Zeitschrift: Bulletins des séances de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 5 (1856-1858)
Heft: 38

Artikel: Des températures de l'air et des mirages à la surface du Lac Léman
Autor: Dufour, L.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-284072

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: 18.07.2025

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

été obtenus dans des conditions beaucoup plus favorables, on courrait risque d'altérer peut-être l'exactitude de ces premiers résultats.

17. *Conclusion.* En résumé donc, je crois pouvoir conclure des observations que j'ai faites sur la scintillation des étoiles :

1° *Que toutes choses égales d'ailleurs, les étoiles rouges scintillent moins que les étoiles blanches.*

2° *Que l'intensité de la scintillation est à peu près proportionnelle au produit obtenu, en multipliant la refraction astronomique pour la hauteur à laquelle se trouve l'étoile par l'épaisseur de la couche d'air traversée par le rayon lumineux que l'on considère.*

3° *Qu'outre le fait de la différence des couleurs, il paraît y avoir encore, entre la scintillation des diverses étoiles, des différences essentielles qui proviennent peut-être des étoiles elles-mêmes.*

18. Maintenant que j'ai effectué ces premières recherches, recherches que je ne pensais pas même entreprendre, quand je commençai mes observations sur la scintillation, et que, par la courbe de la figure 2, j'ai la relation qu'il y a entre la hauteur apparente d'une étoile et l'intensité de sa scintillation, il m'est possible de reprendre les notes que je possède, et d'examiner la question au point de vue météorologique, ce qui était mon but premier, et d'utiliser à cet effet les 15000 observations que j'ai recueillies.

J'espère pouvoir faire de cette question le sujet d'une communication subséquente.

DES TEMPÉRATURES DE L'AIR ET DES MIRAGES A LA SURFACE DU LAC LÉMAN.

Par Mr **L. Dufour**, prof. de physique à l'Académie de Lausanne.

(*Suite.*)

(Séance du 6 février 1856.)

Températures de l'air.

9. J'arrive maintenant à la partie la plus importante de ce travail, la détermination de la température des couches d'air à la surface du lac, température dont les variations donnent précisément lieu au phénomène du mirage.

La recherche des températures de l'air est toujours une opération difficile. Dans les circonstances dont il s'agit ici, cette recherche est entourée d'un ensemble de difficultés plus considérable encore que lorsqu'on observe à la surface du sol. Les tentatives pour déterminer la température de l'air sur des surfaces échauffées et alors qu'il y a mirage ne sont pas nombreuses. Il faut, en effet, mesurer cette tem-

pérature dans des points voisins sur une même verticale; il faut pouvoir apprécier des différences de chaleur même minimes et éviter autant que possible de provoquer un mélange des couches atmosphériques. Dans tous les travaux faits sur le mirage (Woltmann, Gruber, etc.) jusqu'à Wollaston, il n'est jamais question que des apparences optiques. Wollaston fit quelques déterminations de température à la surface d'un chemin sablonneux et aussi à diverses distances d'une barre de bois exposée au soleil. MM. Biot et Mathieu ont aussi observé les variations de la température de l'air à diverses hauteurs au-dessus de la laisse de basse mer. Ces observations sont toujours peu nombreuses et insuffisantes pour permettre de rechercher la loi de ces variations.

10. Les recherches que j'ai faites au-dessus du Léman avaient pour objet la connaissance de la température de l'air à diverses hauteurs au-dessus de la surface jusqu'à une distance de 1^m50 à 2^m. Les difficultés sont ici nombreuses et variées. Il s'agit d'avoir un instrument assez sensible pour apprécier facilement des différences ne s'élevant qu'à quelques dixièmes de degré; observer au-dessus de l'eau à une distance assez considérable du rivage; se garantir autant que possible des effets de rayonnement; agiter le thermomètre dans l'air en demeurant pourtant dans une même couche sensiblement horizontale et enfin prendre la température aussi près que possible d'une nappe d'eau qui n'est que bien rarement tout à fait immobile.

Je me transportais avec un petit bateau un peu au large et je me servais d'un thermomètre Fastré à graduation arbitraire. Chaque division, de la longueur de $^5/_9$ millimètre, équivalait à $0°,1816$. Le thermomètre, suspendu par une ficelle à l'extrémité d'un bâton, était alors suspendu dans l'air à une certaine distance du bateau et à des hauteurs variables au-dessus de l'eau. Enfin, par un léger mouvement communiqué au bâton, que je tenais le bras étendu comme un pêcheur tient la ligne, je faisais décrire à la ficelle et au thermomètre une oscillation conique, de manière que l'instrument agité dans l'air demeurait cependant dans une même couche horizontale. Une règle graduée servait à mesurer la hauteur de cette couche au-dessus de la surface de l'eau.

J'ai toujours cherché à mesurer la température dans des points aussi voisins que possible de la nappe liquide. Le degré de proximité dépendait de l'état plus ou moins agité du lac. En général, ce qui, dans les tableaux suivants, est indiqué par « surface » correspond à une couche d'air située à 5 centimètres de la surface de l'eau. En approchant le thermomètre davantage, il y avait à craindre de plonger accidentellement la cuvette de l'instrument et de troubler ainsi les observations. J'ai toujours pu faire décrire au thermomètre son cercle d'oscillation à une aussi petite distance de l'eau, grâce à la production d'une image réfléchie qui s'approchait ou s'éloignait de l'instrument dès que la distance verticale du thermomètre venait à

changer. L'image étant beaucoup plus visible que la surface de l'eau, c'est la distance entre l'objet et l'image que je cherchais à maintenir constante dans les mouvements imprimés au thermomètre très-proche de la surface.

La lecture de l'instrument se faisait assez aisément en le rapprochant et en regardant par transparence contre le ciel. Je répétais ordinairement deux fois chaque observation, afin d'être sûr que le mercure avait bien pris la température de l'air.

Je ne me dissimule point que ce mode d'observation est encore entaché de plusieurs inconvénients. Ainsi, dans les zones les plus basses, le rayonnement de l'eau pouvait bien avoir quelque influence et il aurait été peut-être convenable d'argenter la cuvette de l'instrument. Pendant le mouvement conique auquel le thermomètre était soumis, il a bien pu y avoir parfois quelque faible changement dans sa hauteur verticale et, souvent, les mouvements légers du bateau, occasionnés par les petites vagues de la surface de l'eau, déterminaient des déplacements inévitables dans la position horizontale de l'instrument.

A ces diverses causes d'erreur, on peut en ajouter une autre inhérente à la nature même du sujet et qui rend à peu près impossible une indication parfaitement rigoureuse de la température de chaque couche horizontale. Par le fait que les diverses couches sont inégalement denses, elles tendent constamment à se déplacer; en outre, l'air est toujours agité d'une manière plus ou moins forte et ainsi la température d'une même zone change très-certainement d'un instant à l'autre. Tout ce que l'on peut désirer et espérer dans ces déterminations de température à la surface de l'eau, c'est la connaissance approximative de la valeur moyenne que possède chaque couche, valeur moyenne qui dépend de sa hauteur.

11. La simple inspection du tableau I montre que la diminution de la température avec la hauteur est évidente et se trouve même quelquefois être assez notable. On pourrait désirer de savoir jusqu'à quelle distance la surface de l'eau exerce son influence, et à partir de quel point la température demeure sensiblement invariable. Dans l'observation du 8 mars 1809, faite sur la laisse de basse mer à Boulogne, par Mr Biot, l'influence du sable s'est fait sentir jusqu'à 93 centimètres. Au-dessus de ce point, dit M. Biot, la température devenait sensiblement constante. A la surface du lac Léman, l'action réchauffante de l'eau s'étend bien souvent à des hauteurs plus grandes. Il suffit de jeter les yeux sur le tableau I pour en avoir la preuve. Le 28 septembre 1854, les couches d'air situées à 1 mètre étaient plus chaudes que celles de 1^m8, et de ces dernières, la température continuait à baisser jusqu'à 2^m2. La même remarque peut être faite le 1er octobre, pour les couches de 1^m et 1^m50; le 3 octobre, etc. Cet état de choses n'est cependant pas absolu et il arrive aussi qu'à partir de 1^m la température reste constante. Ainsi, le 4 octobre, le 5 octobre, etc. Enfin, dans certains cas, il y a eu de nouveau élé-

vation de température à partir d'une certaine limite. Ce fait, qui m'a fort surpris la première fois que je l'ai constaté, s'est reproduit à plusieurs reprises et se vérifiait complètement lorsque je répétais les observations. Le 29 septembre en donne un exemple frappant. La couche située à 1^m8 est de 0^o38 plus chaude que celle de 1^m1. Le 7 octobre, on voit les couches situées à 0^m6 et 1^m2 avoir une température supérieure à celle de 0^m4. Le 11 octobre, une remarque analogue peut se faire ainsi que le 7 octobre 1855.

Je n'ose donc pas, me basant sur les observations, indiquer la limite verticale de l'influence de la température du lac. Cette limite est très-généralement au-dessus de 1^m, mais on ne saurait lui assigner une valeur précise.

12. L'examen des températures de l'air et de leur variation à la surface de l'eau peut donner lieu à des remarques assez singulières eu égard à l'état agité ou tranquille de l'atmosphère. On serait assez disposé à croire, *a priori,* que les faibles changements de température qui se présentent entre la surface et un mètre, ne sont possibles que pour un air parfaitement calme, et il semble infiniment probable que l'agitation de l'atmosphère doive faire évanouir ces faibles variations ou du moins leur enlever toute régularité. Il n'en est cependant rien. Il arrive souvent à la surface du Léman que les mirages, conséquences de l'état de densité des couches d'air, se montrent avec une grande netteté et d'une manière très-prononcée lorsque l'air est en mouvement et que l'eau est même assez agitée. Mr Wartmann a signalé une observation de mirage par une forte bise et alors que les vagues étaient passablement fortes. Woltmann remarque aussi que le mirage apparaît plus sensible quand la surface de l'eau est ridée.

Cette production du mirage dans des circonstances où l'agitation de l'air et le mouvement des flots semble devoir mélanger complétement les couches atmosphériques voisines m'a souvent frappé. J'ai vu, comme Mr Wartmann, des mirages très-prononcés par un vent assez intense pour provoquer de fortes vagues. C'est surtout lorsque le vent du nord souffle et que le lac prend une teinte d'un bleu verdâtre que cette apparence est le plus remarquable. L'existence du mirage, dans ces circonstances-là, prouve que l'agitation de l'atmosphère ne rend pas impossible la persistance des couches inégalement chaudes et par conséquent inégalement denses à des hauteurs très-voisines. Plusieurs observations de température montrent que ces variations ont pu même être souvent constatées directement. En jetant les yeux sur les tableaux I et II, on pourra même être frappé de ce fait, que les jours où les variations de la température avec la hauteur étaient les plus nettes, sont précisément ceux où une brise plus ou moins forte agitait l'air. J'étais chaque fois nouvellement surpris en voyant le décroissement de la chaleur se montrer d'une façon aussi précise alors que la surface de l'eau était ridée et frissonnante sous l'influence d'un courant d'air qui faisait dériver mon bateau avec une assez grande rapidité. Les observations du 29 et 30

septembre, 1er et 5 octobre 1854 et d'autres encore sont remarquables sous ce rapport. Je suis même porté à croire que les variations dans la température de l'air, et par suite la production du mirage, sont plus prononcées lorsque l'air est agité que lorsqu'il est complètement calme. Les observations du 25 septembre, 3 et 11 octobre, comparées à celles qui précèdent, viennent à l'appui de cette opinion.

Il résulte donc des détails qui précèdent que des mouvements, même assez violents, dans l'air peuvent se produire sans qu'il y ait un mélange des couches situées à une inégale hauteur. Il semble ainsi que — à la surface du lac du moins — il peut y avoir un déplacement des particules atmosphériques dans une direction sensiblement horizontale. Les couches en contact avec l'eau y demeurent tout en glissant sur la surface liquide, et ainsi les divers étages d'inégale densité se déplacent, sans se mélanger, comme s'écouleraient sur un plan incliné un mélange de mercure, d'eau et d'huile.

13. Les densités de l'air, à diverses hauteurs, se concluent facilement des températures observées, et comme ce sont les variations de la densité qui influent sur les apparences optiques, j'ai calculé ces grandeurs pour toutes les diverses températures notées à la surface du lac. La densité de l'air à la température de 0° étant connue, sa densité à une autre température s'en conclut facilement à l'aide de la formule :

$$\delta = \frac{1}{1 + 0{,}00367\, t}$$

où δ exprime la densité, t la température et 0,00367 le coefficient de dilatation de l'air, tel qu'il est indiqué par M. Regnault. La colonne *densité* dans le tableau I a été ainsi obtenue. La densité de l'air à 0° était supposé 10,000. Il n'y a pas lieu ici de tenir compte de la hauteur barométrique. Pendant le court intervalle de temps que duraient les déterminations de température, cette hauteur ne variait pas d'une manière suffisante pour modifier les chiffres indiquant les densités.

Dans la recherche de la loi qui relie les densités et les hauteurs, il se présente un inconvénient qui entrave singulièrement la découverte de cette loi. Il n'est pas possible, en effet, de prendre les *moyennes* des observations et de raisonner sur ces moyennes. On ne peut pas prendre la densité moyenne à 0^m2, à 0^m4, à 0^m6, etc., telle qu'elle résulterait du calcul appliqué à une dizaine d'observations. Les diverses observations ne se trouvent pas dans des circonstances identiques. La température de l'eau et celle de l'air varie d'un jour à l'autre. Le 1er octobre, par exemple, l'eau est à 15°77 et l'air, dans les couches constantes, ne dépasse pas 9°40. Différence : 6 à 7°. — Le 4 octobre, l'eau est à 15°96 et l'air de 12 à 13°. Différence : 3 à 4°. — Le 8 octobre, l'eau est à 15°90 et l'air de 12 à 13° également. Ainsi, la différence entre l'eau et l'air pris à une hauteur où sa température est constante, n'est point une quantité invariable.

Or, le décroissement des températures dépend de cette différence; par conséquent, ce décroissement n'est point comparable à lui-même d'un jour à l'autre. En calculant des moyennes pour ce genre d'observations, on commettrait une erreur aussi grande que si l'on comparait des hauteurs barométriques obtenues à diverses stations verticales pour obtenir la hauteur moyenne de 8 heures du matin dans la station la plus basse.

Il faut donc nécessairement examiner chaque observation isolée et cette nécessité ne permet malheureusement pas de faire évanouir les erreurs inévitables dans de semblables déterminations. Parmi les observations consignées dans le tableau I, il y a lieu de faire un choix. Quelques-unes sont beaucoup plus précises et m'inspirent beaucoup plus de confiance que les autres. Je n'ai donc soumis au calcul que celles qui ont été faites dans les circonstances les plus propres à représenter la vraie variation de la température avec la hauteur.

15. Les planches I et II sont des courbes représentant la marche des températures et celles des densités pour 7 observations choisies.

Il suffit de jeter les yeux sur la pl. I pour voir le décroissement de la température avec la hauteur. Les couches les plus basses sont celles qui correspondent aux jours où la différence entre la température de l'air et celle de l'eau était le plus considérable. On peut remarquer que le décroissement de la température s'y fait surtout apercevoir dans les couches les plus voisines de la surface, jusqu'à 0^m3 ou 0^m4. Plus haut, la température varie beaucoup moins. Les deux courbes supérieures (23 septembre et 9 octobre) correspondent à des jours où la différence entre l'eau et l'air était moins considérable. Elles représentent évidemment une faible variation.

La planche II se rapporte aux densités. Il est visible que les variations de la densité sont beaucoup moins considérables les deux jours où les températures de l'eau et de l'air ne présentent qu'une faible différence.

16. En étudiant un peu les diverses observations des tables I ou les courbes pl. II, on aperçoit immédiatement que la simple proportionnalité entre les variations de la densité et les hauteurs n'existe pas. Ainsi, les variations de la densité ne suivent point cette loi simple, et Mr Bravais montre, en effet, que l'hypothèse de la proportionnalité donne pour les trajectoires lumineuses des conséquences entièrement opposées aux faits observés.

Mr Biot avait proposé la fonction :

$$\delta = a + bz + cz^2$$

où a, b, c, sont des constantes, δ la densité et z la hauteur. En soumettant cette formule à des vérifications, j'ai trouvé que jusqu'à 0^m8 elle représente assez bien l'observation du 7 octobre 1855. On trouve pour les constantes $a = 9636$, $b = \frac{5}{6}$ $c = \frac{2}{9}$. Au-delà de

0m8, la fonction croît plus rapidement que ne le demandent les observations. L'observation du 5 octobre, qui est une des meilleures, ne se représente pas par cette formule. Pour d'autres, auxquelles j'ai essayé de l'appliquer, les écarts sont décidément trop grands.

La fonction exponentielle est considérée par Mr Biot, dans son grand mémoire de 1809, comme la plus propre à représenter les observations thermométriques. Prise sous la forme la plus simple, elle est

$$\delta = az^x$$

a et x étant des constantes qu'il s'agit de déterminer. Mr Bravais remarque que cette formule ne présente pas, dans les conséquences optiques, les mêmes inconvénients que la précédente; mais qu'elle aboutit cependant à des faits opposés aux résultats de l'observation. J'ai essayé de l'appliquer à quelques-unes de mes observations. Elle ne convient décidément pas et donne des écarts plus considérables que la précédente.

Il est à remarquer que la variation des densités est en général rapide près de la surface, puis beaucoup plus lente à une certaine hauteur. J'ajouterai même que diverses observations isolées, qui ne sont point consignées dans le tableau I, observations où j'ai cherché à apprécier la température de l'air tout à fait près de la surface de l'eau, confirment cette remarque. En d'autres termes, la vitesse du décroissement des densités, qui est une certaine fonction de la hauteur, décroit en même temps que cette hauteur augmente. Il faut donc que l'équation qui représente des variations de la densité soit telle que sa différentielle, prise par rapport à la hauteur, décroisse en même temps que la hauteur augmente, ou bien que la différentielle seconde soit négative.

D'après cela, le cas qui apparait le plus simple est celui où l'équation différentielle serait de la forme :

$$\frac{d\delta}{dz} = b + \frac{c}{z}$$

b et c étant des constantes. En intégrant, on trouve :

$$\delta = bz + c.\ l.\ z$$

ou, puisque les logarithmes vulgaires ne diffèrent que par une constante des logarithmes hyperboliques,

$$\delta = bz + c'.\ \log.\ z$$

c' étant une nouvelle constante.

Cette formule, appliquée à divers exemples, ne m'a pas satisfait. Elle donne lieu à des écarts trop considérables. J'aurais pu chercher une autre forme pour l'équation différentielle, ainsi :

$$\frac{d\delta}{dz} = b + \frac{c}{z^2}$$

ou

$$\frac{d\delta}{dz} = \left(b + \frac{c}{z}\right)\frac{1}{z}$$

et il est probable que l'intégration m'eût amené à une formule plus rapprochée des données prises dans la nature.

Mr Bravais adopte, dans sa Notice sur le mirage, une formule qui a l'avantage de conduire à des conséquences analytiques tout à fait d'accord avec les phénomènes optiques observés. Dans cette formule :

$$\delta = -\frac{1}{0{,}000589}\left(\frac{k}{z+h}\right)^{\frac{1}{\mu}}$$

k, h et μ sont des constantes qu'il s'agit de déterminer, et 0,000589 la puissance réfractive de l'air ou le double de l'excès de l'indice de l'air de densité 1 sur l'unité. Si l'on suppose $\mu = 1$, la formule se simplifie et on en déduit alors l'équation des trajectoires lumineuses qui est :

$$(z+h)^2 = (z_0 + h + m.x)^2 + \frac{k^2 x^2}{(z_0 + h)}$$

Elle représente des hyperboles. Une construction géométrique fort simple permet d'obtenir ces courbes. On arrive ainsi à expliquer d'une manière complète la production d'une image renversée au-dessous du plan caustique et les diverses circonstances du phénomène telles que les offre la nature.

La formule de Mr Bravais, dans le cas de $\mu = 1$, devient :

$$\delta = -\frac{1}{0{,}000589}\,\frac{k^2}{(z+h)^2}$$

J'ai essayé de l'appliquer à divers exemples et j'ai eu la satisfaction de voir qu'elle représentait mieux que toutes les autres les chiffres que l'observation directe des températures a procurés. Il est à remarquer que dans la détermination des constantes k et h, on trouve deux systèmes de valeurs, l'équation étant du 2e degré par rapport à ces quantités. De ces deux systèmes de valeurs, un seul convient et l'autre doit être rejeté.

En prenant l'observation du 7 octobre 1855 (tabl. I) et en calculant les constantes ensuite des valeurs correspondant à 0^m2 et 0^m4, on trouve les deux systèmes :

$$1\begin{cases} h = -3{,}01 \\ k = \sqrt{-1}\ \ 2{,}407 \end{cases} \qquad 2\begin{cases} h = -2501 \\ k = \sqrt{-1}\ \ 7498{,}9 \end{cases}$$

Le premier système ne convient nullement aux phénomènes, le second donne le résultat suivant :

	DENSITÉS. Calculées.	Observées.
$z = 0^m6$	9676	9673
$z = 0^m8$	9692	9679
$z = 0^m5$	9635	9638

Il y a donc entre la surface et 0^m8 une variation de la densité qui se représente d'une manière très-satisfaisante par la formule ci-dessus. Il est même étonnant que dans des observations de cette nature, si exposées à être entachées d'erreurs que les moyennes ne peuvent éliminer, l'accord avec le calcul soit aussi parfait.

L'observation du 30 septembre 1854 (tabl. I) donne pour les constantes déduites des deux observations à 0^m2 et 0^m6 :

$$h = -3112 \qquad k = \sqrt{-1}\ 7424$$

En calculant les densités pour d'autres hauteurs, on trouve :

	Calculées.	Observées.
$z = 0^m05$	9667,7	9666
$z = 0^m\ 4$	9689,5	9691
$z = 0^m\ 8$	9714	9704

Encore ici, il y a une différence très-peu considérable entre les valeurs que donne la formule et celles qui résultent de l'observation.

L'observation du 5 octobre 1854 donne :

$$h = -2107 \qquad k = \sqrt{-1}\ 5002$$

en déduisant ces constantes des densités à 0^m2 et 0^m4. En cherchant la densité pour 0^m05, on trouve :

	Calcul.	Observation.
$z = 0^m05$	9576	9569

Ces exemples sont suffisants pour montrer que la formule admise par Mr Bravais peut certainement être considérée comme représentant la loi de la variation des densités avec la hauteur infiniment mieux que toutes les autres. Cette formule est surtout exacte entre la surface et 0^m8. Pour des hauteurs plus considérables, je me suis assuré qu'elle donne des valeurs en général un peu trop fortes. Il est intéressant de voir qu'une expression analytique admise hypothétiquement et uniquement, parce qu'elle conduit à des conséquences en harmonie avec les *faits optiques* observés, se confirme par des déterminations directes de température.

J'ai fait observer précédemment que la vitesse du décroissement des densités diminue rapidement avec la hauteur, et que la formule qui exprime les densités, différentiée par rapport à cette hauteur, doit donc donner une expression qui diminue rapidement aussi quand on fait croître z. La formule de Mr Bravais satisfait évidemment très-bien à cette condition. En la différentiant, on trouve :

$$\frac{d\delta}{dz} = -\frac{1}{0{,}000589}\,\frac{2k^2}{(z+h)^3}$$

et il est visible que les valeurs croissantes de z font rapidement diminuer la fonction.

17. Il résulte des détails qui précèdent que la marche des densités de l'air est bien celle que les phénomènes optiques exigent pour leur explication, et lorsque les observations de température donnent des résultats différents, on doit les considérer comme étant entachés d'erreurs ou comme n'exprimant qu'un fait très-local. Les observations optiques peuvent se faire avec beaucoup plus de précision et de certitude que celles de la température et c'est ici un de ces cas où les faits d'un certain ordre peuvent être plus sûrement et plus exactement connus en les abordant d'une manière indirecte et par leurs conséquences, qu'en cherchant à les examiner eux-mêmes et indépendamment de leurs effets. Avec un théodolite ou une lunette de Rochon, on apprendra à connaître les variations de la température de l'air, suivant la hauteur, beaucoup mieux qu'on ne pourrait le faire avec le thermomètre le plus irréprochable.

Détails particuliers relatifs au mirage.

J'ai déjà donné un certain nombre de renseignements généraux relatifs à la production du mirage dans la première partie de ce travail (§ 1, 2, ... 8). J'ajouterai ici quelques détails plus circonstanciés et surtout quelques résultats de mesures.

18. Lorsque les couches d'air situées à la surface du lac présentent les variations convenables de densités examinées dans les paragraphes précédents, les rayons lumineux, cessant de se mouvoir en ligne droite, peuvent éprouver le phénomène de la réfraction totale et c'est alors que les mirages se produisent. Les objets situés à une certaine distance et près du niveau de l'eau donnent lieu à une image renversée. Si ces objets aboutissent jusqu'à la surface même ou suffisamment près de la surface, leur partie inférieure cesse d'être visible. Les rayons qui en émanent décrivent une trajectoire tournant sa convexité vers la nappe liquide et passent au-dessus de l'œil de l'observateur. L'élément le plus intéressant dans la production du mirage, c'est précisément la hauteur verticale des points qui cessent d'être visibles et dont l'ensemble constitue une ligne sensiblement parallèle à l'horizon, située à une certaine distance au-dessus de cet horizon; cette ligne sépare donc les objets dont les rayons peuvent aboutir à l'observateur et ceux qui, par leur trop grande proximité de la surface, ne fournissent que des trajectoires lumineuses qui passent plus haut que l'observateur. Cette ligne, nommée *ligne de*

partage ou *caustique,* paraît à une distance de la ligne d'horizon qui varie suivant la position de l'observateur, suivant sa distance et suivant le décroissement des densités des couches d'air.

Les images qui se forment au-dessous de la caustique reproduisent, en tout ou en partie, les objets eux-mêmes. Elles se produisent avec une netteté plus ou moins grande suivant les circonstances météorologiques. A la surface du Léman, ce sont les jours où le lac, légèrement frissonnant, jette une teinte bleu-verdâtre que ces apparences lumineuses sont surtout nettes. Si le ciel est pur et l'air débarrassé de brouillards, on les aperçoit avec une précision remarquable.

J'ai malheureusement négligé de prendre un nombre un peu considérable d'observations relatives aux dimensions des mirages et des objets. Je puis cependant conclure, comme résultat général, que les images sont ordinairement peu différentes des objets eux-mêmes. Lorsqu'elles en diffèrent, leur valeur angulaire est un peu plus faible que celle de l'objet.

19. La hauteur de la caustique au-dessus de l'horizon sensible a été, dans mes recherches, l'objet d'un grand nombre de déterminations. C'est ce que, dans la suite, je nommerai souvent *grandeur du mirage.* — Pour mesurer cette grandeur angulaire, il importe de reconnaître facilement les points où les objets cessent de devenir visibles et se continuent par leur image symétrique. Le moyen le plus commode consiste à choisir, sur l'horizon, des lignes bien visibles telles que murs, chemins, etc., qui descendent obliquement vers la surface de l'eau. Sur la caustique, ces lignes s'infléchissent assez brusquement et se continuent par leur image en formant une arête de rebroussement dont l'extrémité, un peu émoussée, peut s'observer avec facilité. — Lorsqu'il n'y a pas une ligne oblique ainsi disposée dans la direction que l'on veut examiner, on peut choisir un objet bien distinct et situé au-dessus de la canstique dont l'image, nette également, apparaît à une égale distance au-dessous. Il n'est pas difficile d'apprécier le milieu entre l'objet et l'image, et de mesurer alors la distance de ce milieu à l'horizon sensible. Cette dernière méthode est évidemment moins bonne que la première et cela pour deux raisons; d'abord, on ne peut pas estimer la position du point milieu avec autant de précision que l'on aperçoit une arête de rebroussement, ensuite la caustique ne passe pas toujours exactement à égale distance entre l'objet et l'image.

Pour mesurer la grandeur angulaire qui sépare la caustique de l'horizon sensible, on peut se servir de tout appareil optique propre à apprécier des angles. L'instrument dont j'ai fait usage est la lunette à prisme bi-réfringent de Rochon. C'est un instrument très-simple, facile à transporter et qui convient peut-être mieux que tout autre pour des observations de cette nature. La lunette de Rochon permet d'estimer des angles même très-petits, et on sait assez quel cas Arago faisait de cet appareil pour mesurer le diamètre des planètes. On peut

cependant lui faire un reproche pour les observations du mirage. Lorsque l'objet que l'on regarde n'est pas suffisamment éclairé, les deux images auxquelles ils donnent naissance, grâce au prisme biréfringent de la lunette, deviennent parfois tellement obscures que leurs bords ne s'aperçoivent plus avec certitude et l'exactitude de la mesure angulaire se trouve alors compromise.

Mais ce qui rend souvent difficile et incertaine l'observation de la grandeur du mirage, c'est le manque de netteté de l'horizon sensible. On voit une ligne qui, la plupart du temps, n'est point précise; c'est une sorte d'arête dentelée, à sommet mobile et oscillant, présentant des élévations et des enfoncements qui se meuvent et changent à chaque instant. On dirait que des vagues de grandes dimensions se rencontrent et s'entrechoquent sur cette arête. Ce défaut de netteté dans la ligne d'horizon est le plus grand obstacle aux observations du mirage.

20. En discutant les observations, eu égard à la distance des objets observés, je n'ai pas pu arriver à des conclusions aussi certaines que je l'espérais. La théorie montre que la grandeur du mirage augmente en même temps que la distance. Mr Bravais indique ce rapport en indiquant que Woltmann en a déjà fait la remarque. — De Villeneuve, je pouvais observer divers points de la rive vaudoise inégalement éloignés. Voici quelques indications où se trouve vérifiée la loi que je viens de rappeler.

A. 4 octobre 1855. Lac calme. 8 $^1/_2$ heures du matin.

	Distance.	Grandeur du mirage.
Montreux,	3720^m	3' 45"
Clarens,	5220	3' 45"
Vevey,	9330	4'
St Saphorin,	12920	4' 30"

B. 9 octobre 1854. 8 $^1/_2$ heures du matin.

Clarens,	5220^m	2' 24"
Basset,	5900	2' 42"
La Tour,	8150	2' 50"

C. 8 octobre 1854. 7 heures 45 minutes du matin.

Clarens,	5220^m	3' 48"
Basset,	5900	4'
Vevey,	9330	5' 30"

D. 5 octobre 1854. 7 heures 30 minutes du matin.

Veytaux,	2250^m	5' 30"
Clarens,	5220	7' 30"
La Tour,	8150	11'
Vevey,	9330	9' 12"
St Saphorin,	12920	11' 42"

Dans beaucoup d'autres circonstances, l'accroissement de la distance angulaire entre la caustique et l'horizon sensible ne s'est point montré suivre les variations de la distance. On voit du reste une exception dans l'observation D à propos de Vevey. — Je pourrais multiplier les exemples pour montrer les exceptions, je me contenterai de rapporter quelques chiffres.

E. 27 septembre 1855. 7 ½ heures du matin.

	Distance.	Grandeur du mirage.
Montreux,	2320^{m}	4'
Vevey,	9330	3' 30"
St Saphorin,	12920	3' 30"

F. 11 octobre 1854. 8 heures 30 minutes du matin.

Clarens,	5220^{m}	3' 20"
Basset,	5900	2' 30"
Maison X,	7400	2' 12"
St Saphorin,	12920	2' 24"

G. 8 octobre 1854. 8 heures du matin.

Vernex,	4600^{m}	7' 30"
Clarens,	5220	7' 50"
Basset,	5900	6'
St Saphorin,	12920	4' 48"

On voit suffisamment que non seulement l'élévation du plan caustique ne va pas toujours en augmentant avec la distance, mais que cette élévation s'est parfois même trouvée moins grande pour des distances plus considérables.

On peut, je crois, se rendre facilement compte de ces irrégularités et de ces écarts de la théorie. Si l'on prenait l'élévation du plan caustique à des points inégalement distants, mais situés sur la même ligne droite, il est infiniment probable que la théorie se vérifierait si du moins les conditions de densité des couches d'air étaient les mêmes partout. Ce cas n'est évidemment pas celui dans lequel les observations précédentes ont été faites. Les rayons visuels menés de Villeneuve à Montreux, Clarens, Vevey, St Saphorin, etc., font entre eux des angles notables; ils traversent la surface du lac à des distances souvent bien grandes, et il est infiniment probable que l'état des couches d'air n'est pas parfaitement le même sur ces diverses directions. Je démontrerai plus tard que sur une *même direction* l'état des couches d'air varie d'un moment à l'autre. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les observations faites dans les conditions où je me trouvais nécessairement placé ne soient pas toujours d'accord avec la théorie. Ces conditions étant autres que celles que la théorie suppose, les conséquences doivent également différer.

21. L'élévation du plan caustique ne dépend pas seulement de la distance, elle dépend aussi de la hauteur de l'œil au-dessus de la surface de l'eau. En général, le mirage diminue en même temps que l'œil s'élève et on peut facilement s'assurer de cette diminution sans instrument. Arrivé à une certaine hauteur, il devient tout à fait insensible. Entre la surface de l'eau et deux mètres, les variations de la grandeur du mirage ne m'ont pas paru dans un rapport constant avec l'élévation de l'œil. Mr Bravais dit « qu'il existe probablement » une certaine hauteur de l'œil pour laquelle l'angle entre l'horizon » apparent et la ligne de partage est un maximum. » Ce maximun, dont la position dépend des circonstances météorologiques, se trouverait pour l'œil à 1^m^, 5 ou 2^m^. — J'ai fait un assez bon nombre de tentatives pour voir si ce maximum se produit. Il ne m'a pas paru exister à la surface de notre lac, comme on le verra par les indications suivantes.

Dans la plupart des observations, l'accroissement de la distance angulaire entre la caustique et l'horizon sensible se manifeste évidemment pour des hauteurs de l'œil comprises entre 1^m^,75 et 0^m^,75, et pour des points situés à diverses distances.

H. 13 octobre 1854. 8 heures 25 minutes du matin.

Hauteur de l'œil.	1^m^,75	1^m^,10	0^m^,75
Vernex,	1' 36"	2' 18"	2' 18"
Maison X,	1' 48"	2'	2' 36"
—	2'	2' 30"	3' 15"
Basset,	2' 30"	2' 42"	2' 54"
Moyenne,	1' 58"	2' 27"	2' 46"

I. 26 septembre 1855. 7 $^1/_2$ heures du matin.

Hauteur de l'œil.	1^m^,00	0^m^,70
Montreux,	4' 36"	4' 45"
Clarens,	4'	5' 20"
Maison X,	3' 30"	4' 40"

K. 4 octobre 1855. 8 heures du matin.

Hauteur de l'œil.	1^m^,80	0^m^,80
Montreux,	2' 30"	3' 45"
Clarens,	2'	3' 45"
Maison X,	3'	4'
Vevey,	2' 45"	4'
St Saphorin,	3' 40"	4' 30"

L. 11 octobre 1854. 8 heures 40 minutes du matin.

Hauteur de l'œil.	1m,75	1m,10	0m,75
Clarens,	2' 15"	2' 24"	2' 40"
Basset,	1' 34"	2' 30"	2' 40"
Maison X,	2'	1' 12"	2' 12"
St Saphorin,	2' 24"	2' 24"	2' 30"

M. 9 octobre 1854. 8 heures 30 minutes du matin.

Hauteur de l'œil.	1m,75	1m,10	0m,75
Clarens,		2'	2' 24"
Basset,	1' 54"	2' 18"	2' 42"
La Tour,		2' 45"	2' 50"

N. 5 octobre 1854. 7 heures 30 minutes du matin.

Hauteur de l'œil.	1m,75	1m,55	1m,05
Objet *a*,	7' 42"	7' 54"	
» *b*,	5' 18"	4' 18"	
» *c*,	4' 20"	5' 15"	
» *d*,	5' 10"	5' 45"	
» *e*,	5' 6"	4' 54"	
» *f*,	3' 6"		4' 6"
» *g*,	5' 12"		6' 42"
» *h*,	4'		5' 12"
» *i*,	5' 54"		5' 18"
» *k*,	5' 30"		6'

L'examen des observations H, I, K, L, M, N montre d'une manière bien frappante que la grandeur du mirage augmente en même temps que l'œil se rapproche de l'eau et cela même pour des hauteurs comprises entre $1^m,75$ et $0^m,75$. J'ai rapporté toutes ces observations avec un peu de détails afin de faire voir que l'existence d'un maximum correspondant à $1^m,5$ ou 2^m ne paraît pas réelle à la surface du Léman. Du reste, Mr Bravais remarque, dans sa Notice, que la courbure de la terre rend moins sensible le relèvement de la caustique que ne l'indique le calcul, et que pour des distances très-grandes la théorie porte en elle-même une cause assez grave d'inexactitude.

Dans les observations signalées ci-dessus et dans d'autres que je m'abstiens de citer, on peut apercevoir quelques exceptions à l'augmentation de la grandeur angulaire du mirage pour des hauteurs de moins en moins grandes de l'œil. Ces exceptions tiennent probablement aux irrégularités signalées dans le § suivant.

22. Le phénomène du mirage provenant des variations de densité que présentent les couches atmosphériques au-dessus de l'eau, doit participer du peu de constance de ces variations. J'ai montré précédemment combien il est probable que les mouvements occasionnés

par l'inégale densité de l'air sont la cause du tremblement qu'éprouvent les objets vus à une certaine distance au-dessus de la nappe liquide. Ces mouvements, qu'il est impossible de suivre dans leurs détails, se produisant sur le trajet d'un rayon de lumière, doivent modifier la régularité de sa marche. Sa trajectoire, à convexité tournée vers la surface de l'eau, doit varier un peu d'un moment à l'autre et osciller, en quelque sorte, autour d'une position moyenne dépendant de l'ensemble des circonstances météorologiques du moment. On peut donc s'attendre à ce que la grandeur des images et l'élévation de la caustique au-dessus de l'horizon sensible éprouvent des changements continus d'un moment à l'autre.

Les observations montrent en effet que les images varient d'une façon très-sensible, surtout lorsque le lac est frissonnant sous l'influence d'une légère brise. Les barques qui se montrent au large avec leurs voiles déployées se prêtent très-bien à ce genre d'observation. On voit l'image des voiles s'allonger ou se raccourcir; on la voit se morceler à son extrémité inférieure en lanières horizontales qui semblent, par moments, se séparer les unes des autres, introduisant ainsi des solutions de continuité dans l'image totale, puis qui se rejoignent pour se diviser bientôt après.

Le 26 septembre 1855, vers 9 heures du matin, une barque à grandes voiles blanches déployées donnait lieu à une image parfaitement nette, très-favorable à cause de son éclat à l'emploi de la lunette de Rochon. Je l'ai suivie pendant deux ou trois minutes, appréciant d'un moment à l'autre la grandeur angulaire de l'image. Elle variait de plusieurs secondes. — Le 4 octobre 1855, des conditions analogues se présentaient et la dimension des images éprouvait aussi de très-fréquentes variations. — Le 3 octobre 1854, ces variations étaient encore plus prononcées.

L'élévation de la caustique éprouve les mêmes changements. Dépendante des circonstances de température des couches d'air, elle en éprouve, dans une certaine mesure, l'instabilité.

Voici divers exemples de ces variations dans la grandeur du mirage. Il s'agit toujours d'un *même point* observé de *minute* en *minute*.

O. 5 octobre 1854, œil à 0^m75 de l'eau.

8 heures 45 minutes	4' 12"
» 46 »	3' 36"
» 47 »	4'
» 48 »	3' 18"
» 49 »	5' 18"
etc.	etc.

P. 11 octobre 1854, œil à 1^m de l'eau.

8 heures 30 minutes	2' 18"
» 31 »	2' 24"
» 32 »	2' 30"
» 33 »	2' 24"

Il s'agit ici du Basset.

Q. 4 octobre 1854, œil à 1^{m}.

8 heures	12	minutes	3'
»	13	»	4' 24"
»	14	»	4' 08"
»	15	»	5'

Il s'agit ici de Clarens.

Ces observations suffisent pour montrer que le mirage, en un même point, varie d'une manière très-sensible d'un moment à l'autre.

On voit maintenant combien il est difficile d'établir des comparaisons pour juger de l'influence de la distance ou de la hauteur de l'œil au-dessus de la surface de l'eau. Puisqu'un même point n'est pas même comparable à lui-même d'une minute à la suivante, à plus forte raison est-il très-peu exact, pour vérifier la théorie, de comparer divers points entr'eux alors qu'ils ne sont pas situés sur la même droite et qu'on ne peut pas les observer simultanément.

23. Il peut se faire enfin que certaines circonstances accidentelles fassent changer la grandeur du mirage de quantités considérables en peu d'instants. M. Biot rapporte que Legentil, dans l'Inde, a souvent vu qu'au lever du soleil, lorsque le premier rayon de cet astre glisse sur l'horizon, l'horizon apparent de la mer subit une dépression subite d'environ 36". C'est comme s'il se produisait un accroissement brusque de la température de l'air dans le voisinage de l'eau. Humboldt a observé de même des variations brusques au moment du lever ou du coucher du soleil.

Sur le lac Léman, il se produit parfois un phénomène analogue. Le 4 octobre 1854, le mirage était tout à fait insensible, à Clarens, quelques minutes avant le lever du soleil. Les premiers rayons apparaissent et le mirage se montre tout à coup de 7' 10". — D'autres circonstances peuvent produire un effet inverse, c'est-à-dire diminuer brusquement la grandeur du mirage. Le 8 octobre 1854, à 8 heures et quelques minutes, j'ai mesuré :

Vernex	7' 30"
Clarens	7' 50"
Basset	6'

une légère brise apparaît subitement au milieu d'une atmosphère jusque-là très-calme et les mesures donnent :

Vernex	4'
Basset	3' 12"
Clarens	3' 18"

D'autres occasions m'ont permis de remarquer de brusques variations semblables à la précédente.

24. Les observations et les résultats consignés dans les pages précédentes montrent que le phénomène du mirage, dépendant des conditions de température des couches d'air, est essentiellement variable. La trajectoire complète d'un rayon de lumière parcourt toujours une assez grande distance à la surface du sol et sa marche, sa direction définitive sont dépendantes de l'état des couches d'air sur tout son parcours. Lorsqu'on établit, par la théorie, le mouvement du rayon de lumière, on suppose un certain état parfaitement défini et constant dans les températures de l'air, une certaine loi de décroissement avec la hauteur. Pour que les observations confirmassent en tout point et dans tous leurs détails les déductions théoriques, il faudrait que les lois admises pour la variation de la température fussent parfaitement celles de la nature et il faudrait, en outre, que ces dernières fussent les mêmes en tous les points de la trajectoire lumineuse.

Les phénomènes optiques tels qu'ils sont observés, la production d'une image dans un rapport connu avec l'objet, l'élévation du plan caustique à une distance donnée et pour une certaine hauteur donnée également de l'œil, ces phénomènes pourraient parfaitement s'expliquer par des conditions convenables de densité des couches d'air, conditions supposées le même sur toute la surface réchauffée. Il est évident que, dans la nature, les températures ne sont jamais exactement les mêmes sur une grande surface; et en un même point, elles varient d'un instant à l'autre. Il résulte de ces variations un certain état des phénomènes optiques qu'on pourrait imaginer être produit par une loi de variations des densités identique en tous points et constante avec le temps. Ce sont ces conditions, que l'on pourrait appeler *moyennes,* qui sont le point de départ de la théorie pour aboutir aux phénomènes optiques, ou bien auxquelles la théorie peut remonter en se basant sur ces phénomènes eux-mêmes, tels que les donne l'observation.

Ainsi, il ne faut pas chercher un accord trop parfait entre les résultats de l'observation et les indications de la théorie. Pour l'état thermométrique des couches d'air, par exemple, l'observation ne peut porter que sur des conditions tout à fait locales dans le temps et l'espace, et si l'on cherche à comparer les résultats avec ce que la théorie exige pour l'explication du mirage, on ne peut et ne doit espérer qu'une approximation plus ou moins avancée. La nature même du sujet ne comporte pas une coïncidence parfaite.

Les phénomènes du mirage peuvent être considérés comme parfaitement compris dans leur ensemble et dans leurs détails; mais il ne sera sans doute jamais possible de donner une théorie qui se confirme exactement par l'observation de tous les faits optiques et de tous ceux relatifs à la température des couches d'air. La théorie, je l'ai dit, ne porte que sur un *état de choses moyen,* autour duquel oscillent, avec des écarts plus ou moins grands, les véritables circonstances naturelles.

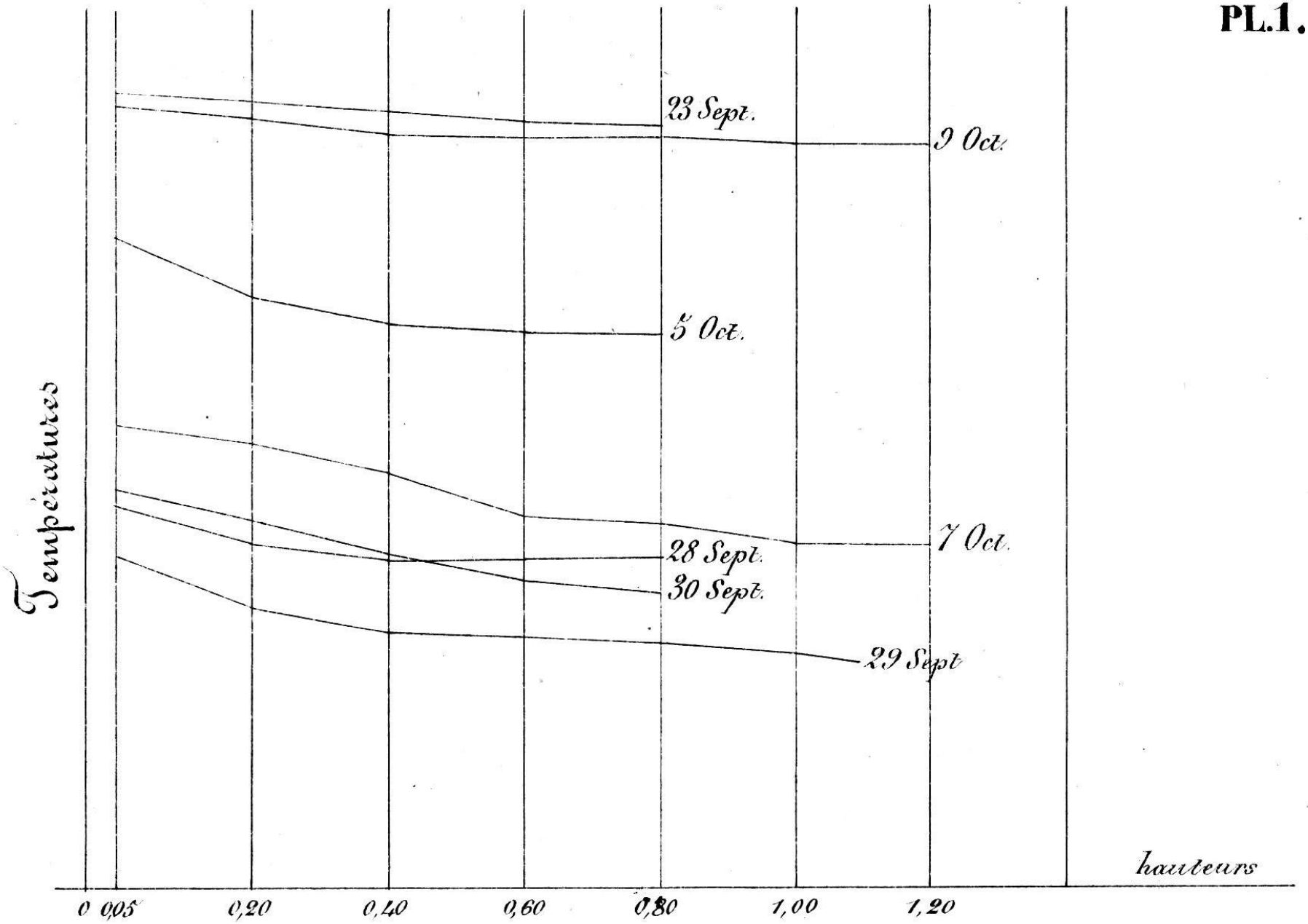
TABLEAU I.

Date.	Hauteurs au-dessus de l'eau.	Température de l'air.	Densité.	Température de l'eau à la surface
25 sept. 1854,	Surface	12°11	9574	
8 h. 30 m. du	0m3	11°87	9638	
matin.	0m6	11°94	9580	16°52
	1m2	11°98	9579	
28 sept. 1854,	Surface	9°33	9669	
7 h. 30 m. du	0m2	8°78	9688	
matin.	4	8°66	9692	
	7	8°69	9691	15°41
	1m0	8°67	9692	
	1m8	8°34	9703	
	2m2	8°25	9706	
29 sept. 1854,	Surface	8°78	9688	
7 h. 15 m. du	0m2	8°00	9715	
matin.	4	7°80	9722	
	6	7°70	9725	15°96
	9	7°70	9725	
	1m1	7°42	9735	
	1m8	7°80	9722	
30 sept. 1854,	Surface	9°42	9666	
7 h. 30 m. du	0m2	9°10	9677	
matin.	4	8°70	9691	
	6	8°34	9703	15°86
	8	8°30	9704	
	1m0	8°15	9706	
	1m2	8°37	9702	
	1m5	8°34	9703	
1er octobre 1854	Surface	9°78	9654	
7 h. 30 m. du	0m2	9°42	9665	
matin.	4	9°57	9661	
	6	9°51	9663	15°77
	9	9°42	9666	
	10	9°42	9666	
	15	9°33	9669	

Date.	Hauteurs au-dessus de l'eau.	Température de l'air.	Densité.	Température de l'eau à la surface
3 octobre 1854,	Surface	11°33	9601	
7 h. 40 m. du	0m 2	11°19	9606	
matin.	4	11°12	9608	
	6	11°12	9608	15°63
	10	11°07	9610	
	15	11°	9612	
4 octobre 1854,	Surface	12°95	9546	
7 h. 30 m. du	0m 2	12°65	9556	
matin.	4	12°56	9559	15°96
	10	12°56	9559	
	15	12°53	9560	
5 octobre 1854,	Surface	12°28	9569	
7 h. 30 m. du	0m 1	11°96	9579	
matin.	2	11°65	9590	
	4	11°38	9599	15°64
	6	11°24	9604	
	8	11°20	9605	
	15	11°11	9608	
	20	11°11	9608	
7 octobre	Surface	15°18	9472	
	0m 2	15°14	9475	
	4	15°14	9475	15°81
	6	15°18	9472	
	1m 2	15°20	9472	
8 octobre	Surface	13°10	9541	
	0m 2	12°75	9553	
	4	12°57	9559	
	6	12°55	9559	15°90
	10	12°65	9556	
	15	12°60	9558	
9 octobre	Surface	13°70	9521	
	0m2 à 2m5	13°60	9525	
	0m4	13°37	9532	16°23
	6	13°37	9532	
	1m2	13°28	9535	

Date.	Hauteurs au-dessus de l'eau.	Température de l'air.	Densité.	Température de l'eau à la surface
11 octobre	Surface	13°52	9527	
	0m 2	13°37	9532	
	4	13°22	9537	
	6	13°19	9538	15°76
	8	13°19	9538	
	10	13°19	9538	
	15	13°20	9537	
23 sept. 1855,	Surface	13°89	9515	
	0m 4	13°68	9522	
	8	13°50	9528	18°54
	10	13°50	9528	
7 octobre	Surface	10°18	9640	
	0m 2	10°	9646	
	4	9°57	9661	
	6	9°21	9673	15°15
	8	9°03	9679	
	10	8°77	9688	
	13	8°83	9686	
	15	8°92	9683	

PL.1.


Températures
23 Sept.
9 Oct.
5 Oct.
7 Oct.
28 Sept.
30 Sept.
29 Sept
hauteurs
0
0,05
0,20
0,40
0,60
0,80
1,00
1,20

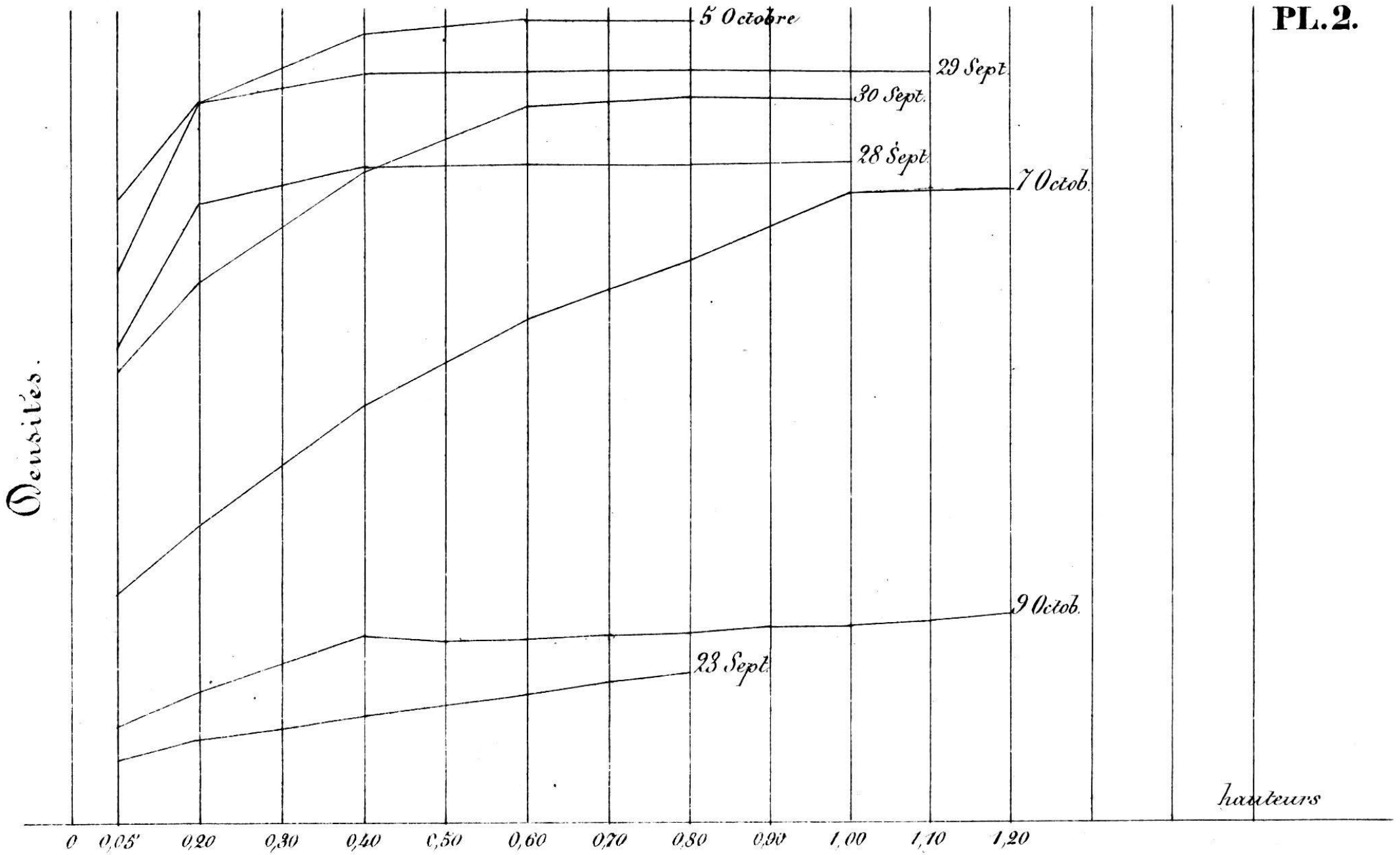

PL. 2.
Densités.
5 Octobre
29 Sept.
30 Sept.
28 Sept.
7 Octob.
9 Octob.
23 Sept.
hauteurs
0
0,05
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
0,80
0,90
1,00
1,10
1,20

TABLEAU II.

25 *septembre* 1854, 8 *h.* 30 *m. du matin.* Lac calme. Temps un peu brumeux. Cirrhus. Mirage faible.

28 *septembre,* 7 *h.* 30 *m.* Légères vagues et un peu de brise. Ciel couvert 5. Cirrho-cumulus. Lac plus ou moins frissonnant par intermittences. Mirage très-prononcé.

29 *septembre,* 7 *h.* 15 *m.* Ciel clair 0. Lac frissonnant. Brise du S.-E. Le brouillard en se levant laisse voir un mirage très-prononcé.

30 *septembre,* 7 *h.* 30 *m.* Ciel clair 0. Brise du S.-E. assez prononcée. Lac frissonnant. Pas de brouillard. Le soleil est près de se lever lors de la dernière observation de température (V. tableau I). Mirage très-prononcé.

1er *octobre,* 7 *h.* 30 *m.* Ciel clair 0. Brise du S.-E. Lac frissonnant. La température de l'air éprouve des variations assez brusques. Mirage moins prononcé que hier.

3 *octobre,* 7 *h.* 40 *m.* Ciel couvert 5. Cirrhus. Lac calme. Mirage assez faible.

4 *octobre,* 7 *h.* 30 *m.* Cirrho-cumulus. Lac parfaitement calme, ainsi que l'air. Il a plu assez abondamment pendant la nuit précédente. Mirage assez prononcé.

5 *octobre,* 7 *h.* 30 *m.* Ciel couvert 4. Légère brise du S.-E.-E. Lac frissonnant. Mirage prononcé.

7 *octobre.* Ciel couvert 10. Temps brumeux. Lac et air parfaitement calmes. Mirage nul.

8 *octobre.* Ciel clair 0. Lac un peu frissonnant. Mirage prononcé.

9 *octobre.* Ciel clair 3. Temps brumeux. Lac agité et calme par portions. Expériences difficiles et peu sûres à cause des mouvements du bateau. Mirage faible.

11 *octobre.* Ciel clair 4. Lac et air parfaitement calmes. Mirage faible.

13 *octobre.* Ciel couvert 8. Temps brumeux. Lac agité par des vagues mortes assez fortes pour balancer le bateau et rendre les observations très-difficiles. Entre la surface (15° 36) et 1^m^20 il y a une différence de température de 0° 18 à 0° 27. Il a plu abondamment pendant les 48 dernières heures. Mirage faible.

7 *octobre* 1855. Ciel clair 0. Lac frissonnant. Brise du S.-E. Le brouillard se lève et laisse voir un beau mirage.