs en ciel et diffraction de la lumière au niveau d'une goutte d'eau.

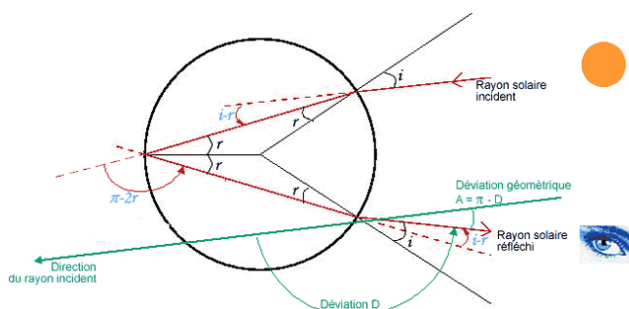
Table des matières

- [Pourquoi un arc en ciel ?](#)
- [La forme de l'arc en ciel](#)

Pourquoi un arc en ciel ?

L'arc en ciel est un phénomène de dispersion de lumière sur un mur d'eau. Quand on étudie l'interaction de la lumière avec des particules cibles dont la taille est très grande devant la longueur d'onde de la lumière incidente, on peut appliquer les lois de l'optique géométrique.

Comme pour le prisme, la formation d'un arc en ciel est fortement liée à la géométrie de l'élément dispersif, ici la goutte d'eau. Puisque la taille des gouttes d'eau est très grande devant la longueur d'onde de la lumière, on peut appliquer les règles de l'optique géométrique à une goutte d'eau sphérique d'indice n égal à environ 1,33. On obtient les trajectoires des rayons lumineux comme sur la figure. Le rayon rentre dans la goutte, est réfléchi à l'intérieur (seule une faible proportion est réfléchi, le rayon transmis ne donne lieu à aucun phénomène particulier), puis ressort.



L'addition des angles en bleu sur la figure donne la valeur de la déviation du rayon réfléchi par rapport au rayon solaire incident. On a $D = \pi + 2i - 4r$, où i et r sont reliés par la loi de Descartes $\sin i = n \cdot \sin r$. Il dépend donc de l'angle d'attaque du rayon, qui varie le long de la goutte. Si l'on ne travaille pas avec des angles orientés, la déviation est donnée par l'angle $A = \pi - D$.

Puisque l'angle i varie entre $-\pi/2$ et $\pi/2$, les rayons sont à priori réfléchis dans toutes les directions, mais en fait il existe un point d'accumulation de cette déviation. La figure donnant l'expression de A en fonction de l'angle i montre bien qu'il existe une grande plage de valeurs de i pour lequel A est à peu près constant. Il s'agit bien sûr du maximum de la fonction.

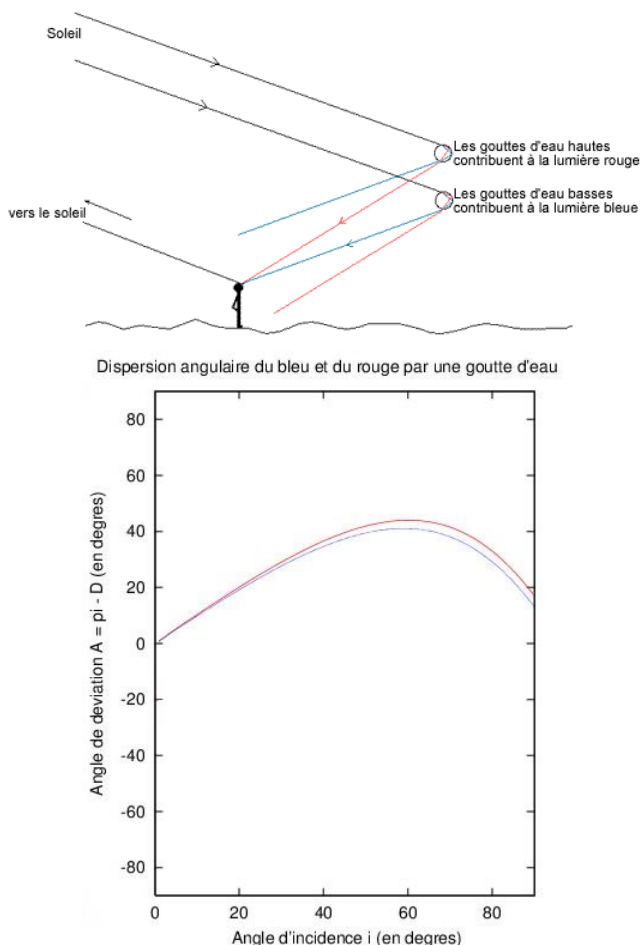
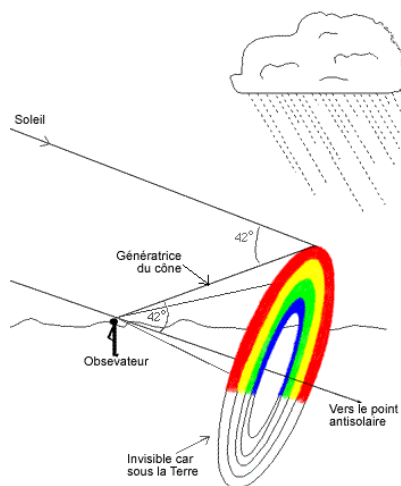


Figure 1. Dispersion angulaire du bleu et du rouge par une goutte d'eau.

C'est le même phénomène qui se produit dans les sillons des vagues après le passage d'un bateau. La réflexion va donc se faire majoritairement avec cet angle là, d'où la possibilité de voir un arc-en-ciel. Néanmoins, il n'est pas blanc comme la lumière du soleil. Cela vient du fait que le point d'accumulation de la déviation dépend de l'indice de l'eau (n), qui lui-même dépend de la longueur d'onde (la couleur) du rayon lumineux. Les rouges seront les plus déviés (voir figure précédente), donc ils apparaissent à l'extérieur de l'arc en ciel. Les rayons bleus sont déviés d'un angle $A = 40,6^\circ$ et les rayons rouge d'un angle $A = 42,0^\circ$.

La forme de l'arc en ciel

On appelle point antisolaire le point situé à l'infini (dans la direction opposée au soleil) sur la droite passant par les yeux de l'observateur et parallèle aux rayons solaires. L'arc en ciel est l'intersection entre le plan vertical constitué par le mur d'eau et un cône de sommet les yeux de l'observateur et de génératrice le segment faisant un angle de 42° avec la droite passant par les yeux de l'observateur et le point antisolaire.



Remarque : plusieurs réflexions sont possibles dans la goutte, donnant lieu au phénomène de double arc en ciel, que l'on peut observer si les conditions sont bonnes. L'arc secondaire est moins lumineux et la génératrice de son cône fait un angle de 51° avec la droite passant par les yeux de l'observateur et le point antisolaire. On note que l'ordre des couleurs est inversé par rapport à l'arc en ciel primaire. Enfin la bande comprise entre les arcs primaires et secondaires s'appellent la bande sombre d'Alexandre.