

Une variété nouvelle ou peu connue de gloire étudiée sur le Lac Léman

Autor(en): **Forel, F.-A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **13 (1874-1875)**

Heft 73

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-258098>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Une variété nouvelle ou peu connue de
GLOIRE
ÉTUDIÉE SUR LE LAC LÉMAN

par le D^r **F.-A. Forel**,
Professeur à l'Académie de Lausanne.

La langue de l'histoire désigne sous l'appellation de *gloire* l'auréole qui entoure le nom d'un général illustre par le nombre de provinces qu'il a subjuguées, par les milliers de pauvres soldats qu'il a fait massacrer.

La langue de l'art religieux désigne sous le nom de gloire l'auréole qui entoure la tête des dieux et saints des premiers ordres; dans l'imagerie chrétienne, cet insigne de la divinité est un cercle suspendu plus ou moins obliquement à quelques centimètres au-dessus du vertex; dans l'art antique grec ou latin, la gloire était un faisceau de rayons divergents placés autour de la tête.

Dans la langue de la physique moderne, on appelle gloire un phénomène optique consistant en une auréole brillante qui entoure dans certains cas spéciaux l'ombre de l'observateur.

C'est de cette dernière forme, la plus innocente sans doute, de la gloire que je veux m'occuper aujourd'hui en décrivant une variété peu connue du phénomène et en cherchant l'explication.

L'on a signalé à ma connaissance des gloires apparaissant dans les circonstances suivantes ⁽¹⁾ :

1^o L'observateur tourne le dos à un soleil brillant sur un sol herbeux, sur un terrain labouré ou rocailleux ; il voit son ombre, et en particulier l'ombre de sa tête, entourée d'une zone plus brillante, plus éclatante que le reste du terrain. Winterfeld en a donné, en 1795, l'explication suivante : Si l'on se représente tout le firmament parsemé de lunes, l'on comprendra facilement que la région du ciel la plus brillante, la plus brillamment illuminée, serait celle qui entourerait l'ombre de la terre. Dans cette région, toutes les lunes seraient à l'état de *pleines lunes* ; dans les autres régions du ciel, elles ne seraient qu'à l'état de *quartiers* ou de *nouvelles lunes*. Il en est de même des herbes, des grains de sable, des cailloux, qui, pour notre œil, sont d'autant plus brillamment éclairés et nous montrent une plus faible partie de leur face ombrée qu'ils sont plus près de l'ombre de notre tête.

2^o L'observateur regarde une prairie couverte de rosée exposée au soleil levant ; l'ombre de sa tête est entourée d'une auréole souvent très éclatante, tantôt de reflets nacrés répandus à la surface des feuilles, tantôt d'étincelles fixes et isolées. M. Lommel explique cette gloire en l'attribuant à la réflexion totale de la lumière du soleil au travers de la goutte sphérique de rosée sur la face opaque de la feuille qui la porte, sans être mouillée par elle.

Dans ces deux cas, la gloire est due à un phénomène relativement simple de réflexion ou d'ombre ; la variété de gloire que j'ai à décrire a sa cause dans des phéno-

⁽¹⁾ Cf. *Lommel* : Ueber den Lichtschein um den Schatten des Kopfes. Poggendorff's Jubelband, p. 10 sq. Leipzig 1874.

mènes assez différents, et la théorie de sa production nécessitera quelques développements.

Cette gloire entoure d'une auréole brillante l'ombre de la tête de l'observateur lorsque cette ombre est portée sur l'eau. L'auréole est formée de rayons divergents partant d'un centre au milieu de l'ombre de la tête, rayons alternativement plus brillants et plus sombres que la teinte générale de l'eau, rayons fort inégaux dans leur longueur, ne venant pas nécessairement toucher le bord de l'ombre, rayons fort inconstants, apparaissant et disparaissant instantanément, se déplaçant sans cesse, ne se fixant jamais. Ces rayons ne sont pas absolument rectilignes ; ils sont plutôt légèrement ondulés. Ils ne convergent pas parfaitement vers un même centre ; leur convergence est plutôt une direction générale vers l'ombre de la tête plutôt qu'une figure absolument géométrique. L'auréole devient visible lorsque l'ombre est portée sur une eau assez profonde ou assez opaline pour que l'œil ne distingue plus le fond lorsque cette eau est agitée par des vagues ; le phénomène est d'autant plus brillant que le soleil est plus resplendissant et plus haut sur l'horizon, que la surface de l'eau est agitée par des vagues plus entre-croisées, plus petites et plus nombreuses, que l'eau enfin, sans être opaque, est plus louche, est plus opaline.

C'est sur le lac Léman que j'ai étudié cette gloire, dans la région profonde connue sous le nom d'*eau bleue*, là où l'œil ne voit plus le fond, ou sur les bords lorsque l'eau était assez sale pour masquer absolument le sol. Ce phénomène s'observera partout où les conditions de sa production seront remplies.

Avant de reprendre les différents points touchés par cette description disons quelques mots de l'ombre sur l'eau. Nous parlons d'ombre de la tête, d'ombre portée. Y a-t-il sur l'eau, sur l'eau transparente, une ombre portée des objets opaques ?

Le phénomène de l'ombre se produit sur les corps demi-transparentes d'une manière toute spéciale et fort différente de la manière dont il a lieu sur les corps opaques. Tandis que sur les corps absolument transparents, comme l'air et l'eau physiquement pure, l'ombre est absolument imperceptible, tandis que sur les corps opaques l'ombre se traduit par une différence d'éclairage de la surface et, par suite, par une différence de couleur et de ton, dans les corps demi-transparentes, comme l'air chargé de poussières ou de vésicules de brouillard, ou bien l'eau telle qu'on la rencontre dans la nature, le phénomène de l'ombre se traduit par une différence de couleur et de ton de la masse même du corps demi-transparent. Les poussières de l'air ⁽¹⁾, les poussières de l'eau, illuminées par le soleil, apparaissent plus brillantes que lorsqu'elles ne reçoivent pas cet éclairage, et, en suite de cela, l'eau traversée par un rayon de soleil apparaît plus brillante, plus éclatante, d'une autre couleur que l'eau protégée par un écran. Il en résulte que le cône d'ombre projeté dans l'eau par un corps opaque apparaît d'une teinte plus sombre, plus foncée que la partie de l'eau avoisinante éclairée par les rayons du soleil (par exemple, l'ombre d'un nuage qui passe sur le lac) ; il en résulte aussi que si un artifice quelconque concentre en un point une somme plus forte de

(1) Dans une chambre éclairée par la fente de contrevents entrebaillés.

rayons solaires, ce point apparaîtra plus brillant, plus éclatant, plus lumineux que les régions avoisinantes.

Mais ces différences d'éclairage ne deviennent sensibles à notre œil que lorsque l'épaisseur de la couche d'eau éclairée ou ombrée est suffisante pour impressionner par voie de différence la rétine ; l'expérience suivante le fera comprendre.

Prenez un petit fragment de miroir plane, une lame d'un centimètre de large sur quelques centimètres de long ; placez-le dans le lac, sous une couche de quelques décimètres d'eau, la face réfléchissante tournée en haut. Les rayons solaires réfléchis par la surface brillante formeront une traînée lumineuse suivant laquelle les poussières illuminables de l'eau recevront une somme double de lumière : les rayons directs du soleil et les rayons réfléchis par le miroir. Cette traînée, ce plan lumineux, apparaîtra brillant à l'observateur ; mais celui-ci ne le verra, il ne percevra la différence d'éclairage entre la traînée lumineuse et l'eau avoisinante, que lorsqu'il sera placé de telle sorte que son rayon visuel pénètre suivant une longueur suffisante dans le plan éclairé ; tant que son rayon visuel formera un angle droit ou presque droit avec le plan lumineux, il ne percevra rien ; il ne commencera à le discerner que lorsque son rayon visuel sera presque parallèle, et ne le verra bien que lorsqu'il se confondra presque avec la traînée lumineuse, lorsqu'il l'*enfilera*, pour employer le langage des artilleurs. Il en serait de même de l'ombre portée par un corps opaque assez étroit, un bâton, une rame, par exemple.

En fait, nous ne percevons les différences d'ombre et de lumière dans l'eau que lorsque notre rayon visuel est contenu, ou à peu de chose près, dans les cônes d'ombre ou

de lumière ; dans ce cas, nous percevons la différence d'éclairage des couches de l'eau. En fait, nous distinguons fort bien l'ombre portée sur l'eau par notre propre corps, car nos yeux étant situés au centre du cône d'ombre formé par notre tête, notre rayon visuel est intégralement contenu dans ce cône d'ombre. Mais nous ne voyons pas, ou nous voyons à peine, l'ombre de personnes assises dans le même bateau, mais à quelques mètres de nous ; nos yeux ne sont aucunement en relation avec les cônes d'ombre formés par ces personnes. Notre rayon visuel traverse leurs cônes d'ombre suivant des angles relativement assez ouverts ; il en résulte que même lorsque nous sommes en compagnie, nous voyons notre ombre isolée et solitaire sur l'ombre de notre bateau (1).

C'est un phénomène analogue à celui qui est bien connu et classique sous le nom de spectre du Brocken ; spectre qui, on le voit, se reproduit avec toutes ses particularités, très facilement, très simplement et très normalement. Sur le Brocken, les corpuscules diversement illuminés sont les vésicules peu serrées d'un brouillard peu dense ; sur le Léman, ce sont les fines poussières qui n'opalinent pas même l'onde bleue de notre beau lac.

Mais cette ombre sur l'eau ne se voit bien avec les caractères que je viens de décrire que dans la région profonde du lac, à *l'eau bleue* ; sur les bords, partout où l'on voit le fond, l'ombre portée des corps opaques se dessine sur le fond, surface opaque elle-même, suivant les lois normales et bien connues de l'ombre portée, et cette ombre, bien plus intense et bien plus distincte, masque

(1) Chamisso n'avait-il pas en vue ce phénomène lorsqu'il écrivait son *Peter Schlemihl* ?

et éteint l'ombre diaphane et légère, l'ombre à peine sensible due à la différence d'illumination des poussières de l'eau. Le phénomène du spectre du Brocken ne se produit donc pas dans une eau peu profonde, à moins qu'elle ne soit assez opaque pour masquer absolument le fond. Dans ces conditions de non-transparence de l'eau, j'ai vu le spectre du Brocken même dans la région du *blanc fond* ; mais alors le phénomène tend à se rapprocher de l'ombre portée sur les corps opaques et n'a pas l'éclat et le charme qu'il présente sur l'eau bleue dans les belles journées de l'hiver et du printemps. Si l'on me demande des chiffres, je dirai que le spectre du Brocken est encore visible sur le lac lorsque l'eau est assez transparente pour permettre de voir le fond sous trois mètres d'eau ; au contraire, que lorsque le fond est invisible sous une couche d'un mètre d'eau, l'ombre portée à la surface de cette eau presque opaque est tellement visible, que l'illumination de l'eau elle-même n'apparaît qu'en sous-ordre et accessoirement.

Or, l'ombre de l'observateur portée sur l'eau bleue, sur l'eau profonde et transparente, présente cela de particulier d'être entourée dans certains cas d'une *gloire* très brillante. Ce sont des rayons lumineux qui divergent autour d'un centre situé au milieu de l'ombre de la tête.

Cherchons l'origine de ces rayons, la cause de cette gloire, et établissons pour cela les conditions dans lesquelles elle apparaît :

1^o Ces rayons n'apparaissent que lorsque la surface de l'eau est agitée, et correspondent d'une manière évidente à la forme et la direction des vagues. Quand le lac est *plat comme un miroir*, on n'en voit point ; ils apparaissent à l'instant où la rame fait frémir la surface de l'eau.

— quand les vagues sont mortes et larges, les rayons sont plus larges, et plus brillants aussi, que lorsque les vagues sont étroites et vives ; — quand les lames sont guilochées par des rides, alors les rayons sont en nombre considérable : l'œil ne peut les compter ; — quand le lac est agité de vagues parallèles, régulières, les rayons parallèles aux arêtes des vagues apparaissent seuls, et la gloire est incomplète suivant les autres directions. — La gloire n'est complète, elle n'est formée de rayons divergent dans tous les sens autour de la tête, que lorsque la surface de l'eau est sillonnée par des vagues qui s'entrecroisent dans toutes les directions. Les rayons de cette gloire sont donc liés à l'existence, à la direction et à la forme des vagues.

2^o Lorsque, par un jour de soleil, je regarde le fond du lac, là où il est profond de un à deux mètres, si la surface est agitée par des vagues et surtout par des vagues mortes, je vois se dessiner sur le fond des lignes brillantes, parallèles, marchant comme les vagues, et liées évidemment, leurs allures le démontrent, à l'existence des vagues. Ces lignes brillantes sont dues à la convergence des rayons solaires réfractés par la surface convexe des vagues ; les creux des vagues, surfaces concaves, sont au contraire des surfaces divergentes, et les bandes qui leur correspondent entre les lignes brillantes sont plus obscures, plus sombres, moins éclairées que ne le serait le sol, étant donnés la profondeur et la transparence de l'eau et l'éclat du soleil.

3^o Ces bandes, alternativement brillantes et obscures, qui se dessinent ainsi sur le fond du lac, correspondent à des couches inégalement illuminées de l'eau ; ces couches n'existent pas seulement sur le fond lui-même, mais tra-

versent toute l'épaisseur de l'eau. En effet, si l'on descend dans l'eau une plaque opaque étendue horizontalement, on voit se dessiner à la face supérieure de cette plaque les mêmes bandes claires et obscures, à toutes les profondeurs intermédiaires entre la surface et une profondeur limite qui descend parfois à quatre et cinq mètres. Ces couches formées par les rayons solaires, et prenant en conséquence leur origine au soleil, sont limitées par des surfaces plus ou moins planes, correspondant à peu de chose près à des plans. Ces surfaces planes sont parallèles à la crête des vagues, et elles se déplacent avec celles-ci. Leur direction est donc déterminée par la position du soleil d'une part, et par l'orientation des vagues d'une autre part.

Nous pouvons donc considérer l'eau comme traversée suivant ces plans par des couches parallèles alternativement brillantes et sombres, que nous désignerons par le nom de *plans* ou *couches d'illumination*, comprenant des couches illuminées et des couches ombrées.

4^o D'après ce que nous avons dit plus haut, ces couches d'illumination ne deviendront distinctes à notre œil que lorsque le rayon visuel les coupera suivant une longueur suffisante ; disons : lorsque le rayon visuel sera compris dans les couches elles-mêmes.

5^o Les couches diversement éclairées ne devenant visibles que lorsque le rayon visuel peut les enfileur en étant contenu dans leur intérieur, il en résulte que nous ne distinguerons que celles de ces couches dont la position sera telle qu'elles feront partie d'une surface conique dont le sommet serait au centre optique de l'œil.

6^o Ces couches d'illumination, pour être discernées par

notre œil, devront donc répondre à une double condition. Premièrement, c'est la condition de la production : être établies suivant la direction des rayons solaires. Deuxièmement, c'est la condition de leur perception par notre œil : faire partie d'une surface conique dont le sommet est au centre de l'œil. Or, si l'on recherche les cas où ces deux conditions peuvent se réaliser simultanément, l'on arrive à éliminer toutes les directions autres que celles de *plans passant par l'axe optique parallèle aux rayons solaires*, autrement dit par la ligne allant du soleil au centre de l'ombre de la tête de l'observateur ; en effet, tous les autres plans d'illumination formés par des rayons solaires parallèles à cet axe ne sont pas compris dans la surface conique des rayons visuels.

Tout plan d'illumination passant par cet axe pourra donc devenir distinct à notre œil, et l'on comprendra sans autre démonstration que ce plan nous apparaîtra à la surface de l'eau comme une ligne droite, rayon d'un cercle dont le centre serait au milieu de l'ombre de notre tête.

Ce sera l'un des rayons de la gloire dont nous cherchions l'explication.

7° Nous avons raisonné jusqu'ici dans la supposition que le plan d'illumination ne devient apparent que lorsqu'il est *enfilé* par le rayon visuel, lorsque le rayon visuel est compris entièrement dans le plan d'illumination. En réalité, il apparaît déjà lorsque le rayon visuel, sans l'enfiler absolument, lui est presque parallèle. Il en résulte que nous discernons déjà les plans d'illumination, alors même qu'ils ne passent pas absolument par l'axe optique parallèle aux rayons solaires, mais s'ils en sont très rapprochés ; il en résulte que les lignes brillantes qu'ils traceront dans l'eau

ne seront pas toujours des droites, des rayons absolument et géométriquement convergent vers le même centre. Il en résulte qu'il y aura une certaine latitude dans la rigidité de cette convergence et dans la rectitude des rayons de l'auréole.

8^o Si les vagues étaient géométriquement parallèles, les plans d'illumination le seraient aussi, et nous ne verrions en fait de rayons à notre gloire que deux droites, les deux moitiés du diamètre parallèle à la crête des vagues. Mais le parallélisme absolu n'est pas dans la nature des ondulations de l'eau, et même lorsque les rides sont les plus régulières, nous voyons toujours quelques rayons divergents autour du diamètre dont nous venons de parler. Mais l'on comprend que ces rayons formeront une gloire d'autant plus régulièrement distribuée autour de la tête que les vagues s'entre-croiseront dans des directions plus compliquées et plus diverses. Le ressac des vagues qui viennent heurter contre les flancs du bateau suffit, même lorsque les vagues sont le plus parallèles, pour les faire s'entre-croiser de telle sorte que la gloire apparaît dans toute sa beauté.

9^o Comme ces rayons sont le résultat de différences d'illumination dans l'eau, les plans éclairés seront d'autant plus brillants, les plans ombrés d'autant plus sombres que les rayons solaires seront plus entièrement réunis ou dispersés ; la gloire sera donc formée de lignes d'autant plus éclatantes que les vagues seront plus convexes, plus mortes, que leurs crêtes formeront des arêtes mousses et arrondies.

10^o Les rayons de cette gloire étant dus à des différences très faibles d'illumination des couches de l'eau, leur éclat est très peu intense. De même donc que l'ombre portée

sur l'eau, dont nous avons parlé plus haut, ils ne se voient pas lorsque le fond de l'eau éclairé apparaît à l'œil, et ils ne deviennent visibles qu'à l'eau bleue, là où la teinte sombre des couches profondes du lac permet de distinguer les plus faibles nuances de ton et d'éclairage de la surface. Ils apparaîtront encore dans une eau peu profonde, lorsque l'eau est assez louche pour masquer les détails du fond.

Si l'eau est assez opaque pour laisser voir à sa surface l'ombre portée, les couches profondes de l'eau ne peuvent pas s'illuminer et la gloire n'apparaît plus.

11^o Lorsque le soleil s'abaisse sur l'horizon, la quantité de ses rayons réfléchis par la surface de l'eau augmente par rapport au nombre de ceux qui sont réfractés; il en résulte que les lignes alternativement brillantes et ombrées de la gloire apparaissent avec d'autant plus d'éclat que le soleil est plus haut sur l'horizon, et qu'elles disparaissent absolument ⁽¹⁾ lorsqu'il est très bas. Du reste, la même loi s'appliquant à tous les rayons lumineux, le phénomène de l'ombre portée sur l'eau transparente est soumis aux mêmes conditions et ne peut s'observer que lorsque le soleil est à une certaine hauteur.

12^o Il est un cas où le phénomène de la gloire n'est pas apparent, alors même que toutes les conditions favorables à sa production sont représentées. C'est lorsque l'observateur est placé sur un bateau à vapeur en marche. Si la vitesse du navire est assez forte, les lignes

(1) Auteur de l'ombre de la tête du moins, car l'observateur peut les retrouver encore au-dessous de lui, ou même entre lui et le soleil, sous la forme de grands rayons, presque parallèles et dont le centre doit s'aller chercher bien loin, là où serait l'ombre de sa tête, si l'ombre pouvait se produire.

rayonnantes, alternativement éclairées et ombrées de la gloire, se confondent comme les rayons d'une roue de char blanche qui tourne rapidement devant l'œil ; ils n'ont pas le temps de faire image sur la rétine. L'observateur attentif ne peut alors discerner que quelques-uns des rayons de sa gloire, ceux qui sont parallèles à la ligne de marche du bateau.

Il en est de même lorsque je rame dans ma péniche, dont la marche est assez rapide. Pendant le premier temps du mouvement de la rame (je rame assis, en regardant l'arrière du bateau), alors que je me penche en arrière en appuyant sur la rame, et que j'augmente encore par ce déplacement la vitesse de progression de ma tête, et par suite la vitesse de la translation de mon ombre sur l'eau, je ne vois plus les rayons de la gloire autour de l'ombre de ma tête ; je les distingue au contraire fort bien dans le second temps de mouvement de la rame, quand mon corps se penchant rapidement pour ramener la rame en avant, mon ombre reste pour un instant immobile par rapport à la surface de l'eau.

13° Enfin la contre-épreuve du phénomène de la gloire, ou, si l'on veut, une gloire négative, est donnée dans le cas suivant : l'ombre d'un arbre portée sur l'eau profonde paraît composée de rayons sombres convergent autour de l'ombre de la tête de l'observateur, lorsque celui-ci est placé dans le cône d'ombre formé par l'arbre ; ces rayons se déplacent dans la même direction et de la même manière que progresse l'ombre de l'observateur.

C'est sur le quai neuf d'Evian, là où les jeunes platanes, à feuillage peu serré, portent sur une eau profonde leur ombre entrecoupée de parties éclairées, que j'ai observé pour la première fois cette ombre singulière, dont l'expli-

cation est analogue à celle que j'ai donnée de la gloire lumineuse décrite plus haut.

Ces divers détails du phénomène coïncidant avec la théorie, et la théorie rendant parfaitement compte des faits, nous croyons avoir ainsi donné l'explication du phénomène qui nous occupe et nous concluerons :

I. La gloire que nous voyons autour de l'ombre de notre tête, lorsque cette ombre est portée sur l'eau bleue du Léman, est due aux différences d'illumination des couches d'eau. Les couches d'eau sont différemment illuminées suivant qu'elles correspondent aux surfaces convexes (convergentes) ou concaves (divergentes) des vagues.

II. La production de cette gloire est une démonstration de la faculté d'illumination de l'eau en raison des poussières qu'elle renferme. De l'eau physiquement pure ne fournirait ni ombre ni gloire ; un liquide absolument opaque, de l'encre ou du mercure, offrirait une ombre portée à sa surface, mais point de gloire.

