ARTICLE DE FOND

Les parhélies, de faux soleils dans le ciel

Pierre Causeret

De nombreux phénomènes lumineux sont visibles dans le ciel. Les parhélies font partie des plus courants, après l'arc-en-ciel.

Les Anglais les appellent « sun dogs » (chiens du Soleil) car ils ne s'en éloignent jamais beaucoup. Les Allemands parlent de « Nebensonne » (à côté du Soleil). On entend aussi les expressions de faux soleils, de soleils doubles ou triples. Le nom savant est parhélie. Il vient du grec « para » (auprès de) et « hélios » (Soleil). Comme vous l'avez deviné, il s'agit d'un phénomène qui s'observe à côté du Soleil : dans certaines conditions atmosphériques, on peut voir de chaque côté du Soleil deux taches lumineuses irisées, colorées comme un arc-en-ciel, avec le rouge côté Soleil et le bleu à l'opposé. Ces taches sont parfois très lumineuses, parfois tout juste visibles.

Fig.1. *Parhélies observés de chaque côté du Soleil.*

Comment les observer ?

Il n'est pas très difficile d'en voir si on sait comment faire. Il faut tout d'abord que le Soleil ne soit pas trop haut dans le ciel, moins de 30° de hauteur en général.

Il faut ensuite que le ciel soit assez clair mais contienne des nuages d'altitude comme des cirrus ou des cirrostratus, chargés en cristaux de glace, les responsables du phénomène.

Enfin, il faut savoir qu'il s'en produit plus facilement en hiver et dans les régions froides.

Quand les conditions météorologiques sont remplies, il suffit d'observer de temps en temps de chaque côté du Soleil, à environ 20°, ce qui représente, bras tendu, la largeur d'une main, doigts écartés. Il ne faut surtout pas regarder le Soleil en face pour ne pas être ébloui. Le plus simple est de le cacher, avec une main, derrière un arbre…, et d'observer le ciel de chaque côté.

Certains parhélies sont tout juste visibles, d'autres sont si lumineux qu'on peut les prendre pour le Soleil. Les couleurs sont, elles aussi, plus ou moins visibles.

Il est courant de ne voir qu'un seul parhélie s'il y a des cristaux de glace d'un seul côté du Soleil.

Photo Samuel Challéat

Fig. 2. Un parhélie bien coloré. Le rouge est en général la couleur la plus visible.

Un parhélie peut durer plusieurs minutes ou même plusieurs dizaines de minutes si les cristaux de glace restent présents mais le phénomène peut être plus court, juste le temps que le cirrus passe au bon endroit.

L'origine des parhélies

Il existe plusieurs formes de cristaux de glace : tablettes, plaquettes, baguettes, crayons… Dans toutes ces formes, on retrouve des hexagones réguliers. Cela provient de l'agencement des molécules d'eau dans ces cristaux.

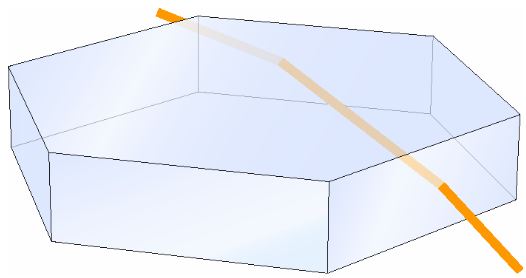


Fig. 3. Rayon lumineux traversant une plaquette en forme de prisme dont la base est un hexagone régulier.

Dans les nuages d'altitude, on trouve de nombreuses plaquettes qui tombent doucement en restant à plat. Lorsque la lumière en provenance du Soleil traverse une plaquette, elle est déviée à cause de la réfraction. Et une grande partie des rayons sont déviés d'un angle de 22° (cf le paragraphe Calculs). C'est pour cette raison que l'on observe chacun des parhélies à 22° de part et d'autre du Soleil.

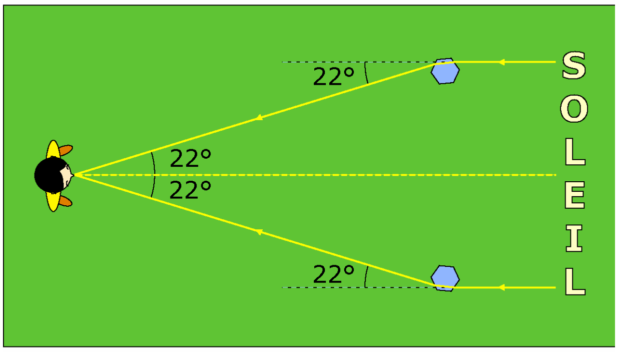


Fig.4. Cette figure vue de haut montre la déviation des rayons lumineux dans des plaquettes hexagonales. En traversant le cristal de glace, une partie des rayons sont déviés de 22°. L'observateur voit deux faux soleils situés à 22° du vrai.

Les couleurs du parhélie

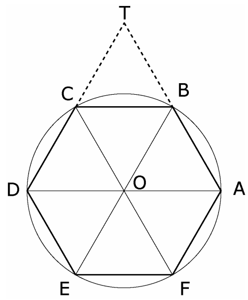
Il se trouve que les rayons rouges sont moins déviés que les rayons bleus. Comme la lumière blanche du Soleil contient toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, ses composantes rouges seront les moins déviées et on les verra plus près du Soleil que les composantes jaunes ou bleues. Le parhélie apparaît alors irisé.
Il arrive aussi que ce phénomène se produise avec la lumière de la Lune, on obtient alors un « parasélène » moins lumineux qu'un parhélie.

***Fig.5**. La Lune est cachée derrière le cerisier à droite. On peut voir un parasélène au dessus du bananier.*

Il est parfois possible de voir en même temps deux parhélies et le petit halo ; dans ce cas, celui-ci passe à proximité des parhélies.

Les calculs

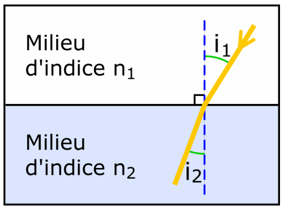
La démarche est seulement présentée ici, c'est à vous d'effectuer les calculs.



1. L'hexagone régulier

Un hexagone régulier est inscriptible dans un cercle et ses angles sont égaux. On cherche l'angle ATD.

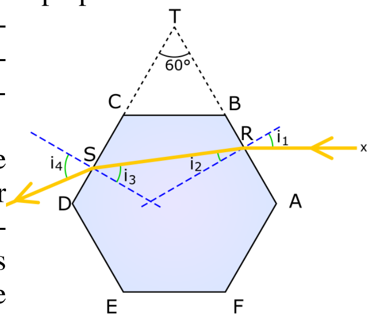
2. Rappel sur la réfraction



Quand un rayon lumineux change de milieu en passant par exemple de l'air à la glace, il suit la loi de Snell-Descartes qui s'écrit :
$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.
i_1 et i_2 sont les angles que font les rayons avec la perpendiculaire à la surface séparant les deux milieux. n_1 et n_2 sont les indices de réfraction de chacun des milieux traversés. On prendra 1 pour l'air et 1,31 pour la glace.

3. Calcul d'un angle de déviation

On se place dans un plan perpendiculaire à l'axe du prisme. On a représenté à droite le chemin d'un rayon lumineux.



Choisir un angle d'incidence i_1 (15° par exemple) puis effectuer les calculs demandés dans une feuille de calcul.
On recommencera en faisant varier l'angle i_1 de 5° en 5°, jusqu'à 80°.
a. Calculer i_2.
b. Calculer la déviation du rayon lumineux ($i_2 - i_1$).
c. Calculer i_3. On pourra calculer auparavant les angles TRS puis TSR.
d. Calculer i_4.
e. Calculer la déviation du rayon lumineux ($i_4 - i_3$).
f. Calculer la déviation totale du rayon lumineux, somme des deux déviations.

Solutions

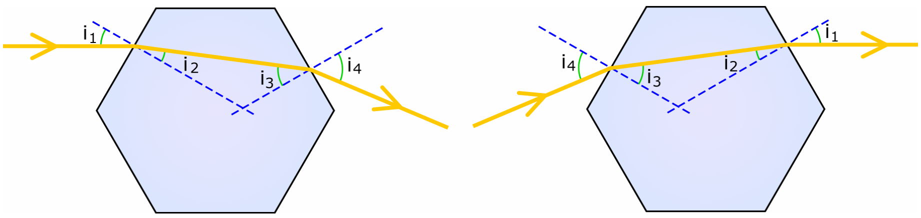
i_1(°)	*15*	*20*	*25*	*30*	*35*	*40*	*45*	*50*	*55*	*60*	*65*	*70*	*75*	*80*
d(°)	*34*	*28*	*25*	***23***	***22***	***22***	***22***	***22***	***23***	*25*	*26*	*29*	*31*	*35*

On remarque que, pour une bonne partie des rayons, la déviation est proche du minimum de 22°. Ce sont ces rayons qui sont à l'origine des parhélies.
Bibliographie "Jeux de lumière, les phénomènes lumineux du ciel" de Françoise Suagher et J-Paul Parisot

Cristaux de glace et minimum de déviation à 21,8°

Comment montrer qu'il existe un minimum de déviation lorsqu'un rayon de lumière traverse un cristal de glace (figure page 24) ?

On considère tout d'abord que le rayon incident est situé dans un plan perpendiculaire à l'axe du prisme.
Plusieurs méthodes sont possibles.
1. Par une série de calcul. Le tableau de la page 24 fait bien apparaître un minimum à 22° ;
2. Avec un graphique. Un nombre plus important de calculs permet de tracer le graphique de la déviation en fonction de l'angle d'incidence (voir page 27). On visualise alors bien le minimum ;
3. Avec une dérivée qui s'annule. Mais le calcul est assez long (voir les compléments sur le site) ;
4. Béatrice Sandré nous a proposé une méthode très élégante :
Un rayon lumineux entre dans un cristal sous une incidence i_1 et ressort sous un angle i_4. La déviation est égale à $(i_2\text{-}i_1)$ + $(i_4\text{-}i_3)$. Inversons le rayon lumineux qui va rentrer dans le cristal sous une incidence i4. La déviation est évidemment la même. Ce qui signifie que, pour une déviation donnée, il y a deux angles d'incidence possible, i_1 et i_4. Cela veut dire que, sur la courbe représentant la déviation en fonction de l'angle d'incidence, il existe deux points de même ordonnée. Comme, de plus, la fonction est continue et dérivable sur cet intervalle, il y a obligatoirement un extremum (minimum ou maximum) où la dérivée est nulle. C'est ce que les mathématiciens appellent le théorème de Rolle.



Pour l'extremum de déviation, les deux solutions pour l'angle d'incidence, i_1 et i_4 doivent être confondues. Donc i_2 et i_3 aussi. Comme la somme de ces deux angles vaut 60° (voir encadré p 27), chacun des angles est égal à 30°. L'extremum est donc atteint si $i_2 = i_3 = 30°$, ce qui correspond à $i_1 = i_4 = 41°$. La déviation est alors de $2 \times (41° – 30°)$ donc 22°. On vérifie qu'il s'agit d'un minimum de déviation et non d'un maximum.

Et si le rayon incident n'est pas situé dans un plan perpendiculaire à l'axe du prisme ?
Les calculs sont plus complexes. Si on considère par exemple les rayons faisant un angle de 10° avec ce plan, on trouve un minimum de déviation à 22,1°, puis à 23,1° pour un angle de 20°, 24,8° pour 30°…
L'angle de 21,8° est donc le minimum des minima. ■