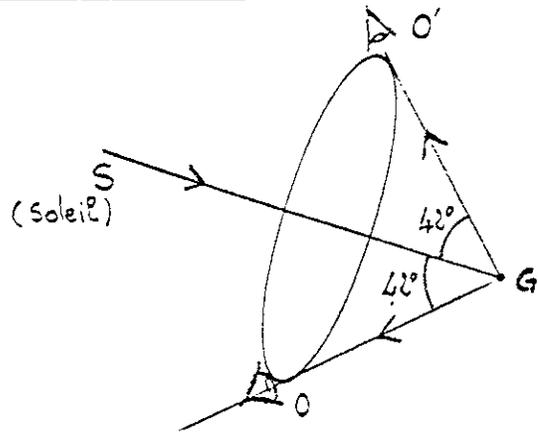
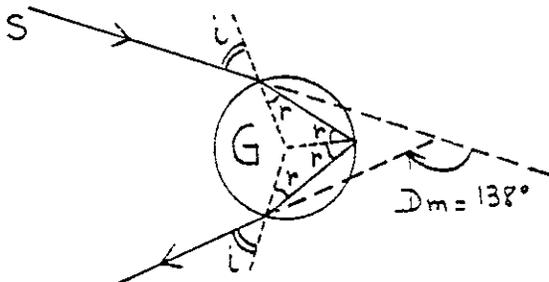


REPONSE A UNE QUESTION SUR L'ARC EN CIEL

1/ Rappel de quelques notions.



Il y a déviation minimale (pour le rouge $D_m = 138^\circ$), donc accumulation de lumière. La goutte G paraît rouge pour l'observateur O. Le raisonnement est valable pour tout plan passant par SG, donc infinité de plans. (Le plan de figure est parmi ces plans celui qui contient le centre optique de l'œil de l'observateur.)

Donc chaque goutte envoie des rayons répartis sur un cône de révolution d'axe SG et de demi angle au sommet $\alpha = 180 - D_m = 42^\circ$ pour le rouge.

L'observateur placé en O observera ces rayons rouges sur toutes les gouttes situées sur un cône de révolution d'axe S'OS'' et de demi-angle d'ouverture 42° .

Donc l'observateur verra un arc de cercle rouge de rayon 42° dans la partie du ciel opposée au Soleil. L'arc est centré sur une ligne joignant S à l'observateur et ne sera visible que si la hauteur β du Soleil au-dessus de l'horizon est inférieure à $\alpha = 42^\circ$.

(Agnès Acker, CC n°1 ; Daniel Bernard, CC n° 3)

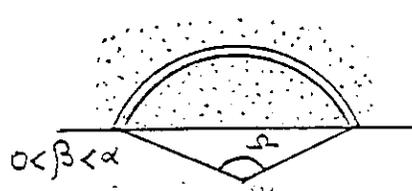
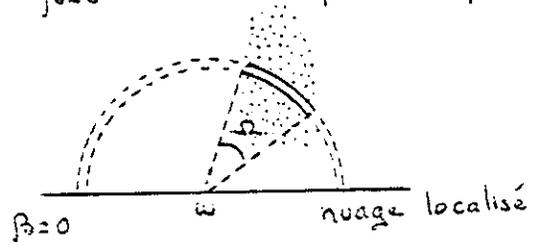
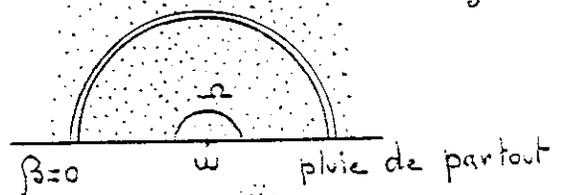
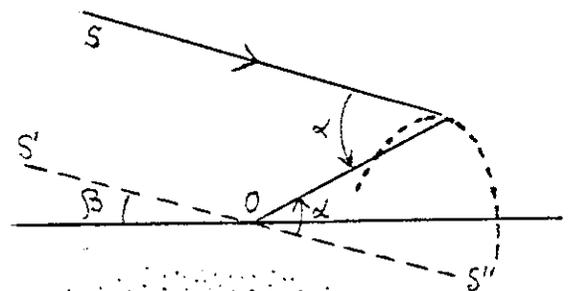
Cet arc n'est visible ni de biais, ni de profil, il apparaît toujours circulaire et de même diamètre apparent. Il n'y a pas de petits, ni de grands arcs en ciel, c'est à dire de petits ou de grands rayons angulaires.

Par contre, l'étendue de l'arc mesurée par son angle au centre ω est liée à la présence ou l'absence de gouttes de pluie. On voit que cet angle est lié à β hauteur du Soleil.

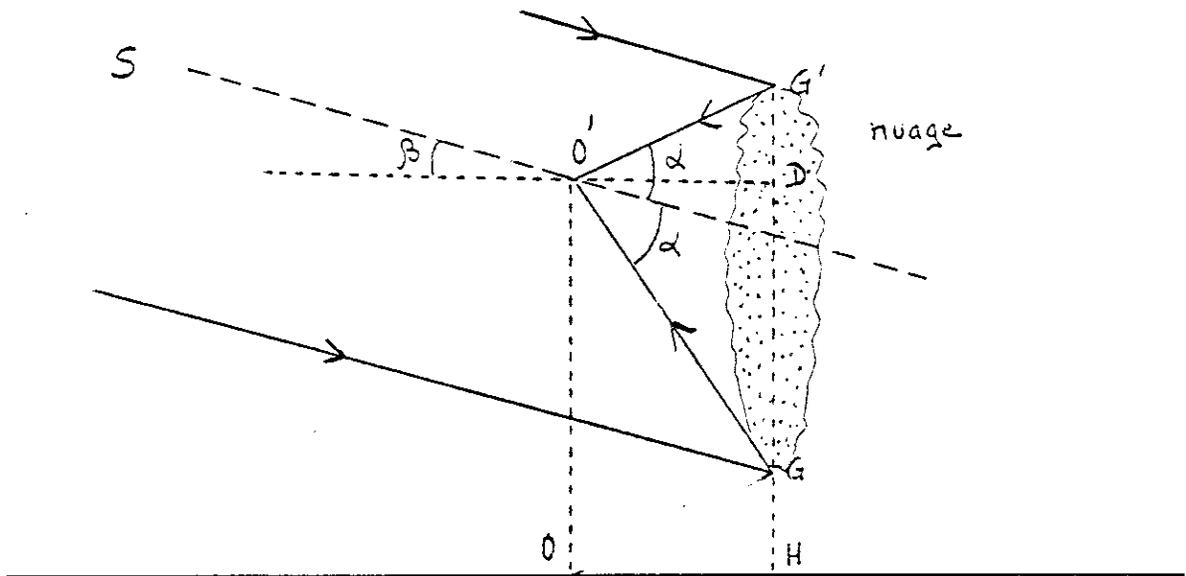
Enfin son intensité lumineuse en chaque point croît avec la densité de gouttes en ce point.

Le point culminant de l'arc a pour hauteur $\alpha - \beta$. Si β tend vers zéro (coucher du Soleil) l'arc tend vers la demi-circonférence qui est un maximum; par contre si le Soleil est trop haut $\beta \geq \alpha$ pas d'arc possible.

En résumé: ciel d'orage à l'Est, nimbus avec pluie violente et dense; Soleil qui brille à l'Ouest, pas trop haut sur l'horizon; phénomène fugitif, souvent partiel, variable en intensité; phénomène propre à chaque observateur qui paraît l'accompagner s'il se déplace en voiture ou en avion. (F. Prêtre BUP n° 560).



2/ Que verra un observateur placé en O' en altitude? (2000 m par exemple).
 Nous le supposons sur la même verticale qu'un observateur O placé au niveau du sol et nous prendrons $\beta = 12^\circ$.



Remarquons d'abord que le cône de révolution peut se développer entièrement autour du sommet O' (œil de l'observateur), il n'est pas limité par le sol, ce qui est le cas pour l'observateur O.
 Mais il faut qu'il y ait des gouttes de pluie jusqu'en G et G', positions extrêmes pour avoir un cercle entier.

Les calcul ci-contre donne G G', hauteur minimale du nuage de pluie et GH altitude de la base de ce nuage.

$$\begin{aligned} DG' &= O'D \operatorname{tg}(\alpha - \beta) \\ DG &= O'D \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \\ GG' &= O'D [\operatorname{tg}(\alpha - \beta) + \operatorname{tg}(\alpha + \beta)] \\ GH &= DH - DG = O'O - O'D \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \end{aligned}$$

(ou de la base du cercle coloré)

Ce qui donne pour les valeurs choisies

$$\beta = 12^\circ \quad O'O = 2\,000\text{m}, \quad O'D = 1\,000\text{m}$$

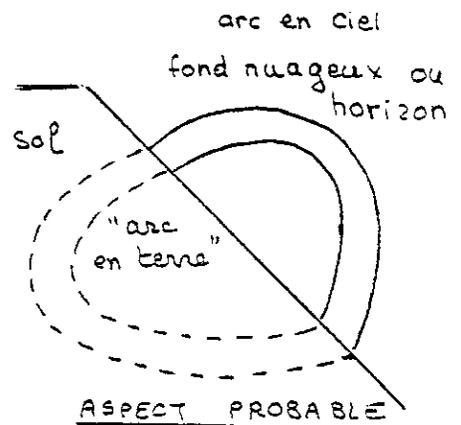
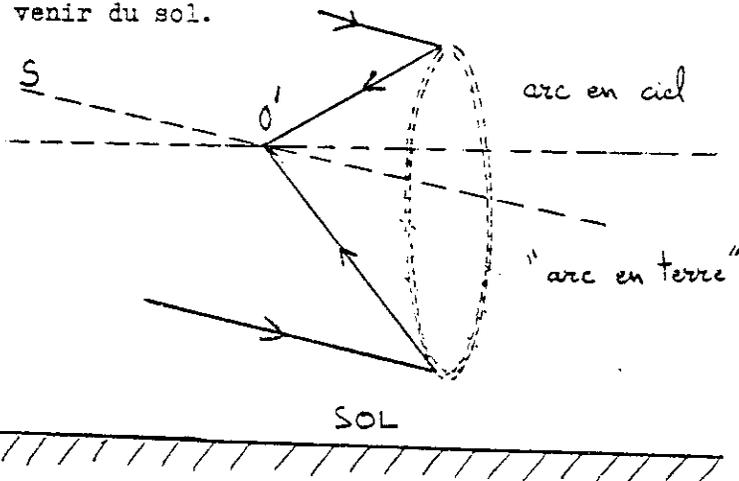
$$\begin{aligned} GG' &= 1\,000 (\operatorname{tg} 30^\circ + \operatorname{tg} 54^\circ) \\ &= 1\,000 (0,577 + 1,376) \\ &\approx 2\,000 \text{ m} \end{aligned}$$

$$GH = 2\,000 - 1\,000 \operatorname{tg} 54 = 624 \text{ m}$$

Remarque: Si O'D augmente, G, base du cercle coloré se rapproche du sol.
 Si $DG = DH = O'O$ on a $O'D = \frac{O'O}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)}$ $O'D = \frac{2\,000}{1,376} = 1\,453 \text{ m}$, distance maximale

entre l'observateur et le nuage de pluie pour obtenir un cercle coloré complet.

Même si ces conditions sont réalisées, l'observateur ne verra pas pour autant un "cercle en ciel", car toute la partie du cône de sommet O' située sous le plan horizontal passant par O' ne se découpe pas sur un fond de nuages, mais sur le sol; chaque génératrice de cette partie du cône de lumière semble en effet provenir du sol.



Si bien que l'arc en ciel vu de O' a la même ouverture Ω que celui vu de O.
Je ne sais pas quel aspect doit avoir "l'arc en terre": les gouttes colorées existent et envoient de la lumière dans l'oeil de l'observateur O'; mais se détachent-elles bien du fond multicolore que constitue le paysage terrestre ?
Je me souviens avoir vu une partie d'arc en ciel sur un bâtiment et sur un terril, mais il fallait bien regarder pour voir cette partie.

En tenant compte de la rotondité de la Terre, on pourrait observer un "cercle en ciel" à condition d'être à une altitude de 4488 km !!!

Victor TRYOEN.

"N D L R": L'observation d'un arc en ciel est liée à quelques conditions favorables: une zone pluvieuse éclairée par le Soleil, l'observateur se trouvant entre les deux. D'autre part la portion d'arc visible est d'autant plus grande que le Soleil est bas sur l'horizon. De telles conditions sont aisément réalisables artificiellement avec un système d'arrosage de jardin réglé en pluie fine. En se plaçant entre le Soleil et la zone arrosée, on observe l'arc en ciel. Pour un Soleil rasant, on peut pratiquement observer un "cercle en ciel", à l'ombre près de l'ombre de l'observateur.

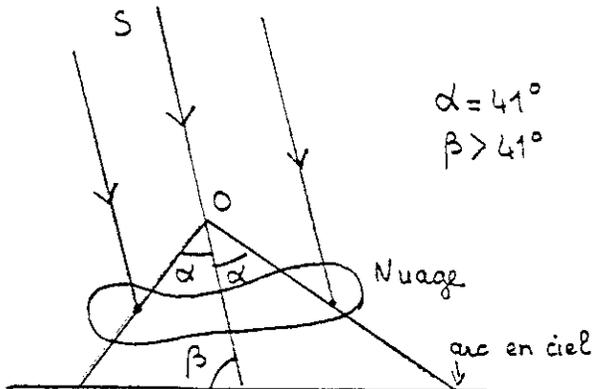
Les gouttes qui se trouvent à la base du nuage produisent un arc en ciel pour l'observateur O. Pourquoi ne produiraient-elles pas un "arc en terre" pour O'? Pourtant, il semble que personne n'ait observé un "cercle en ciel" ou tout au moins un "arc en terre" dans le sens du schéma.
Peut-être que nos lecteurs pourront apporter un complément d'informations.

A PROPOS DE L'ARC EN CIEL

Dans le numéro 24 des Cahiers, Jean Ripert se demandait s'il était possible d'observer un "cercle en ciel", c'est-à-dire la dispersion de la lumière du Soleil par des gouttes de pluie situées en dessous de l'observateur.

La réponse se trouve dans l'un des deux articles très complets sur l'arc en ciel qu'un de nos collègues, F. Pretre, a publiés dans le Bulletin de l'Union des Physiciens et qui sont indiqués en référence. Je cite:

"Un de nos collègues, M. Cance, a eu l'amabilité de me faire savoir qu'il a observé, il y a fort longtemps, un arc en ciel d'aspect inhabituel et très spectaculaire, alors qu'il survolait en avion les îles Baléares. L'arc coloré s'étendait sur un cercle entier, ... et ce cercle, d'un diamètre apparent constant (82 degrés en moyenne) paraissait immobile à l'observateur, tout en restant centré sur l'ombre portée de l'avion, ombre qui défile sur la terre et sur la mer."



le raisonnement de Jean Ripert était donc tout à fait correct: il est possible de voir l'arc en ciel au dessous de soi. D'ailleurs, à la différence d'une observation faite du sol, on peut observer l'arc en ciel même si le Soleil est plus haut que 41° au dessus du sol: c'est la description de M. Cance, qui correspond au dessin ci-contre.

Christian BUTY

Références:

- * L'arc en ciel, F. Pretre, BUP n°560 (déc. 1973) page 359-368
- * Complément sur l'arc en ciel, F. Pretre, BUP n°581 (fév. 1976) page 549-554