

# Réfractions et mirages : passage d'un type à l'autre sur le Léman

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

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **32 (1896)**

Heft 122

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-264733>

## **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.

# RÉFRACTIONS ET MIRAGES

PASSAGE D'UN TYPE A L'AUTRE SUR LE LÉMAN

PAR

F. - A. FOREL

---

Les rayons lumineux qui rasant la nappe du lac traversent des couches qui sont le plus souvent stratifiées. Cette stratification est, ou bien thermique, ou bien hygrométrique. La température de l'atmosphère ambiant est le plus souvent différente de celle de la surface de l'eau et les couches inférieures de l'air sont ou réchauffées ou refroidies par le contact avec la masse liquide; leur stratification thermique est, ou bien *directe* quand les couches plus chaudes sont superposées aux plus froides, ou bien *inverse* quand les couches chaudes sont au-dessous des froides. Le liquide d'autre part livre de l'humidité à l'air qui, en principe, est saturé dans les couches au contact de l'eau, tandis qu'il peut être fort sec à quelques mètres plus haut; la stratification hygrométrique est toujours directe.

L'indice de réfraction de l'air est diminué par l'élévation de la température et par l'augmentation de l'humidité. Par conséquent les stratifications thermiques et hygrométriques doivent, chacune à sa manière, faire dévier de la ligne droite le trajet des rayons lumineux; elles les réfractent.

Les réfractions dues à l'état hygrométrique de l'air sont extrêmement faibles, comparées à celles qui proviennent des différences de température. Celles-ci sont de beaucoup les dominantes: elles produisent seules des effets appréciables.

Il résulte de ces réfractions que la nappe lacustre, visée suivant un angle rasant, et que les objets très bas sur l'eau apparaissent à l'œil déplacés ou déformés.

Appelons *horizon vrai* le point de la surface lacustre touché par une droite tangente passant par notre œil; appelons *horizon apparent* le point où le rayon lumineux qui arrive à notre œil, rayon dévié ou non par les réfractions, est tangent à la surface

du lac. En l'absence de réfraction, l'horizon apparent se confond avec l'horizon vrai. Le *cercle de l'horizon* est la série des points tracés par l'horizon dans les divers azimuts.

Nous admettons deux types généraux de réfraction :

Les *réfractions sur eau chaude* lorsque l'eau est plus chaude que l'air ; les couches atmosphériques en contact avec l'eau sont en stratification inverse.

Les *réfractions sur eau froide*, lorsque l'eau est plus froide que l'air ; la stratification thermique des couches inférieures de l'air est directe.

**Réfractions sur eau chaude.** — La stratification thermique étant inverse, un rayon lumineux tangent à la nappe lacustre, parti d'un point au-delà de l'horizon apparent, traverse d'abord, au-delà de l'horizon, des couches de moins en moins denses, ensuite il se relève jusqu'à l'œil en traversant des couches de plus en plus denses. Dans ces conditions, par le fait des réfractions, ce rayon parcourra une trajectoire courbe à concavité supérieure ; il entrera dans notre œil suivant une direction trop basse, ou, plus précisément, la ligne visuelle entrant dans l'œil sera plus éloignée de la normale que s'il n'y avait pas de réfraction. Il en résulte les faits suivants :

a) L'horizon apparent est abaissé.

b) Le cercle de l'horizon apparent est rapproché,

c) En dedans du cercle de l'horizon apparent la nappe du lac présente une apparence de convexité exagérée. L'œil croit voir la rotondité de la terre, qui échappe en réalité à son observation.

d) Si le lac est agité par des vagues la ligne de l'horizon présente une dentelure extraordinaire ; les crêtes des vagues semblent se surélever en crêtes apparentes. (Fig. 1.)<sup>1</sup>



Fig. 1. Dentelures des vagues en cas de mirage.

e) Au-delà de l'horizon apparent, les objets en vue, mais bas sur l'eau ne sont pas sensiblement déplacés ; ils se voient donc

<sup>1</sup> Les figures 1, 2, 4 et 5 sont tirées de mon *Léman*, monographie limnologique, tome II, Lausanne 1895 ; la figure 3 est tirée d'un article publié dans *La Nature* de Paris, XXV. I. 19. 1896.

à leur position normale. En revanche, le cercle de l'horizon étant sensiblement abaissé, il reste entre deux une zone dans laquelle apparaît le phénomène du mirage. Un second rayon parti de chaque point visé, arrive à l'œil en suivant une courbe à concavité supérieure; il donne donc une seconde image du point qui paraît en contrebas de l'image réelle. La combinaison de ces points de vision réfractée donnent une image totale de l'objet, image renversée, symétrique, égale à l'image réelle, placée en dessous de celle-ci. (Fig. 2.) C'est le *mirage*, le *mirage du désert*.

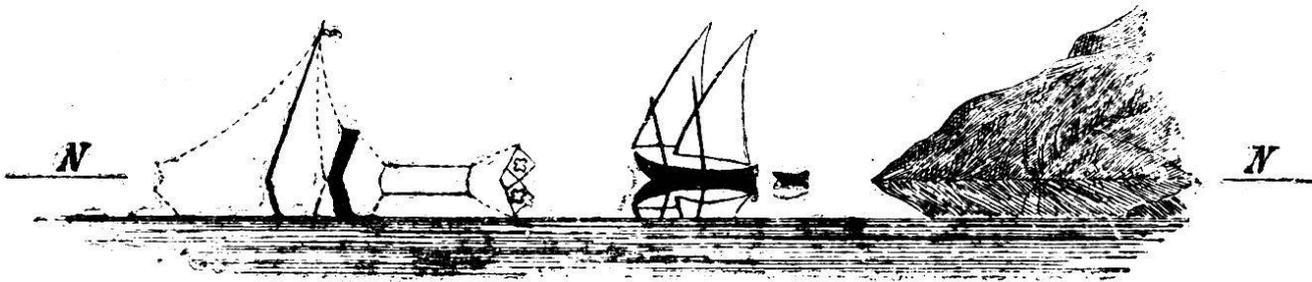


Fig. 2. Mirage sur eau chaude.

Les réfractions sur eau chaude sont d'apparition presque constante dans l'automne et dans l'hiver, alors que l'atmosphère est plus vite refroidie que l'eau, laquelle garde plus longtemps le calorique emmagasiné pendant l'été. De même elles apparaissent au printemps et en été dans les heures de la matinée, l'air s'étant refroidi pendant la nuit au-dessous de la température de l'eau.

**Réfractions sur eau froide.** — La stratification thermique est directe. Les rayons lumineux qui rasant l'eau ont une trajectoire incurvée, à concavité inférieure; ils entrent dans notre œil en suivant une direction trop relevée; la ligne visuelle entrant dans l'œil est plus rapprochée de la normale que s'il n'y avait pas de réfraction.

Il en résulte :

- a) Que l'horizon apparent est surélevé.
- b) Que le cercle de l'horizon apparent est plus éloigné que l'horizon vrai.
- c) Que, en dedans de l'horizon apparent la nappe du lac semble concave, à concavité supérieure.
- d) Que, au delà de l'horizon vrai, des objets masqués par la rotondité de la terre apparaissent à notre œil. Un spectateur

debout sur la grève de Morges voit dans ces circonstances Chillon situé à 35 km. de distance, alors même que la tangente non réfractée passerait à 70 mètres en dessus de l'eau, c'est-à-dire bien au-dessus du faite du donjon du château.

e) Que, au delà de l'horizon qui est relevé, les objets en vue mais bas sur l'eau apparaissent déformés, comprimés de bas en haut; ils semblent avoir perdu de leurs dimensions verticales.

Les réfractions sur eau froide apparaissent dans les heures de l'après-midi, au printemps et en été, quand l'air réchauffé par le soleil élève sa température plus rapidement que l'eau.

---

Comment se fait le passage entre les deux types de réfractions, réfractions sur eau chaude et réfractions sur eau froide ?

L'un de ces passages nous a jusqu'à présent complètement échappé, c'est celui des réfractions sur eau chaude succédant aux réfractions sur eau froide. Dans les belles soirées de printemps ou de l'été, nous n'avons rien vu de cette transformation des réfractions. Il est probable que la transition ne s'opère que pendant la nuit, lorsque l'air plus vite refroidi que l'eau a abaissé sa température au-dessous de celle du liquide. Depuis le printemps de 1896, j'ai multiplié les observations sur les mirages que montrent parfois les flammes du gaz des villes littorales du Léman situées à distances suffisantes de Morges, Evian, Ouchy, Vevey; mais je ne suis pas encore arrivé à rien de satisfaisant.

Au contraire, pendant les journées calmes de la saison chaude, printemps et été, nous avons pu surprendre l'autre passage entre les deux types successifs de réfractions. L'air qui pendant la nuit et le matin était plus froid que l'eau se réchauffe relativement plus vite, atteint la température de l'eau puis la dépasse. Dans les premières heures de la matinée nous avons les réfractions sur eau chaude, dans les dernières heures de l'après-midi nous avons les réfractions sur eau froide. Comment se fait la transition ?

Si l'air est calme les réfractions ne suivent pas immédiatement le changement que subit le thermomètre observé sur terre ferme, ou sur le lac à quelques mètres au-dessus de l'eau. Nous aurions pu nous attendre à voir les réfractions sur eau chaude avec le mirage (fig. 3 A), très fortes dans les premières heures de la matinée, diminuer progressivement d'intensité et de gran-

deur à mesure que la température de l'air se rapproche de celle de l'eau ; puis, lorsque l'égalité est atteinte dans les deux températures, les voir cesser complètement ; puis, lorsque l'air plus vite réchauffé aurait une température supérieure à celle de l'eau, voir apparaître progressivement les réfractons sur eau froide (fig. 5 D) qui obtiendraient leur maximum dans le milieu de l'après-midi. Il n'en est rien. Les nombreuses observations que nous avons faites sur le Léman nous montrent une marche très différente.

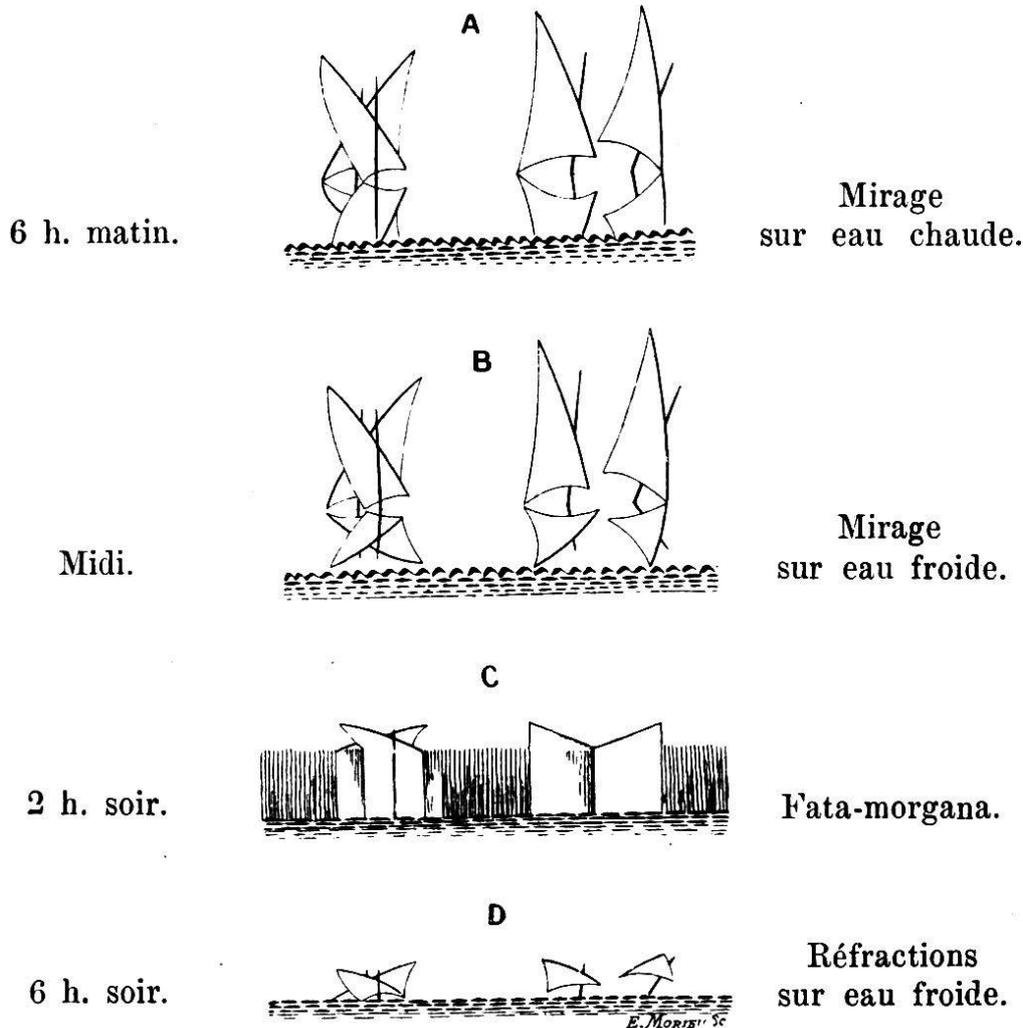


Fig 3. Déformations successives des mêmes barques par les différents mirages et réfractons, dans le cours d'une journée de printemps.

Quand dans son ascension progressive le thermomètre a atteint et dépassé dans l'air la température de la surface de l'eau, nous voyons persister pendant longtemps, pendant bien des heures, le type de réfractons sur eau chaude que nous avons constaté dans les premières heures de la matinée. Les mêmes mirages, la même exagération de la rotundité apparente de la terre, le même rapprochement de cercle de l'horizon, les

mêmes dentelures des vagues, tous les caractères que nous avons décrits aux réfractions sur eau chaude s'offrent à nous alors même que l'air est notablement plus chaud que l'eau. La seule différence que nous ayons su constater dans ces *mirages sur eau froide* c'est la déformation de l'image renversée du mirage ; elle est symétrique à l'image réelle comme dans le mirage sur eau chaude, mais elle n'est plus égale en dimensions à cette image réelle ; elle est comprimée ; sa hauteur n'est plus que la moitié, le tiers, le quart de l'image réelle. (Fig. 4 et fig. 3 B.)

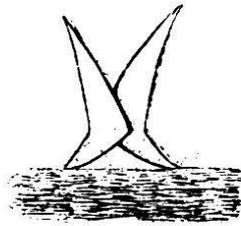


Fig. 4. Mirage sur eau froide.

Tout à coup, par un changement à vue, les réfractions transforment leur type, sous l'influence, à ce que je crois avoir observé, d'un souffle de brise qui traverse le lac et rompt, semble-t-il, un état d'équilibre instable. Les réfractions sur eau froide (fig. 3 D) apparaissent à l'un des bouts du cercle de l'horizon, tandis qu'à l'autre bout les mirages sur eau froide persistent. Les réfractions sur eau froide de nouvelle apparition gagnent successivement toutes la périphérie et finissent par l'occuper entièrement. Au point où se fait ce changement, sur une largeur plus ou moins grande, en général quelque dix ou vingt degrés du cercle de l'horizon, apparaît le singulier phénomène de la *Fata-morgana*. Les masses éclairées au delà du cercle de l'horizon semblent déformées en rectangles juxtaposés, dont le bord supérieur est la suite de l'horizon relevé des réfractions sur eau froide, et le bord inférieur la suite de l'horizon abaissé des réfractions avec mirage. Ces rectangles simulent les falaises d'une côte escarpée, ou mieux encore les maisons des quais d'une grande ville. (Fig. 5.)

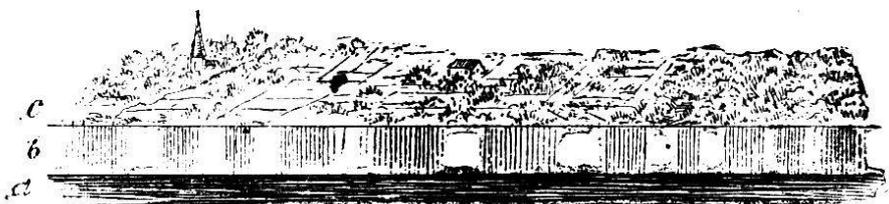


Fig. 5. Fata-morgana.

Ces palais de la fée Morgane se déplacent sur le tour de l'horizon à mesure que les réfractions sur eau froide gagnent d'un côté le terrain que les réfractions avec mirage perdent de l'autre. (Fig. 3 C.)

Pour illustrer cette description j'ai dans la figure 3 superposé au-dessus les unes des autres le dessin de deux barques marchandes du Léman, censées naviguer à quelque 10 kilomètres de distance d'un spectateur placé sur la grève du lac. Les quatre types de réfraction, réfraction sur eau chaude avec mirage, mirage sur eau froide, Fata-morgana, réfraction sur eau froide sans mirage, déforment tellement l'image de nos barques qu'elles seraient méconnaissables pour un observateur non prévenu.

J'aurai peut-être à revenir sur cet essai de généralisation des faits que j'ai analysés longuement dans mon *Léman* (t. II, p. 514-561. Lausanne, 1895). Car alors même que nos observations se comptent par centaines et par milliers, les phénomènes sont si subtils et si passagers qu'ils échappent le plus souvent à un contrôle immédiat; ils demandent des répétitions infinies avant d'être bien saisis par celui qui veut, je ne dirai pas les comprendre ou les expliquer, mais au moins les constater et les interpréter.

