

Zeitschrift:	Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber:	Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band:	16 (1934)
Artikel:	Sur la figure et la position des frangés colorées autour de la terre : déduits toutes les deux de nouvelles observations
Autor:	Barreca, P.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-741439

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Sur la figure et la position des franges colorées autour de la terre

déduites toutes les deux de nouvelles observations

PAR

P. BARRECA

Privat-docent à l'Université de Messine (Italie).

(Avec 3 fig.)

Sommaire: Les franges qui donnent aux nuages leurs colorations ont certainement figure de corps de révolution autour de la droite qui unit les centres du Soleil et de la Terre, supposés sphériques. Le but de ce travail est de rechercher, par des observations et sans faire aucune hypothèse, pas même explicative, la figure géométrique des lignes qui, par révolution autour de cette droite, peuvent engendrer les surfaces de séparation de ces franges. Le résultat est que ces lignes sont des courbes presque droites, ayant une faible concavité regardant en bas et une courbure qui décroît, à partir de la valeur de la courbure de la surface de la Terre, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de cette dernière. Elles ressemblent à des paraboles très écrasées, tournant leur dos au Soleil, qui viennent se raccorder en bas à la Terre, mais pas toutes dans le même lieu.

LA MÉTHODE SUIVIE.

1. — Coupons les surfaces qui séparent les franges par beaucoup de sphères, de rayons R tous différents, concentriques de la Terre, et évaluons par des observations les angles α_0 compris entre l'axe des franges et les rayons qui vont aux cercles d'intersection. Les R et α_0 seront les coordonnées polaires de la ligne cherchée.



Pour avoir les α_0 , appelons φ la latitude du nuage changeant de couleur, τ son angle horaire, mesuré du demi-méridien qui passe par le milieu du Soleil (à la montre, en déduisant l'heure vraie et locale), δ la déclinaison du Soleil. On obtient par le triangle sphérique: Milieu du Soleil, milieu du nuage, pôle du ciel:

$$\cos \alpha_0 = \cos \tau \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta + \sin \varphi \cdot \sin \delta ,$$

car α_0 est le côté inconnu, mais invariable lorsqu'on change de pays ou d'époque, qui est opposé à l'angle τ , et $(90 - \varphi)$, $(90 - \delta)$, sont les autres côtés.

Pour avoir les R , il faudrait mesurer chaque fois la hauteur h du nuage sur la mer, pendant son changement de couleur, mais pour cela on aurait besoin de deux observateurs au moins, desquels l'un serait chargé de l'observation de la montre et du changement de couleur. C'est pourquoi nous avons suivi une autre méthode, en observant et calculant les α_0 pour beaucoup de valeurs de h inconnues, puis en partageant ces valeurs de α_0 en classes de grandeur équidistantes et en faisant le dénombrement de chaque classe. Avec ces résultats statistiques en ordonnées et la valeur moyenne α_0 de chaque classe, portée en abscisse cartésienne, nous avons obtenu une ligne courbe AA (fig. 1, p. 23). Soit, d'autre part, HH la courbe semblable qu'on obtient en représentant, au contraire, la fréquence des nuages selon leur hauteur, courbe que je publie simultanément dans une autre note¹ précédent celle-ci, et relative au Nord de la France. Portons les axes des abscisses au même niveau sur le papier et, par changement d'une seule des échelles des ordonnées, faisons en sorte que les sommets des deux lignes soient aussi à égal niveau; ce niveau marquera alors une fréquence maximum, qui appartient aux nuages les plus fréquents, qui correspondent aux α_0 les plus fréquents.

En outre, toutes les droites horizontales qui coupent les deux diagrammes, donnent des couples h et α_0 qui se correspondent, pouvant fournir un diagramme cartésien entre R et α_0 , car: $R = h + 6400$ km environ.

¹ P. BARRECA, Fréquence des nuages en fonction de leur hauteur sur la mer.

Dessiner la courbe polaire (R et α_0) est dès lors inutile, car sur la courbe cartésienne (h et α_0), on peut étudier tout ce qu'il nous faut.

En procédant ainsi, nous avons utilisé pour l'Italie du Sud et notre lieu d'observation, un diagramme concernant le Nord de la France, ce qui n'est pas tout à fait correct, mais l'allure des lignes de séparation des franges, ainsi obtenues, ne peut changer entièrement lorsqu'on passe de France en Italie.

CONDUITE DES OBSERVATIONS.

2. — Nous avons observé le ciel au matin et au soir, à Condera près de Reggio en Calabre (Italie), pendant une année, de l'automne 1931 à la fin de l'été 1932, avec des montres ordinaires, dont de temps à autre nous comparions la marche avec les signaux horaires des sociétés radiotéléphoniques. Par les éphémérides, nous en déduisions l'heure vraie et locale. J'avais devant moi des échantillons des couleurs du spectre, pour rendre leur appréciation plus aisée, car j'avais observé d'autres fois qu'il est souvent difficile de distinguer l'orangé du rouge, ou le violet de l'indigo. Les échantillons étaient pris d'un livre d'oculiste², parce qu'ils ont ainsi l'avantage d'être accessibles à tout le monde. Dans les premiers mois de 1933 j'ai fait aussi des observations supplémentaires, dont je parlerai à la fin.

Puisqu'il fallait connaître la latitude et la longitude des nuages, je ne faisais pas d'observations sur ceux qui étaient trop éloignés de mon zénith lorsqu'ils changeaient de couleur³; ainsi, et comme les nuages très hauts sont très rares¹, les nuages que j'observais n'avaient pas des coordonnées géographiques trop différentes des coordonnées de l'observateur. Pour obtenir

² G. Ovio, *Scienza dei colori, visione dei colori*. Hoepli, éditeur, Milan, 1927. Pour le violet et l'orangé sa table IX, page 254 et sa table VII, page 248.

³ P. BARRECA, Metodo per ridurre all'equatore ed all'equinozio le singole durate di colorazioni vespertine e mattutine di nubi. *Rend. della R. Accad. naz. dei Lincei*, novembre 1931, page 430, tout en bas.

ce triage, je négligeais les nuages dont les images sortaient d'un miroir plan et horizontal de 20 cm \times 30 cm, lorsque je les visais de la pointe d'un petit support, qui avait 15 cm de hauteur (quelques fois 5 ou 10); ce support était placé à des distances convenables des bords du miroir, de la façon que je vais décrire.

Lorsque je regardais du côté de l'Est, ou de l'Ouest, j'ai toujours employé le support de 15 cm, placé à 25 cm du bord le plus éloigné du miroir, c'est-à-dire que la tangente du plus grand angle d'incidence était $\frac{25}{15}$; partant, si un nuage était à la hauteur (rare) de 10 km⁴, sa distance de ma verticale était au maximum de 16,7 km. Cette distance, vue du centre de la Terre, donnerait un angle de 9', ce qui est l'erreur en longitude et angle horaire, ainsi produite.

Mais lorsque je regardais du côté du Nord ou du Sud, le mode opératoire variait, selon qu'on était à l'époque de l'un ou de l'autre solstice, ou de l'équinoxe. Car, en prenant la dérivée de l'équation du § 1, on a:

$$\frac{\frac{\delta \cos \alpha_0}{\delta \varphi} \Delta \varphi}{\frac{\delta \cos \alpha_0}{\delta \tau} \Delta \tau} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta \tau} \left(\frac{\tan \varphi}{\tan \tau} - \frac{\tan \delta}{\sin \tau} \right) ;$$

l'on peut toujours rendre égale à 1 cette expression, en prenant des $\Delta \varphi$ et $\Delta \tau$ inégaux et dès lors également préjudiciables à la valeur de $\cos \alpha_0$ et de α_0 . En cela, puisque les δ , τ sont assez variables, prenons toujours *grossièrement* $\tau = \alpha_0 = 80^\circ$.

Aux environs des équinoxes, la dernière partie de l'expression qui précède est nulle et la portion résiduelle vaut 1 lorsque $\Delta \varphi = 7,20 \Delta \tau$; je prenais alors le support de 5 cm, éloigné 60 cm du bord le plus éloigné du miroir, c'est-à-dire que:

$$\frac{\Delta \varphi}{\Delta \tau} = \frac{60 \text{ cm}}{25} \frac{15}{5} = 7,20 .$$

⁴ Probabilité en France $\frac{18}{4115}$; voir note 1.

Au solstice d'hiver, on a $\tan \varphi = -0,42$ et cela donne comme valeurs convenables: $\Delta\varphi : \Delta\tau = 1,75$; avec le support de 10 cm placé à 35 cm du bord le plus éloigné, j'avais environ:

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta\tau} = \frac{35}{25} \frac{15}{10} = 2,1 .$$

Au solstice d'été, on a approximativement $\tan \delta = +0,42$; il en résulte comme valeur convenable: $\Delta\varphi : \Delta\tau = 3,45$. J'employais alors le support de 15 cm, placé à 50 cm du côté le plus éloigné, c'est-à-dire j'obtenais à peu près:

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta\tau} = \frac{50}{25} \frac{15}{15} = 2 .$$

3. — J'ai aussi fait des observations dans lesquelles je connaissais la latitude et la longitude du nuage, ceci toutes les fois que j'observais les couleurs sur le pinacle éruptif de l'Etna. J'ai encore fait des observations de nuages qui donnaient une image (colorée) dans la mer; comme j'étais placé sur un point élevé, je pouvais, avec la carte à la main, estimer le lieu qui était au-dessous du nuage et en lire la latitude et la longitude.

4. — *J'ai ramené tous les angles α_0 calculés au cas d'un Soleil punctiforme*, ceci de la façon suivante: il suffit de supposer invariable la valeur angulaire du diamètre du Soleil, par exemple $32'$, et de supposer aussi qu'on ait peu de couleurs simples, monochromatiques⁵. Dans ces conditions, l'extension de la source lumineuse ne fait que produire la superposition partielle des franges analogues, dues à chacun des points de la source; les franges qui en résultent sont toujours annulaires, mais avec des bords moins tranchants, estompées sur une largeur de $16'$ en dedans et $16'$ en dehors³. Il s'agit donc, ou de soustraire ou d'ajouter chaque fois $16'$.

⁵ Supposons les franges monochromatiques et, pour chaque couleur, en petit nombre, environnées par des espaces sombres (ou presque); il s'ensuit qu'à de grandes distances, celle produites par la lumière blanche vont se séparant. Par cela on expliquerait le fait que j'ai observé les couleurs du spectre, rangées dans la suite même du spectre.

Lors des observations du soir, les nuages (en se déplaçant avec la terre) avaient marché vers la partie sombre de l'espace (c'est-à-dire s'éloignant de l'origine choisie par nous des α_0) et comme l'observateur avait attendu le début de la couleur suivante dans le mélange⁶, il en résultait un angle α_0 trop petit, auquel on additionnait 16'.

Les α_0 des observations du matin, au contraire, étaient diminués de 16', car le début de la couleur étant toujours pré-maturé, néanmoins les angles α_0 allaient en décroissant.

Quelques fois, j'ai observé par la méthode contraire de juger lorsqu'une couleur disparaissait du mélange et alors les corrections ont été faites en sens contraire.

RÉSULTATS CONCERNANT LA POSITION DES FRANGES.

5. — J'ai obtenu 138 valeurs de α_0 , réparties assez inégalement entre les lignes de séparation des couleurs. Il était à prévoir que les valeurs pour une même ligne seraient assez variables, car celle-ci étant courbe, aplatie, presque horizontale, elle doit être rencontrée à des angles α_0 très différents par les nuages qui se déplacent à peu près horizontalement. Pour cette raison aussi, les valeurs d'une ligne ne se rangent pas toutes séparément de toutes les valeurs d'une autre ligne, c'est-à-dire un α_0 donné caractérise une droite verticale, qui coupe plusieurs surfaces de séparation. Mais les valeurs moyennes des α_0 de chaque surface, puisque on a passablement d'observations, se rangent et doivent se ranger, dans la suite attendue. L'écart moyen entre chacune des moyennes et les valeurs particulières, n'est pas un index de la conformité des résultats individuels relatifs à une ligne donnée, car ils doivent être différents.

6. — Je n'ai pas obtenu des courbes statistiques AA (fig. 1) tout à fait régulières, c'est-à-dire que les observations n'ont pas été en nombre suffisant. Seulement pour les lignes entre le

⁶ Il jugeait donc ainsi que l'aurait fait un peintre examinant un objet naturel qu'il aurait voulu reproduire, et mélangeant auparavant les couleurs sur sa palette.

rouge et l'orangé du premier ordre (44 observations) et entre le violet de deuxième ordre et la couleur chocolat, dont j'ai parlé précédemment (27 observations), j'ai réussi dans le but. Pour le montrer, nous donnons ici tout de suite les moyennes

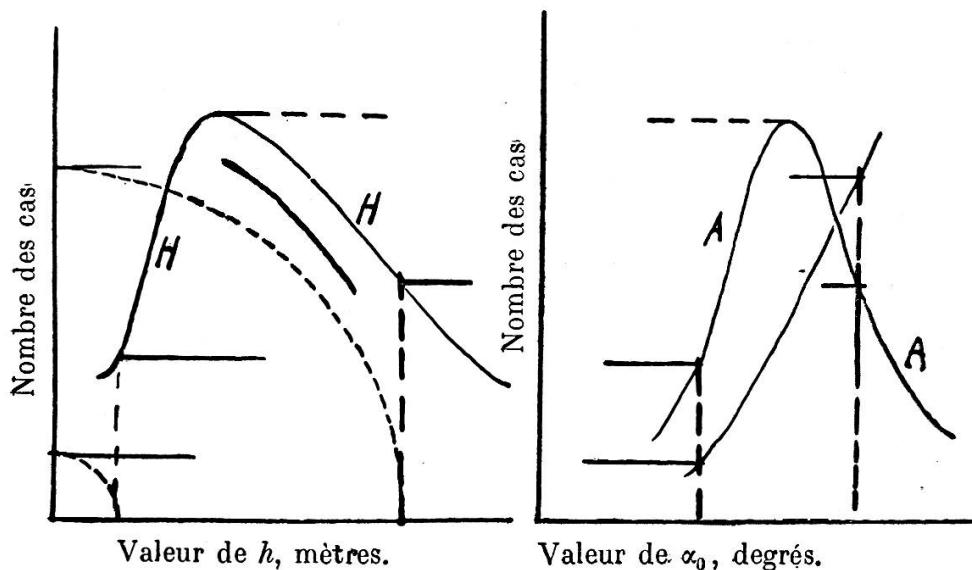


Fig. 1.

α_0 de chaque frange observée, pour connaître sa prochaine position autour de la Terre; plus tard (§ 10) nous donnerons aussi les deux courbes mentionnées.

Ordre	Lignes entre		Nombre d'observations	α_0 moyenne	Ecart moyen de la moyenne	Hauteurs correspondantes ⁷
2 ^{me}	Bleu	Indigo	8	96° 18'	± 1° 29'	3800 m
	Indigo	Violet	18	92° 29'	± 2° 27'	
	Violet	Chocolat	27	91° 24'	± 3° 0'	
1 ^{er}	Chocolat	Rouge	13	90° 7'	± 2° 7'	4300 m
	Rouge	Orangé	44	89° 46'	± 1° 28'	
	Orangé	Jaune	26	88° 46'	± 1° 26'	
	Jaune	Vert	1	84° 37' ?	?	—
	Vert	Bleu	—	—	—	
	Bleu	Indigo	1	73° 17' ?	?	—
	Indigo	Violet	—	—	—	

⁷ Voir § 8 suivant.

Remarquons qu'il y a des franges qui, à une certaine hauteur, sont caractérisées par des α_0 soit $>$ que $< 90^\circ$.

Peut-être les deux dernières valeurs de α_0 , obtenues chacune par une seule observation, sont-elles dues à des nuages très bas; les autres valeurs se rapportent à des hauteurs qui ne sont pas toujours les mêmes; et pour cela *il ne faut pas les soustraire les unes des autres pour en déduire des durées de coloration, qui ne pourraient être exactes.*

HAUTEURS CORRESPONDANT A CES VALEURS MOYENNES
DE α_0 .

7. — Rigoureusement parlant, ces hauteurs ne sont pas les moyennes des hauteurs (inconnues) de chaque observation; en effet les lignes de séparation étant courbes, la moyenne de plusieurs abscisses peut ne pas correspondre à la moyenne des ordonnées, car nous ne pouvons postuler ici que ces lignes soient presque droites, pour ne pas perdre en précision. Nous verrons plus tard la possibilité de cette approximation, lorsqu'elle sera un résultat des observations.

Il est désirable, néanmoins, de connaître l'ordonnée h des abscisses α_0 données dans la table. Pour cela, 21 autres observations (qui ne furent utilisées ni dans la table du § 6, ni pour les courbes statistiques) ont été faites (d'octobre 1931 à mars 1932) sur le pinacle blanc de la vapeur émise par l'Etna, qui produisait de temps à autre des éruptions; ce pinacle jouait le rôle d'un écran dont il était aisément d'estimer la hauteur sur la mer, par comparaison avec la hauteur connue du volcan (3300 m). La comparaison était aisée, puisque l'horizon apparent de l'observateur (c'est-à-dire la mer) ne cachait qu'une très petite partie de la côte aux pieds de l'Etna, la hauteur du lieu d'observation étant de 200 m, de sorte que le rayon de l'horizon était de 54 km environ.

Les hauteurs du pinacle ont peu changé d'une fois à l'autre, il est donc admissible d'utiliser leur moyenne sans faute considérable. Sur les croquis que j'ai ébauchés sur mon cahier, il

est noté, pour chacune de ces observations, si la hauteur du pinacle était $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$, ... de la hauteur du volcan.

8. — Remarquons, en passant, que parmi ces croquis, il y en a un (relatif au 14 octobre 1931, à 6 h. 30 m. du matin) dans lequel la fumée s'étale très horizontalement, en un long ruban qui s'étend à l'Est du volcan sur plus de 40 ou 50 km en apparence, car j'estimai qu'elle occupait un huitième de tout le tour de mon horizon. Or, il y a cela de remarquable que, de l'Est à l'Ouest, sur le ruban, pendant toute la durée de l'observation, il y eût une suite de deux ou trois des couleurs de toute la suite des couleurs des franges, que j'ai donnée autrefois. Les couleurs se déplaçaient très lentement, en apparence vers l'Ouest, comme cela était à prévoir, et se remplaçaient les unes par les autres aussi, car le ruban était trop court pour pouvoir jouer le rôle d'écran pour toutes à la fois. La suite entière aurait dû être, de l'Est à l'Ouest: blanc, jaune, orangé, rouge, chocolat, violet, indigo, bleu, mais je n'ai pas pu observer l'indigo et le bleu, qui étaient déjà trop à l'Ouest lorsque j'ai pu faire mon observation, et au lieu du chocolat je n'ai pu observer qu'une teinte grisâtre et indéterminée.

9. — Les résultats de ces observations de l'Etna se partagent assez inégalement entre les lignes relatives; les deux groupements les plus nombreux sont:

a) *Surface entre l'indigo et le violet de deuxième ordre.*

(11 observations.)

91° 23' (3900 m)	90° 6' (3300 m)	91° 24' (3300 m)
96° 41' (3900 m)	91° 25' (3300 m)	91° 41' (4100 m)
90° 32' (3900 m)	91° 58' (3300 m)	95° 44' (3300 m)
89° 55' (3300 m)	91° 51' (3300 m)	

L'écart moyen des hauteurs, de la hauteur moyenne (3500 m), n'est que de 291 m; en faisant toutes les moyennes on obtient:

91° 58' \pm 1° 32' à 3500 m



b) *Surface entre le rouge et l'orangé de premier ordre.*

(5 observations.)

$90^\circ 24'$ (4400 m)	$91^\circ 31'$ (4100 m)	$86^\circ 5'$ (4100 m)
$89^\circ 59'$ (4100 m)	$88^\circ 14'$ (3300 m)	

L'écart moyen des hauteurs, de la hauteur moyenne, est de 280 m; pour les moyennes on a:

$89^\circ 15' \pm 1^\circ 40'$ à 4000 m

En comparant ces deux α_0 moyens avec ceux de la table du § 6, on voit qu'ils sont d'un demi-degré environ plus petits; et comme nous verrons que les lignes de séparation sont inclinées dans leurs parties les plus élevées d'à peu près 300 ou 400 m pour un demi-degré de la surface terrestre, nous pouvons ajouter ces 300 m aux chiffres obtenus. C'est ce que nous avons fait dans cette table. La moyenne des hauteurs de *beaucoup* de nuages serait (en France, note déjà citée), de 3270 m sur la mer.

RÉSULTATS CONCERNANT LA FIGURE DES FRANGES.

10. — Cherchons à déterminer la figure des franges, par la méthode exposée. A cet effet, nous allons indiquer tous les résultats de l'observation des deux lignes faites avec des hauteurs inconnues (c'est-à-dire sans les observations faites sur l'Etna).

Surfance entre le violet de deuxième ordre et le chocolat.

(27 observations.)

$88^\circ 57'$	$92^\circ 35'$	$94^\circ 28'$	$94^\circ 17'$	$92^\circ 56'$
$91^\circ 31'$	$93^\circ 46'$	$89^\circ 46'$	$91^\circ 14'$	$93^\circ 45'$
$88^\circ 14'$	$94^\circ 56'$	$93^\circ 22'$	$95^\circ 50'$	$94^\circ 59'$
$85^\circ 40'$	$92^\circ 17'$	$86^\circ 1'$	$94^\circ 57'$	
$92^\circ 35'$	$92^\circ 25'$	$78^\circ 40'$	$93^\circ 54'$	
$83^\circ 32'$	$93^\circ 55'$	$90^\circ 5'$	$93^\circ 17'$	

La statistique de ces résultats donne, avec des classes d'un degré: de 78° à 79° (moyenne $78^\circ\frac{1}{2}$), 1 cas; de 83° à 84° (moyenne $83^\circ\frac{1}{2}$), 1 cas; de 85° à 86° , 1 cas; de 86° à 87° , 1 cas; de 88° à 89° , 2 cas; de 89° à 90° , 1 cas; de 90° à 91° , 1 cas; de 91° à 92° , 2 cas; de 92° à 93° , 5 cas; de 93° à 94° (moyenne $93^\circ\frac{1}{2}$), 6 cas; de 94° à 95° , 5 cas; de 95° à 96° , 1 cas.

Surface entre le rouge et l'orangé de premier ordre.

(44 observations.)

$86^\circ 29'$	$88^\circ 34'$	$89^\circ 26'$	$88^\circ 15'$	$89^\circ 40'$
$91^\circ 13'$	$89^\circ 29'$	$88^\circ 37'$	$91^\circ 38'$	$91^\circ 51'$
$91^\circ 33'$	$91^\circ 28'$	$89^\circ 35'$	$90^\circ 5'$	$91^\circ 31'$
$89^\circ 31'$	$90^\circ 9'$	$88^\circ 59'$	$87^\circ 52'$	$87^\circ 39'$
$88^\circ 49'$	$92^\circ 13'$	$87^\circ 49'$	$89^\circ 5'$	$90^\circ 53'$
$90^\circ 1'$	$91^\circ 28'$	$81^\circ 25'$	$92^\circ 3'$	$88^\circ 33'$
$91^\circ 25'$	$91^\circ 28'$	$89^\circ 29'$	$88^\circ 50'$	$90^\circ 25'$
$93^\circ 12'$	$91^\circ 52'$	$90^\circ 25'$	$86^\circ 25'$	$91^\circ 41'$
$89^\circ 37'$	$89^\circ 2'$	$91^\circ 8'$	$88^\circ 50'$	

La statistique de ces résultats donne, avec des classes d'un degré: de 81° à 82° (moyenne $81^\circ\frac{1}{2}$), 1 cas; de 86° à 87° , 2 cas; de 87° à 88° , 3 cas; de 88° à 89° , 8 cas; de 89° à 90° (moyenne $89^\circ\frac{1}{2}$), 9 cas; de 90° à 91° , 6 cas; de 91° à 92° , 12 cas; de 92° à 93° , 2 cas; de 93° à 94° , 1 cas.

11. — Avec les résultats de ces dénombvements nous avons dessiné dans la figure 2 et par la méthode exposée, les deux diagrammes cartésiens des vraies lignes (polaires) de séparation. Pour le diagramme statistique de la fréquence des nuages selon la hauteur, j'ai employé le diagramme pour la France, que je publie dans une note précédent celle-ci, n'ayant pas le diagramme pour l'Italie du Sud. Cela nous donnera des hauteurs quelque peu trop petites, car on sait qu'en s'approchant de l'équateur, les mêmes nuages se trouvent plus hauts, pour autant qu'il est permis de faire ici la comparaison des mêmes espèces de nuages (voir pour cela les traités de météorologie). Mais, en procédant de la sorte, nous aurons également une

ébauche des surfaces de séparation des franges; remarquons en outre que les vraies lignes de séparation, c'est-à-dire les lignes en coordonnées polaires α_0 et $h + 4600$ km, ne peuvent que changer très peu, lorsqu'on change quelque peu h ⁸.

RO, rouge-orangé, 1^{er} ordre.

VC, violet-chocolat, 2^e ordre.

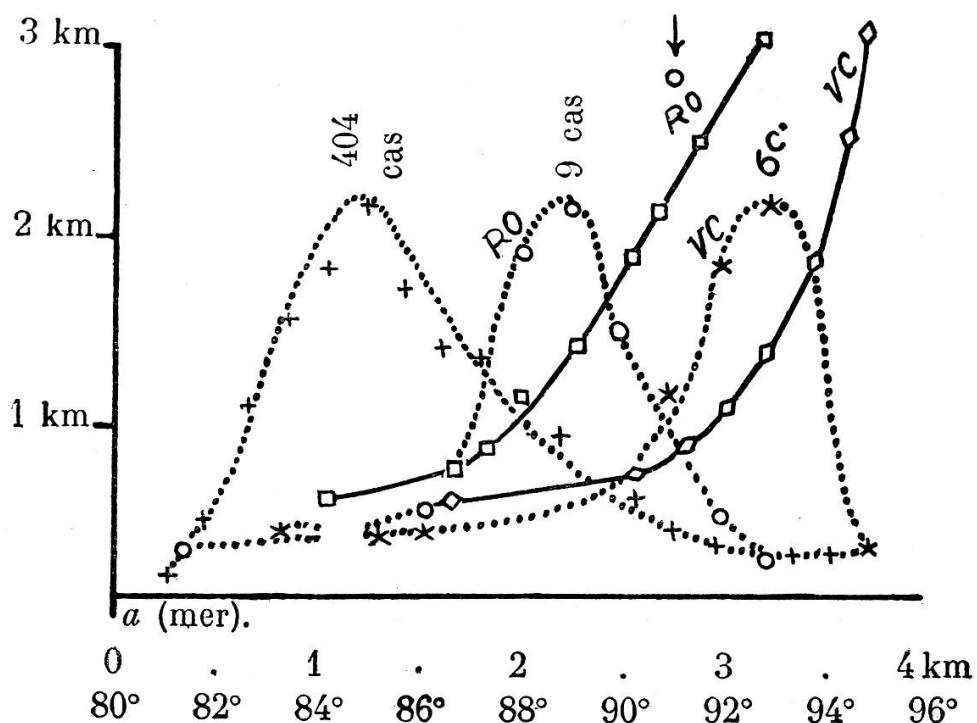


Fig. 2.

Puisque l'observatoire français de Trappes est placé à 171 m sur la mer, après avoir dessiné les deux courbes cartésiennes, j'ai abaissé dans la figure 2 l'axe des abscisses de 170 m; ainsi les hauteurs lues sur la droite PQ sont des hauteurs sur mer.

⁸ Peut-être, ne faudrait-il qu'augmenter d'environ 1000 m toutes les hauteurs de notre figure 2 pour la corriger en première approximation, car la hauteur moyenne *de beaucoup* de nuages est en France de 3270 m (§ 9), tandis que dans notre table du § 6 la hauteur des observations les plus nombreuses, s'approche de 4000 m.

QUELQUES PROPRIÉTÉS GÉOMÉTRIQUES DES LIMITES
DES FRANGES.

12. — Sur les deux lignes obtenues (au moins sur les deux fragments) nous pouvons étudier quelques propriétés.

I. — *Les ordonnées verticales vont en croissant, lorsqu'on s'éloigne du Soleil, mais nous savions déjà cela⁹ et c'est pourquoi nous avons combiné côté droit avec côté droit des courbes statistiques et non pas un côté droit avec un côté gauche, ce qui aurait donné des lignes descendantes.*

II. — *Comme les dérivées du rayon vecteur par rapport à l'anomalie α_0 , croissent lorsque cette dernière croît, les inclinaisons par rapport aux lignes circulaires de niveau croissent également.*

III. — *Néanmoins, la concavité regarde partout vers le bas, car l'élément d'une ligne donnée par des coordonnées polaires ρ et ψ , est la diagonale du rectangle qui a pour côtés $d\rho$ et $\rho d\psi$, c'est-à-dire que cet élément a la direction de la diagonale du rectangle qui a pour côtés $\frac{d\rho}{d\psi}$ (selon le rayon vecteur, ce côté est positif lorsque cette dérivée est aussi positive) et ρ (selon la tangente au cercle $\rho = \text{const.}$ en la direction des $d\psi$ positifs); le tout mesuré avec les unités en usage dans le calcul. Or, si nous prenons, par exemple, dans le dessin original de la figure 2, qui était plus grand et par cela plus précis, sur la ligne de séparation rouge-orangé de premier ordre, deux points ayant les abscisses 89° et 93° , nous lisons:*

$$\frac{d\rho}{d\psi} = \frac{2 \text{ cm}}{2 \text{ cm}}, \quad \frac{d\rho}{d\psi} = \frac{3 \text{ cm}}{2 \text{ cm}},$$

et en introduisant les échelles des ordonnées et des abscisses, on a:

$$\frac{\text{cm } 2 \times 0,2 \text{ km} : 1 \text{ cm}}{\text{cm } 2 \times 1 \text{ degré} : 2 \text{ cm}} = \text{environ } 23 \frac{\text{km}}{\text{radian}},$$

$$\frac{\text{cm } 3 \times 0,2 \text{ km} : 1 \text{ cm}}{\text{cm } 2 \times 1 \text{ degré} : 2 \text{ cm}} = \text{environ } 34 \frac{\text{km}}{\text{radian}}.$$

⁹ P. BARRECA, Osservazioni qualitative di nubi colorate, al vespero ed all'aurora. *Nuovo cimento*, avril 1926, p. 153.

Si nous portons ces deux longueurs selon les deux verticales des lieux donnés et si nous portons ensuite selon les horizontales, $\rho = 6400$ km environ, les angles des deux diagonales avec les horizontales sont:

$$\text{arc } \text{tg} \frac{23}{6400} = \text{env. } 13', \quad \text{arc } \text{tg} \frac{34}{6400} = \text{env. } 19'.$$

Cependant, de l'un à l'autre point, l'horizontale a tourné bien plus ($93^\circ - 89^\circ = 4^\circ$) et la concavité regarde toujours en bas.

IV. — *Les inclinations par rapport aux lignes (cercles) de niveau sont (au moins dans les segments dessinés par nous) très petites*; voir le calcul précédent. Seulement en envisageant de grands segments de ligne, on obtient des coordonnées qui diffèrent quelque peu des coordonnées d'une droite, ou d'un cercle à grand rayon (*aussi grand, ou plus grand, que le rayon de la Terre*).

V. — Détachons un petit segment de ligne, qui soit compris entre deux cercles de niveau infiniment voisins, et délimitons-le aussi par des rayons terrestres (un). L'angle de contingence de la ligne est plus petit (on vient de le voir) que l'angle de contingence des deux cercles, tandis que l'arc est plus long. *Par conséquent, le rayon de courbure est partout plus grand que le rayon du cercle de niveau*, et comme *au sol ce rayon est presque égal au rayon de la Terre* (car les segments les plus rapprochés de la Terre des courbes statistiques obtenues sont asymptotiques à l'axe des abscisses), il s'ensuit que le rayon de courbure augmente lorsqu'on s'éloigne de la Terre.

13. — Avec ces résultats et la table du § 6, nous pouvons améliorer un croquis publié en 1925 (p. 1 de notre note ici bas citée¹⁰⁾), en dessinant à présent toutes les franges avec une concavité tournée vers le sol et un trajet presque asymptotique vers la Terre. Il est à remarquer que les franges ne se réunissent pas en bas en une sorte de pinceau; au contraire celles du § 6

¹⁰⁾ P. BARRECA, Osservazioni quantitative di nubi colorate. *Nuovo cimento*, novembre 1926, p. 295.

s'étaient le long d'un arc de 20 ou 30 degrés et nous retrouverons la même chose, dans un dessin plus bas. Nous avions dessiné des franges très voisines les unes des autres en bas, en considérant les phénomènes qui les produisent, comme étant localisés dans un espace restreint aux environs des lieux où la lumière arrive presque tangentiellement à la surface de la Terre. Les autres franges, dont nous parlerons plus bas, font cependant voir que cette localisation n'existe pas.

Le croquis 1 d'une autre note, de 1930¹¹, peut aussi être amélioré, car il faut qu'il y ait des ellipses (qui sont les projections sur le plan de l'équateur des bordures des sections faites dans les franges avec une sphère) tant à droite qu'à gauche de celle qui borde l'ombre géométrique de cette sphère, et nous savons maintenant, par la table du § 6, que si cette sphère atteint 4000 m sur la mer environ, il y a des bordures qui ont un α_0 soit $>$, soit $< 90^\circ$.

14. — *En résumé, on peut dire que les franges annulaires présentent en section transversale un dessin en tuiles imbriquées très minces et très larges*; nous avons déjà remarquéé (§ 7 de notre note cités sous⁹), que l'épaisseur de chaque frange du coucher, ou du lever du Soleil n'est que de quelques km environ, tandis que sa largeur est de quelques milliers de km. En première approximation, cette grande largeur est presque couchée sur des surfaces de niveau de la Terre. Voir fig. 3, dans laquelle nous sommes obligé (ici encore), d'exagérer l'échelle des rayons, sans quoi nous aurions eu un ruban très mince incompréhensible, sillonné longitudinalement, recourbé selon la courbure de la Terre (rayon 6400 km).

FRANGES ANNULAIRES PLUS PETITES.

15. — Il est possible que les nuages colorés qu'on voit en plein jour (violet, bleu, chocolat, effacés) soient aussi dus à

¹¹ P. BARRECA, Riduzione all'equatore ed equinozio delle osservazioni di durate medie di colorazioni crepuscolari di nubi (già ridotte al caso del sole puntiforme) onde renderle comparabili. *Nuovo cimento*, 1930, p. 225.

des franges en anneau, de plus petit diamètre, entourant la partie éclairée de la Terre. Dans cet hiver 1933 et même le 23 décembre 1932 (près du solstice d'hiver), on en voyait, ici à Reggio en Calabre, dans la direction du Nord, à *midi vrai et local*; on pourrait admettre alors que tous les anneaux se trouvant dans leur position la plus méridionale, les nuages colorés qu'on voyait ici (à l'heure indiquée) les coupaient seulement en leur partie la plus septentrionale. A mon Sud, près de l'horizon, je ne voyais pas de nuages colorés, car je ne voyais que le côté opposé au côté coloré par les franges; les pseudoparaboles de la figure 3 étaient alors ici dans le plan

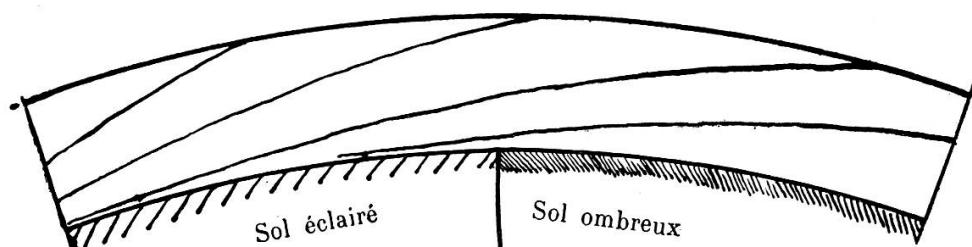


Fig. 3.

du méridien local. Si cela est vrai, comme on avait alors: $\alpha_0 = \varphi + \delta = 38^\circ + 23^\circ$, l'ouverture α_0 de ces anneaux particuliers a dû être de 60° à 65° environ.

Les heures de la journée auxquelles on voit des nuages colorés en plein jour sont variables et s'éloignent, ou s'approchent, de midi, lorsque δ change.

Quelquefois j'ai pu observer aussi des nuages divisés horizontalement chacun en deux parties colorées différemment; les couleurs se suivaient dans l'ordre déjà mentionné.

16. — On peut rapprocher peut-être de ces franges annulaires visibles en plein jour une particularité de certaines expériences de E. Hufford et A. Davis, sur l'ouverture circulaire¹² avec la lumière monochromatique. Ils obtenaient environ soixante-dix anneaux, qui, avec la lumière blanche, n'auraient donné qu'un fond blanc très étendu avec très peu d'anneaux colorés (de

¹² E. HUFFORD and A. DAVIS, *Physical Review*, April 1929, 589.

plusieurs couleurs). En les dénombrant à partir du centre, ces auteurs ont constaté que le quinzième et le vingt et unième étaient soudainement plus lumineux que les anneaux voisins, quoique les photographies n'eussent pas pu enregistrer cela.

QUELQUES CONFIRMATIONS DE NOTES ANTÉRIEURES.

17. — Toutes les observations de cette note confirment ce que nous avons exposé dans des notes antérieures; comme je cesserai de faire des observations sur les nuages colorés, il est bon d'en dire quelques mots. Souvent, au matin, les couleurs des grandes franges étaient visibles, au milieu du bras de mer de Messine, sur un brouillard (si ténu qu'on voyait encore le paysage à travers); ces couleurs se présentaient par couches et de haut en bas dans l'ordre déjà mentionné, mais quelque peu effacées et fondues, à cause de la transparence de l'écran. On voyait une zone jaunâtre effacé en haut, puis rougeâtre effacé (au lieu de l'orangé suivi du rouge), puis la couleur chocolat, puis le commencement du deuxième spectre, c'est-à-dire une couleur formée par le violet, l'indigo et le bleu presque fondus ensemble; cette couche était la plus basse et touchait la mer la première, car les couleurs se déplaçaient très lentement vers le bas, comme cela était prévu.

18. — J'ai aussi observé plusieurs fois le ciel vert de premier et de deuxième ordre. D'une beauté peu banale a été un ciel vert de premier ordre, le 6 avril 1932, à 6 heures du matin. Des nuages gris, épais avaient caché partout le ciel et empêché mes observations, sauf une déchirure au Sud-Ouest et en bas, derrière laquelle, à 6 h. 14 m., fut visible un ciel pur, étendu, vert-gris. Cette couleur n'était pas due à des illusions optiques, car elle ne changeait pas lorsqu'on la regardait à nouveau après avoir détourné le regard, ou lorsqu'on l'isolait en l'observant à travers la main formant tuyau.

Les nuages verts, quoique rares, ont été visibles et au moyen de l'un d'eux j'ai obtenu l' α_0 entre le vert et le jaune de la table du § 6. Les cieux violets, que j'avais cru rares, en citant avec J. Kiessling les observations qu'en avait fait Pechuel-

Loesche aux tropiques, sont aussi observables chez nous, trois ou quatre fois par année; il suffit qu'à l'heure convenable, dans une des franges violettes et sur une grande extension de celle-ci, il y ait des brouillards très ténus et diffus.

Les colorations des objets à la surface de la Terre, que j'avais observées sur la fumée des locomotives et sur des fumées de coups de mortier, furent visibles avec beaucoup d'éclat le 5 juillet 1932, au coucher du Soleil, sur du linge blanc qu'on avait mis sécher sur un toit. D'un beau violet, le linge passa en quelques minutes à l'indigo, comme il était prévu. A 6 h 15 m. du matin du 29 mars 1932, tous les bâtiments de Messine semblaient violets, par « nachgluehen ».

19. — Le globe solaire couchant n'était pas non plus toujours blanc ou rouge; souvent il était orangé, jaune ou vert-blanchâtre. Nous ne parlons pas ici du phénomène dit du rayon vert, qui est la coloration (objective ou subjective, n'importe ici) du dernier point visible du Soleil au soir (du premier au matin); au contraire, la coloration du globe *entier* dure quelques minutes. Pour l'observer mieux, il faut faire décroître l'intensité de la lumière, car on sait que lorsqu'une lumière est très vive on la croit toujours plus ou moins blanche. C'est pour cela que je me tenais au dehors de la maison et je regardais l'image du Soleil que donnait obliquement le verre de la fenêtre d'une chambre close; ainsi la plus grande partie de la lumière pénétrait de biais, allant s'éteindre en dedans, dans des points que je ne voyais pas. Lorsque le Soleil n'était pas encore couchant, le verre en donnait une image blanche. De temps en temps, je clignais de l'œil, pour ne pas fatiguer la rétine. La hauteur angulaire à laquelle le Soleil se couche, derrière les montagnes de Sicile n'est pas ici toujours strictement la même, car elles ont des contours quelque peu irréguliers; il se peut que la coloration du globe solaire couchant en dépende.

Je dois remercier très vivement M. le Prof. E. Cherbuliez, Directeur des *Archives*, qui s'est donné la peine de faire moins mauvais mon texte français.

Envoyé le 3 juillet 1933.
