Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 22 (1886)
Heft: 94

Artikel: Illusion de grossissement des corps submergés dans l'eau
Autor: Forel, F.-A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-260951

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: 16.07.2025

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

ILLUSION DE GROSSISSEMENT

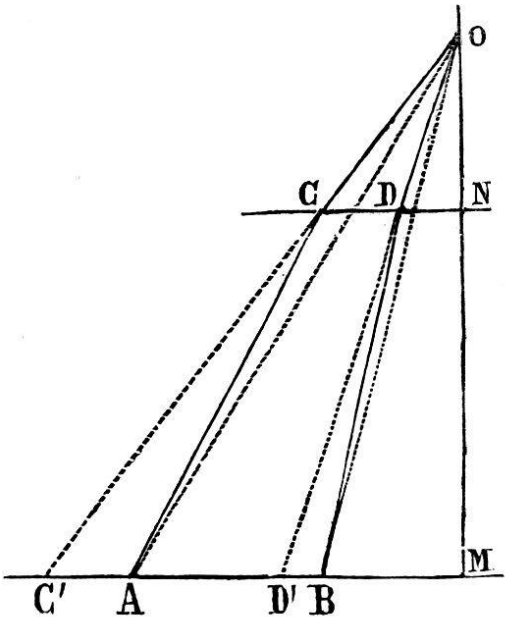
DES CORPS SUBMERGÉS DANS L'EAU

par le Dr F.-A. FOREL, de Morges.

Tous les pêcheurs savent que les objets qu'ils voient dans l'eau leur apparaissent plus gros qu'ils ne sont en réalité. J'en ai fait cent fois l'expérience dans mes pêches d'antiquités lacustres et dans mes observations sur les rides de fond; quelque habitué que je sois à être trompé, après trente ans de pêches lacustres, je suis encore étonné chaque fois que je ramène à l'air un objet qui me paraissait énorme sous l'eau. Pour la mesure des rides de fond, je ne suis arrivé à un résultat certain qu'en plaçant au fond de l'eau une règle graduée sur les sillons dont je voulais connaître la largeur. Le grossissement varie avec la profondeur de l'eau; il augmente quand la couche d'eau interposée s'accroît; plus l'œil est rapproché de la nappe d'eau, plus l'illusion est forte. L'illusion varie aussi avec la limpidité de l'eau.

J'ai estimé ce grossissement illusoire, quand je suis dans une péniche, l'œil à 50 centimètres au dessus de l'eau, et que je pêche par 4 ou 5 mètres de fond, au quart, au tiers et même plus en sus de la grandeur réelle.

L'explication de ce phénomène d'illusion doit être cherchée, en partie dans un fait physique de réfraction, en partie dans un fait subjectif de fausse appréciation de la distance.



1° *Illusion physique.* Les rayons lumineux qui apportent à notre œil l'image d'un objet submergé, sont réfractés en sortant de l'eau et entrent dans notre œil dans une direction plus inclinée que si l'objet était plongé dans l'air.

Soit un objet AB immergé sous une couche d'eau $p = MN$; soit notre œil O, élevé au dessus de la nappe d'eau d'une hauteur $h = ON$. Les rayons lumineux partis de A et de B sont réfractés suivant les lignes ACO et BDO et entrent dans

notre œil en formant l'angle COD $= a$. C'est l'angle de grandeur apparente de l'objet.

S'il n'y avait que de l'air entre l'objet et notre œil, les rayons partis de A et de B ne seraient pas réfractés et entreraient dans l'œil en formant l'angle AOB $= b$. Ce serait l'angle de grandeur réelle de l'objet.

L'objet AB vu à travers l'air et l'eau nous apparaît en C'D', plus grand que AB.

La différence entre les angles a et b représente l'illusion de grossissement due à la réfraction. Cette illusion peut s'exprimer de deux manières :

Fraction de grossissement soit aggrandissement apparent de l'objet

$$m = \frac{a - b}{b}.$$

Fraction de réduction soit diminution de la grandeur apparente de l'objet pour arriver à la grandeur réelle

$$m' = \frac{a - b}{a}.$$

Quelle est l'importance de cette illusion de grossissement ou de réduction ?

A la suite d'une discussion que j'avais soulevée sur cette question, dans la séance du 6 novembre 1872 de la Société vaudoise des sciences naturelles, feu le colonel Fritz Burnier m'avait communiqué une formule exprimant la fraction de réduction d'un objet situé dans la verticale. Cette fraction était représentée approximativement par

$$m' = \frac{p}{4p + 4h}$$

c'est-à-dire que pour avoir la grandeur réelle d'un objet immergé sous l'eau, il faut en soustraire un peu moins du quart de sa grandeur apparente.

J'ai repris le problème d'une autre manière pour l'étendre aux cas où l'objet serait situé en dehors de la verticale, et en suivant le conseil de M. Ch. Dufour, je l'ai traité comme suit :

J'ai choisi pour l'angle de grandeur apparente a un angle constant, de 5°. Puis j'ai cherché par le calcul, en me basant sur l'indice de réfraction de l'air à l'eau, $n = 1.336$, quel serait l'angle de grandeur réelle b d'un objet situé à différentes pro-

fondeurs d'eau, l'œil étant à différentes hauteurs au-dessus de l'eau. Ainsi, par exemple :

J'ai supposé mon œil à 1 m. au-dessus de l'eau . . $h = 1$
sur une eau de 4 m. de profondeur . . . . . $p = 4$

Un objet AB, situé dans la verticale, dont les extrémités enverraient à mon œil des rayons entrant sous un angle de 5°, aurait dans ces conditions un angle de grandeur réelle b de 3°59′.

L'illusion de grossissement serait dans ce cas

$$m = \frac{1^\circ\ 1'}{3^\circ\ 59'} = 0.26.$$

J'ai choisi des hauteurs de l'œil au-dessus de l'eau de 0.5 m. et de 1 m., soit la hauteur de mon œil quand je suis assis ou incliné dans une péniche, occupé à une pêche d'antiquités lacustres, et de 2 m., soit la hauteur de mon œil du pont d'un bateau à vapeur.

Voici pour différentes profondeurs d'eau, de 1 à 10 m., la fraction de grossissement m d'un objet situé dans la verticale :

p	$h = 0.5$ m.	$h = 1$ m.	$h = 2$ m.
1 m.	0.20	0.15	0.09
2	0.25	0.20	0.15
4	0.29	0.26	0.20
6	0.30	0.28	0.23
8	0.31	0.29	0.25
10	0.32	0.30	0.27

D'après ces chiffres l'illusion de grossissement est d'autant plus importante :

1° Que l'œil est plus rapproché de la surface de l'eau.

2° Que l'eau est plus profonde.

Dans le cas où l'illusion est la plus forte, dans les limites de mes données, l'œil étant à 50 cm. au-dessus d'une eau de 10 m. de profondeur, l'objet est grossi de 0.32 soit de près d'un tiers ; il nous apparaît de un tiers plus gros qu'il n'est en réalité.

Si nous cherchons à évaluer sa grosseur réelle d'après la grandeur apparente, nous devrons réduire celle-ci de 0.24, soit à peu près un quart.

J'ai ensuite cherché l'influence de l'obliquité plus ou moins grande d'un objet situé en dehors de la verticale. Pour cela j'ai calculé pour une profondeur d'eau constante $p = 4$ m., et une hauteur de l'œil constante aussi, $h = 1$ m., la fraction de grossissement d'un objet situé à différentes distances du pied de la

verticale. Je suis arrivé aux chiffres suivants pour différents angles d'inclinaison :

Angle d'inclinaison.	Fraction de grossissement.
2°.30′	0.26
22°.30′	0.28
27°.30′	0.30
32°.30′	0.31
37°.30′	0.32

Ainsi donc plus le rayon visuel est oblique, plus il se rapproche de la parallèle à la nappe d'eau, plus le grossissement illusoire est important.

Cela rend compte de l'illusion étrange qui soulève le sol autour du spectateur. Quand je navigue en bateau sur un fond horizontal, il me semble voir le fond se relever tout autour de mon bateau; il me semble que je plane au-dessus d'un entonnoir.

Le fait physique de la réfraction explique donc bien une partie, la partie principale, de l'illusion de grossissement des objets submergés [1].

2° *Illusion subjective.* Il y a cependant, si je ne me trompe, à y ajouter un fait d'illusion subjective tenant à une fausse appréciation de la distance. Il me paraît que l'illusion de grossissement varie avec la transparence de l'eau, et cela de la manière suivante :

Quand l'eau est très limpide, comme dans les beaux jours d'hiver, alors que nous pratiquons nos pêches d'antiquités lacustres, nous ne voyons pas l'eau interposée entre l'objet immergé et notre œil; nous oublions l'existence d'un milieu différent de l'air. Et cependant cette eau est légèrement opaline, ou poussiéreuse; les contours et les ombres des objets submergés sont moins nets que s'ils étaient dans l'air; l'eau intercepte une partie de la lumière comme le fait la brume de notre atmosphère aérienne [2]. De même que la brume semble éloigner les montagnes

[1] L'eau de mer contenant près de 3 pour cent de chlorure de sodium, et ce sel possédant un indice de réfraction notablement supérieur à celui de l'eau distillée ($n = 1.575$), l'illusion de grossissement des objets immergés dans la mer doit être un peu plus forte que dans le cas d'immersion dans l'eau douce. La différence est peu importante.

[2] Au sujet de l'illusion sur l'appréciation de la distance causée par la brume aérienne, il est un fait intéressant à relever. La limpidité plus ou moins grande de l'atmosphère rapproche ou éloigne les montagnes dis-

qui sont à l'horizon, l'objet immergé nous semble à une distance plus grande qu'il n'est en réalité.

Or la grandeur apparente d'un objet dépendant du rapport entre la grandeur de l'angle visuel et la distance à laquelle nous paraît l'objet, il résulte d'une erreur en plus dans l'appréciation de la distance une illusion de grossissement. Celle-ci s'ajoute à l'illusion que nous avons vue provenir de la réfraction. Quand l'eau est limpide l'illusion de grossissement est énorme.

Au contraire quand l'eau est peu limpide, quand un trouble apparent nous masque presque entièrement le sol, ou bien quand l'eau est assez profonde pour donner une teinte bleu-verdâtre aux objets reposant sur le fond, nous voyons l'eau, nous avons conscience nette de l'existence d'un milieu interposé, nous faisons moins erreur sur la distance qui nous sépare de l'objet que nous regardons. Il n'y a pas ou il n'y a que peu d'illusion subjective; il n'y a dans ce cas que peu d'aggravation de l'illusion physique de grossissement due à la réfraction.

Les différences dans l'intensité de l'illusion de grossissement que je constate d'un jour à l'autre suivant la limpidité plus ou

tantes, mais elle ne modifie en rien l'évaluation que nous faisons de leur hauteur. Quand l'atmosphère est transparente, quand notre vallée est remplie de cet air privé de poussières parce qu'il a été lavé par la pluie, ou chez nous ou dans les pays qu'il a traversés auparavant, comme l'a fort bien expliqué M. J.-L. Soret (Archives de Genève XI, 102, 324, 1884), quand les forêts et les rochers des Alpes m'apparaissent nets, distincts, fortement ombrés, à contours tranchés et durs, j'ai l'impression que les montagnes sont rapprochées; quand au contraire la brume aérienne atténue les reliefs, adoucit les tons et étend son voile de gaze sur les monts de la côte opposée, j'ai l'impression que ceux-ci sont éloignés. L'évaluation imaginaire de la distance d'un même point peut varier ainsi, peut-être, du simple au double. Mais je ne pense jamais à dire que la hauteur des montagnes me semble varier en même temps, que dans le premier cas les montagnes me paraissent peu élevées, que dans le deuxième cas elles me paraissent énormes. Et cependant l'angle visuel restant le même, du moment que je fais des appréciations différentes de leur distance, il semblerait que je devrais les traduire en appréciations différentes de leur hauteur réelle.

Et je ne suis pas le seul à avoir cette impression. Jamais je n'ai entendu personne parler de variations dans l'appréciation de la grandeur des montagnes suivant la limpidité de l'air; tous les observateurs que j'ai consultés sur ce point sont d'accord avec moi pour ne penser en pareil cas qu'à des variations dans l'appréciation de la distance.

Il faut expliquer cette anomalie. Il est étrange en effet, que tandis que

moins grande de l'eau, doivent donc être attribuées à un fait subjectif de fausse appréciation des distances.

Je conclus :

L'illusion de grossissement d'un objet submergé varie. Elle est d'autant plus grande :

1° Que l'eau est plus profonde;

2° Que l'œil est moins élevé au-dessus de la nappe de l'eau ;

3° Que l'objet regardé est plus éloigné de la verticale.

Ces trois faits sont une illusion physique due à la réfraction.

4° Que l'eau est plus opaline tout en restant cependant assez limpide pour n'être pas perçue comme un milieu interposé.

Ce dernier fait cause une illusion subjective par fausse appréciation de la distance.

L'illusion de grossissement d'un objet immergé peut s'élever à un tiers et plus de la grandeur réelle de l'objet.

dans la vie journalière nous traduisons normalement, en appréciation de la grandeur, l'angle visuel d'un objet combiné avec sa distance apparente, dans ce cas spécial, nous ne nous occupions que de l'appréciation de la distance et point du tout de celle de la grandeur. Voici l'interprétation que j'en propose :

Ce ne serait que pour les objets rapprochés, de dimensions commensurables avec les corps qui nous entourent, que nous utiliserions le procédé géométrique qui nous fait construire mentalement le triangle rectangle dont nous connaissons un angle et un côté, et dont nous pouvons calculer l'autre côté. Pour les objets de grande taille ou très éloignés, pour les montagnes, nous en évaluons la grandeur par un autre procédé ; nous en étudions la végétation arborescente ou herbacée, nous cherchons si leur sommet est enneigé par les frimas de l'hiver ou s'il est revêtu du manteau des glaces éternelles. Bref, pour l'appréciation de la hauteur d'une montagne nous mettons en jeu l'observation du naturaliste plutôt que la trigonométrie du mathématicien.

Cela étant, si la montagne nous semble près ou si elle nous semble loin, c'est ce point seul qui nous attire. Nous ne nous occupons pas de la question de hauteur; nous ne nous attachons qu'à la distance ; nous ne faisons pas pour la montagne la construction géométrique qui nous intéresse immédiatement quand nous regardons un homme, un arbre ou une maison; et quoique la question de hauteur soit pour une montagne la première qui se présente à notre esprit, nous la réservons à une autre étude pour laquelle les variations de la distance n'ont rien à faire.