

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Herausgeber:</b>	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	13 (1874-1875)
<b>Heft:</b>	74
<b>Artikel:</b>	Deuxième étude sur les seiches du Lac Léman
<b>Autor:</b>	Forel, F.-A.
<b>Kapitel:</b>	IV: Etude comparative des seiches de diefférentes lacs suisses
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-258106">https://doi.org/10.5169/seals-258106</a>

### 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:** 11.01.2026

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

## IV.

**Etude comparative des seiches de différents lacs suisses.**

Il résulte des faits résumés à la fin du paragraphe précédent que dans le lac Léman nous trouvons en étudiant les seiches des oscillations très diverses, variées, différant entre elles de durée et de valeur. Au lieu d'être en présence d'un phénomène simple, nous avons à constater une complication extrême dans ces ondulations.

Mais si nous jetons un regard sur la carte du Léman, nous aurons, me semble-t-il, l'explication plausible de ces complications et de ces irrégularités. Le lac est loin d'avoir une forme régulière; son grand axe n'est point rectiligne, sa grande courbure sur la côte vaudoise est un arc de cercle de  $130^{\circ}$  environ d'ouverture et de  $33 \frac{1}{2}$  kilomètres de rayon; sa largeur varie du simple au triple dans le petit et dans le grand lac: un puissant promontoire, la pointe d'Yvoire rétrécit subitement devant Nyon la grande largeur du lac. Pour la profondeur nous avons les mêmes irrégularités, et tandis que dans le Grand lac la profondeur moyenne est supérieure à 200 mètres, elle n'est guère que de 50 mètres dans le Petit lac, ou lac de Genève. Le lac Léman est un bassin très irrégulier.

Or avec notre hypothèse des vagues de balancement on ne peut attendre de la régularité chez les seiches que dans un bassin régulier. L'irrégularité du bassin, entraînant des réflexions obliques et croisées d'ondes, s'oppose à la régularité des oscillations. Nous n'avons donc pas lieu de

trop nous étonner des oscillations si nombreuses et si diverses<sup>(1)</sup> que nous avons constatées dans le lac Léman.

Cette considération m'a engagé à chercher d'autres bassins plus réguliers, des lacs plus simples et moins compliqués dans leur forme pour y constater si les seiches n'y seraient pas plus régulières. C'est ce que j'ai fait en allant étudier avec mon plémyramètre les seiches de quelques lacs suisses.

En faisant cette recherche mon but était en outre le suivant :

Par l'étude du mouvement de balancement de l'eau dans un bassin à expériences<sup>(2)</sup> j'ai constaté que la durée de la vague de balancement était en fonction directe de la longueur du bassin. Plus le bassin est long, plus longue est la durée de la vague. Si les seiches sont des vagues de balancement, elles devront suivre la même loi, et être d'autant plus lentes que le lac où je les étudierai sera plus long. Cette étude des seiches dans différents lacs, réguliers si possible, et de longueurs différentes, devait donc à ce point de vue juger la vérité de mon hypothèse sur la nature de l'oscillation de l'eau.

Je décrirai successivement ces diverses observations faites dans huit lacs différents, en suivant l'ordre de grandeur de ces lacs.

(1) J'ai surtout en vue dans ces lignes les seiches très irrégulières que j'ai constatées à Veytaux. Les seiches que j'ai observées à Morges et à Evian sont d'ordres différents, de durées diverses, et correspondent probablement à des ondulations de nature différente; mais elles ne sont pas extraordinairement irrégulières.

(2) 1<sup>re</sup> étude, p. 34, sq.

## I. Lac de Constance.

Longueur totale 64,8 kilomètres.

Profondeur maximale 276<sup>m</sup> <sup>(1)</sup>.

Rapport de la profondeur à la longueur 1 : 235.

Exp. LXXII.

BREGENZ.

*14 sept. 1874.*

Le temps était splendide le 14 septembre quand j'allai m'installer à 10 heures du matin sur la grève du lac de Constance derrière la gare de Bregenz. Pendant les jours précédents le Föhn avait soufflé dans la vallée du Rhin et le calme plat, sous un ciel splendide, qui réjouissait ce matin-là le beau lac de Constance, précédait un violent coup de Bise qui allait s'élever vers les 2 heures de l'après-midi. Les conditions étaient excellentes pour avoir de belles seiches, et dans le fait mon plémyramètre m'indiqua bientôt de grandes et belles oscillations, sans broderies et sans oscillations secondaires. Voici la durée de 5 demi-seiches que j'observai successivement.

	Seiche haute.	Seiche basse.
Fig. 72	—	2565 secondes.
	1835 secondes.	1580 —
	1735 —	1270 —
Valeurs moyennes <sup>(2)</sup>	Demi-seiche	1797 secondes.
	Seiche entière	3594 —

<sup>(1)</sup> Bodensee. Querprofile aufgenommen von Major v. Gasser, 1826, cité dans Rutimeyer. Thal u. Seebildung, p. 58. Bâle 1869.

<sup>(2)</sup> Les valeurs moyennes que j'ai calculées pour les seiches de ces lacs suisses autres que le Léman, sont tirées d'observations peu nombreuses. Ces moyennes sont le plus souvent fort peu certaines. Dans le but de reconnaître la valeur relative de ces moyennes, j'en ai calculé d'après la formule  $E = \sqrt{\frac{\Sigma o}{n(n-1)}}$

D'après la situation de ma station les belles oscillations dont j'ai ainsi mesuré la valeur étaient des seiches longitudinales du lac. La-dessus il n'y a pas de doute pour moi; mais il est une question que je n'ai pas pu résoudre, c'est la suivante: quel était le point à l'autre extrémité du lac où se faisait l'oscillation inverse de la seiche?

En effet le lac de Constance comme le lac Léman présente dans sa longueur un rétrécissement fort évident. De Bregenz à la ligne qui joint Constance et Meersburg il est large et régulier comme la partie connue sous le nom de Grand lac dans le Léman. Mais près de Constance le promontoire sur lequel est bâtie les villages d'Allmannsdorf et de Staad rétrécit tellement le lac que la partie qui s'étend jusqu'à Ludwigshafen peut être considéré comme un véritable golfe. Le lac d'Ueberlingen, comme on l'appelle, forme-t-il au point de vue des seiches la continuation du lac de Constance, et l'eau oscille-t-elle entre Bregenz et Ludwigshafen; ou bien le mouvement de balancement vient-il se buter contre le cap de Staad et l'eau oscille-t-elle entre Bregenz et Constance? C'est ce qui pourra facilement être reconnu par quelques observations ultérieures<sup>(1)</sup>. Pour le moment je ne puis résoudre la question

l'erreur moyenne, ou l'erreur à craindre sur la moyenne. Ces valeurs je ne les donne pas ici dans les détails des observations; on les trouvera dans le tableau qui résumera ces diverses expériences à la fin de ce paragraphe.

(1) Je regrette de n'avoir pas pu élucider plus à fond cette question. En effet, là se trouvera peut être, dans des conditions plus simples, l'explication des seiches compliquées du Léman. Les deux lacs sont, ainsi que je viens de le dire, assez semblables par l'existence dans chacun d'eux d'un long appendice, le lac d'Ueberlingen et le lac de Genève; mais le lac de Constance est plus simple, son grand axe étant à peu près rectiligne, tandis que le grand axe du lac Léman forme un arc de cercle très pro-

et dois laisser indécise la longueur du mouvement d'oscillation de mes seiches du 14 septembre. Si le mouvement se prolongeait jusqu'à Ludwigshafen la longueur des ondulations était de 64,8 kilomètres; s'il s'arrêtait au contraire à Constance, elle n'était plus que de 47 kilomètres.

Nous aurons à étudier plus loin l'influence de la profondeur du bassin sur la durée des seiches. Le rapport de la profondeur à la longueur est de 1:235 si le lac doit être considéré comme s'étendant jusqu'à Ludwigshafen; ce rapport est de 1:170 si au point de vue des seiches le lac s'arrête à Constance.

### **II. Lac de Neuchâtel.**

Longueur totale 38,2 kilomètres.

Profondeur maximale 144 mètres (<sup>1</sup>).

Rapport de la profondeur à la longueur 1:265.

Exp, LXXIII.                    YVERDON.                    29 déc. 1873.

Station à l'embouchure de la Thièle, rive droite, de 10 h. 30 à 14 h. 55 du matin.

Il souffle une bise violente et glacée, des vagues énormes rendent l'observation très difficile et très peu précise.

noncé. Peut-être pourra-t-on constater deux ordres de seiches longitudinales dans le lac de Constance, oscillant les unes de Bregenz à Constance, les autres de Bregenz à Ludwigshafen; peut-être pourrons-nous leur comparer deux ordres de seiches longitudinales dans le lac Léman, oscillant les unes de Villeneuve à Yvoire, les autres de Villeneuve à Genève; peut-être aurons-nous ainsi l'explication des seiches de 2242 (1096) secondes que nous avons observées à Veytaux, et des seiches de 4534 secondes que nous avons reconnues à Evian et Morges. Toutes ces suppositions ne pourront être éclaircies que par une étude ultérieure plus complète.

(<sup>1</sup>) Carte du fond des lacs de Neuchâtel et de Morat, par Guyot et H. de Pourtalès-Gergier. 1845.

Je donne, fig. 90, une partie de l'observation qui pourrait se lire comme suit: Seiches très longues de 45 minutes environ de durée, brodées d'oscillations de second ordre de 10 minutes environ. Mais je préfère renoncer à interpréter par des chiffres cette observation.

Exp. LXXIV.

YVERDON.

*29 déc. 1873.*

Station dans la Thièle au-dessous du pont du chemin de fer, sur la rive gauche, de 1 h. 30 à 4 h. 05 du soir.

La bise est devenue tellement furieuse que je ne puis aller m'établir au bord du lac. L'effet des lames se fait encore sentir jusqu'à ma station, dans l'intérieur de la Thièle à 500 mètres environ de son embouchure dans le lac. L'observation est aussi mauvaise que la précédente; elle pourrait s'interpréter de même, mais je préfère en donner simplement la représentation graphique (fig. 91) sans essayer de la traduire en chiffres.

Exp. LXXV.

YVERDON.

*25 sept. 1874.*

Station au bord du lac à l'embouchure de la Thièle, rive droite, de 6 h. 45 à 9 h. 30 du matin.

Temps splendide, calme plat, seiches très évidentes, de 1 à 2 centimètres d'amplitude, sans oscillations secondaires.

Voici le détail de mes observations :

	Seiche haute.	Seiche basse.
Fig. 74.	—	805 secondes.
	770 secondes.	900 —
	1985 —	940 —
	1010 —	480 —
	700 —	825 —
	805 —	—

Tous ces mouvements sont fort réguliers et oscillent fort bien. Une seule ondulation me semble sujette à caution, c'est la seconde seiche haute de 1985 secondes. Elle diffère tellement par sa durée des autres demi-seiches qu'après examen je crois devoir l'expliquer en supposant qu'une oscillation entière aurait échappé au plémyramètre. Je compterai donc cette demi-seiche comme signifiant 3 demi-oscillations, et j'obtiendrai alors les valeurs moyennes suivantes :

Demi-seiche	766 secondes.
Seiche entière	1532 —

Exp. LXXVI. LA TÈNE. *14 octobre 1874.*

Station établie à la Tène à l'extrémité nord du lac près de la sortie de la Thièle, émissaire du lac de Neuchâtel, de 9 h. 20 à 11 h. 50 du matin.

Brouillard, calme plat, seiches très belles, de 2 à 3 centimètres, sans oscillations de second ordre.

	Seiche haute.	Seiche basse.
Fig. 75.	1550 secondes.	1585 secondes.
	1175 —	1300 —
	1590 —	—

Je prendrai la moyenne avec les chiffres de l'observation suivante.

Exp. LXXVII. PRÉFARGIER. *14 oct. 1874.*

Station établie dans le port de Préfargier à 2 kilomètres de l'extrémité nord du lac, de 4 h. 45 à 3 h. 55 du soir.

Temps splendide, calme plat, très belles seiches sans oscillations accessoires.

	Seiche haute.	Seiche basse.
Fig. 76.	—	1440 secondes.
	1425 secondes.	1440 —
	1635 —	—

Si je prends la valeur moyenne de ces deux dernières observations je trouve: Demi-seiche 1422 secondes.

Seiche entière 2844 —

Ce chiffre diffère très notablement de celui que m'avait donné l'expérience LXXV soit 1532 secondes. Cette différence ne provient pas de ce que ces dernières observations ont été faites dans une localité différente que l'observation LXXV, car pendant que j'observais à Préfargier, M. Rey suivait avec un plémyramètre les seiches à Yverdon, ainsi qu'il sera dit plus bas, et obtenait des chiffres semblables mais inverses à ceux que me donnait les seiches de Préfargier.

D'un autre côté les conditions générales semblaient identiques. Temps splendide, calme plat, seiches très fortes et très faciles à observer. Je crois qu'il faut admettre les observations comme bonnes et constater que la durée des seiches était plus forte, de près du double le 14 octobre que le 25 septembre.

J'étais cependant intrigué par cette différence de durée, et dans le but de vérifier quel est le chiffre normal, la valeur qui exprime la durée ordinaire des seiches longitudinales du lac de Neuchâtel, j'y suis retourné dernièrement et y ai fait l'observation suivante :

Exp. LXXVIII.                    YVERDON.                    4 mars 1875.

Station établie dans la Thièle, comme pour l'exp. LXXIV. Bise moyenne, seiches très belles, peu de demi-oscillations, de 10 h. 30 à midi 40 minutes du matin.

	Seiche haute.	Seiche basse.
Fig. 77.	2110 secondes.	1170 secondes.
	1360      »	1440      » <sup>(1)</sup>
	980      »	

(1) Pour la valeur de cette seiche basse je la compte de 11 h.

Quoiqu'il y ait eu un peu plus d'irrégularité dans la durée des demi-seiches de cette observation que dans celles des observations précédentes, cependant la moyenne que j'en obtiens, 1412 secondes, est tellement voisine du chiffre de 1422, que m'ont donné les seiches du 14 septembre 1874, obs. LXXVI et LXXVII, et même du chiffre de 12 minutes que l'on peut tirer des seiches du 29 décembre 1873, obs. LXXIII et LXXIV, que je suis engagé à comparer ces trois séries de valeurs. La moyenne que je tire de 14 demi-seiches de ces observations est de 1420 secondes. Ce qui donne pour la seiche entière la valeur de 2840 secondes que j'admettrai comme la durée des seiches longitudinales normales du lac de Neuchâtel.

Mais nous avons les seiches du 25 septembre 1874, observation LXXV. Comment les expliquer?

Si dans un bassin régulier nous frappons l'eau à l'une des extrémités par des coups réguliers et suivant un certain rythme, nous déterminons les vagues de balancement que nous avons appelées seiches dans nos lacs, vagues d'oscillation fixe simples, avec deux ventres de mouvement aux deux extrémités du bassin, et un nœud au milieu. Mais si au lieu de frapper l'eau à l'une des extrémités, nous la frappons au milieu du bassin, nous pouvons obtenir une autre forme de vagues d'oscillation fixe, des vagues doubles; ces vagues seront plus courtes, elles n'auront que la moitié de la longueur des précédentes; elles présenteront trois ventres de vibration, un à chacune des extrémités et un au milieu; elles auront deux nœuds

58 à midi 22 minutes (voir fig. 77),—sans tenir compte des deux demi-seiches qui se sont dessinées au plémyramètre de 11 h. 58 à midi et 3 minutes. Ces deux demi-seiches je les attribue à des seiches de II<sup>e</sup> ordre, bien justifiées par la bise assez forte qui soufflait pendant l'expérience.

d'oscillation, un à chacun des quarts extérieurs de la longueur totale; enfin leur durée sera plus courte que celle des vagues que nous avons d'abord étudiées. Si je m'en rapporte aux chiffres que j'ai constatés dans mon bassin à expériences avec une longueur totale du bassin de 1<sup>m</sup> 30, j'ai les valeurs suivantes pour la durée des vagues de balancement simples et doubles.

Profondeur d'eau.	Vague simple.	Vague double.
10 centimètres.	2.7 secondes.	1.3 secondes.
15       »	2.3     »	1.1     »
20       »	2.0     »	1.05    »
25       »	1.9     »	1.0      »
30       »	1.8     »	0.95    »

La durée de la vague double est donc à peu près la moitié de la durée de la vague simple dans les mêmes conditions de longueur et de profondeur d'eau.

Or, la durée relative de ces deux ordres de vagues est assez analogue à celles que j'ai trouvées dans les deux ordres de seiches du lac de Neuchâtel pour que je puisse me hasarder à proposer l'explication suivante :

Dans les expériences LXXV, LXXIV, LXXVI, LXXVII et LXXVIII, les seiches longitudinales du lac de Neuchâtel, d'une durée moyenne de 2840 secondes, étaient des vagues d'oscillation fixe à deux ventres et à un nœud d'oscillation. C'étaient des *seiches simples*.

Dans l'expérience LXXV, les seiches longitudinales du lac de Neuchâtel, d'une durée moyenne de 1532 secondes, étaient des vagues d'oscillation fixe à trois ventres et à deux nœuds d'oscillation. C'étaient des *seiches doubles*.

**III. Lac de Thun.**

Longueur totale, 17.5 kilomètres.

Profondeur maximale, 217 mètres<sup>(1)</sup>.

Rapport de la profondeur à la longueur, 1 : 81.

Exp. LXXIX.                    THUN.                    *22 sept. 1874.*

Entre la Schadau et le village d'Egg, à l'extrémité occidentale du grand axe du lac, de 4 h. 25 à 6 h. 20 du soir.

Temps splendide, calme plat. Seiches très irrégulières. Je citerai quelques demi-seiches pour montrer le peu de régularité de ce rythme.

Seiche haute.	Seiche basse.
---------------	---------------

Fig. 78 et 79.	—	665 secondes.
----------------	---	---------------

240 secondes.	670	»
570       »	140	»
215       »	200	»
190       »	425	»

Exp. LXXX.                    DÆRLIGEN.                    *23 sept. 1874.*

Près de la station du chemin de fer du Bödeli, de 10 h. 40 à 11 h. 55 du matin (fig. 80).

Temps splendide, brise du lac.

Oscillations encore plus irrégulières que dans l'observation précédente.

Dans aucun des autres lacs suisses où j'ai étudié les seiches, à l'exception du lac Léman, je n'ai rencontré une telle irrégularité et un rythme aussi peu satisfaisant, nulle part je n'ai eu autant d'hésitation à indiquer la va-

(1) Tiefenkarte des Thunersees. Topograph. Bureau, Bern 1867.

leur moyenne des seiches. Cependant, pour continuer l'étude comparative que je fais actuellement, je l'estime pour les demi-seiches à 558 secondes,  
pour la seiche entière à 4116 »

Quelle est la cause de cette irrégularité dans les oscillations? Elle vient probablement de la forme relativement compliquée du lac qui, à son extrémité orientale présente un coude assez évident derrière le rocher du Naze. Cependant, sur la carte des sondages qu'a publiée en 1867 l'état-major fédéral, l'irrégularité est beaucoup moins apparente dans les fonds du bassin que dans sa surface.

Ainsi, tout en mettant un grand point d'interrogation au chiffre moyen que je donne pour les seiches du lac de Thun, je n'essaierai pas de donner l'explication de ce défaut d'exactitude.

#### **IV. Lac de Wallenstadt.**

Longueur totale 15,5 kilomètres.

Profondeur 114 mètres<sup>(1)</sup>.

Rapport de la profondeur à la longueur 1:136.

Exp. LXXXI.

WEESEN.

18 sept. 1874.

Au bord du lac, devant l'hôtel du Schwert, à l'extrême occidentale du lac, de 1 h. 55 à 3 h. 10 du soir.

Le föhn souffle très fortement depuis hier par rafales entremêlées de pluie violente. Le vent se dirigeant dans la vallée de W. en E, les vagues sont nulles dans la

(1) La profondeur maximale de ce lac n'est pas connue avec certitude. Ce chiffre, que je dois à l'obligeance de M. Bodmer, de la maison Escher, Wyss et Cie, de Zurich, a été constaté dans la recherche du bateau à vapeur le Dauphin, naufragé il y a quelques années dans ce lac.

station où j'observe. Seiches très évidentes, très régulières et très fortes.

	Seiche haute.	Seiche basse.
Fig. 81.	405 secondes.	365 secondes.
535	»	455
355	»	425
415	»	540
400	»	460

Ce mouvement est très évidemment rythmique et je puis facilement en tirer les moyennes de durée de

la demi-seiche	435 secondes.
la seiche entière	871     »

### V. Lac de Brienz.

Longueur totale 13,7 kilomètres.

Profondeur maximale 261 mètres<sup>(1)</sup>.

Rapport de la profondeur à la longueur 1 : 53.

Exp. LXXXII.                    BÖNIGEN.                    23 sept. 1874.

Près de la station du chemin de fer, à l'embouchure de la Lütschine, de 7 h. 30 à 8 h. 50 du matin.

Temps splendide, calme plat. Seiches très nettes, très distinctes et très régulières.

	Seiche haute.	Seiche basse.
Fig. 82.	245 secondes.	280 secondes.
310	»	305     »
320	»	295     »
225	»	405     »
170	»	355     »

<sup>(1)</sup> Tiefenkarte des Brienzsees. Topograph. Bureau, Bern 1867.

C'est le mouvement, avec celui que nous venons de voir dans l'observation précédente sur le lac de Wallenstadt, le plus régulier et le plus rythmique que j'aie constaté dans les divers lacs de Suisse ; l'on y voit le rythme des seiches dans toute son élégance, oscillant avec une régularité des plus remarquables, régularité qui est sans doute due à la régularité même de ces deux lacs.

Les moyennes que je tire de ces observations sont :

demi-seiche	294 secondes,
seiche entière	588 »

## VII. Lac de Morat.

Longueur totale : 9,2 kilomètres.

Profondeur maximale : 48 mètres<sup>(1)</sup>.

Rapport de la profondeur à la longueur : 1 : 192.

Exp. LXXXIII.

LÖEWENBERG.

*24 sept. 1874.*

A l'angle oriental du lac, sur la grande grève prodigieusement plate qui s'étend au-dessous de Löwenberg et de Galmitz, de 10 h. 30 à 11 h. 40 du matin.

Temps splendide. Calme plat. Seiches assez nettes et bien prononcées, mais très irrégulières. A une ou deux reprises des demi-oscillations du flotteur.

	Seiche haute.	Seiche basse.
Fig. 71.	450 secondes.	435 secondes.
	185 »	125 »
	260 »	305 »
	100 »	265 »
	485 »	360 »

(<sup>1</sup>) Atlas des minutes fédérales, f. 314, 1874.

Cette irrégularité dans les oscillations des seiches d'un lac de forme extérieure si régulière et dont le fond n'est pas très fortement accidenté (<sup>1</sup>) tiendrait-elle à ce que ma station d'observation n'était pas placée sur l'axe même du lac, à ce que des seiches transversales seraient venues compliquer les mouvements d'oscillation du niveau du lac ? Je l'ignore, et je constate seulement cette irrégularité.

Les moyennes que je tire de mes observations sont :

Demi-seiche . . . . .	286 secondes.
Seiche entière . . . . .	572      »

### VII. Lac de Joux.

Longueur totale : 9,0 kilomètres.

Profondeur maximale : 25 mètres (<sup>2</sup>).

Rapport de la profondeur à la longueur : 1 : 360.

Exp. LXXXIV.                    LE PONT.                    *3 août 1874.*

Station sur la rive gauche du lac, près du canal de communication avec le lac Brenet, le 3 août, de 11 h. 30 du matin à midi 15 minutes (fig. 69) et de 2 h. 05 à 4 h. 05 du soir (fig. 70).

Temps variable. Coups de vent peu forts, mais irréguliers. Seiches assez évidentes, mais irrégulières; quelques demi-oscillations.

	Seiche haute.	Seiche basse.
Fig. 70.	280 secondes.	495 secondes.
	150      "	330      "
	345      "	435      "
	270      "	270      "

(<sup>1</sup>) Je n'oublie cependant pas le mont sous lacustre démontré par les cartes de MM. Guyot et Gosset.

(<sup>2</sup>) Mes sondages de 1874.

La valeur moyenne que je tire de ces observations est :

Demi-seiche . . . . .	372 secondes.
Seiche entière . . . . .	744      »

### VIII. Lac de Bret.

Longueur totale : 1,1 kilomètre.

Profondeur maximale : 14 mètres<sup>(1)</sup>.

Rapport de la profondeur à la longueur : 1 : 78.

Exp. LXXXIV bis.    LAC DE BRET.    13 nov. 1874.

A l'extrémité nord du lac.

Temps splendide. Bise légère. Seiches très faibles. Ne pouvant pas espérer de rencontrer des différences de pression barométrique d'un bout à l'autre d'un lac aussi petit, j'essayai de m'adresser à des dénivellations dues à l'action du vent. Je me rappelais l'effet très évident du vent sur le port de Morges<sup>(2)</sup>; pourquoi n'en serait-il pas de même au lac de Bret?

Je me rendis donc à ce lac par un jour de bise assez violente, mais je fus trompé dans mon attente; car lorsque j'arrivai au lieu de l'observation le vent était presque entièrement tombé et les seiches étaient presque nulles. Le déplacement du flotteur dans le tube du plémyramètre était de 5 à 6 centimètres au plus pour chaque seiche.

Je pus cependant compter 14 demi-seiches dans une durée totale de 21 minutes et 5 secondes,

soit pour chaque demi-seiche 90 secondes,  
pour la seiche entière 180      »

<sup>(1)</sup> D'après les ingénieurs de la société du chemin de fer pneumatique d'Ouchy à Lausanne.

<sup>(2)</sup> 1<sup>re</sup> étude, p. 23 sq.

Mais l'amplitude de ce mouvement était tellement faible et l'observation en était si difficile, que j'ai jugé nécessaire de répéter cette observation.

Exp. LXXXV.

LAC DE BRET.

*1<sup>er</sup> avril 1875.*

Même station, mêmes conditions générales. La bise était plus forte que le 13 novembre, mais les seiches n'étaient pas beaucoup plus sensibles.

Le déplacement du flotteur étant très peu considérable, j'eus recours au procédé suivant, qui m'a permis de mesurer avec une grande netteté la durée des oscillations. J'ai rapproché les spirales d'arrêt qui, dans le siphon de mon plemiramètre, sont seulement distantes de 30 centimètres, et je les ai placées de telle manière que la course du flotteur ne fût plus que de 7 centimètres. Alors le flotteur, qui auparavant vacillait indécis à mi-longueur du tube, s'est mis à traverser rapidement la longueur du tube qui lui était réservée, et m'a donné des indications parfaitement nettes. J'ai fait ainsi l'observation que j'ai représentée graphiquement fig. 73. Dans un espace de temps de 1160 secondes j'ai constaté 36 demi-seiches, ce qui me donne les moyennes suivantes :

Demi-seiche	32 secondes.
Seiche entière	64 —

Cette valeur est beaucoup plus précise et plus sûre que celle de l'expérience précédente ; c'est elle que j'admetts pour la durée des seiches du lac de Bret.

Résumons en un tableau les chiffres et les moyennes, que nous avons trouvées dans l'étude qui précède de la durée des seiches longitudinales dans des lacs de dimensions différentes.

LAC	PROFON- DEUR Mètres	Rapport de la profondeur à la longueur	Nombre de demi- seiches observées	Durée moyenne de la demi- seiche	Erreur (1) moyenne	Durée moyenne de la seiche entière
	Kilomètres	Mètres		Secondes	Secondes	Secondes
de Bret . . . .	1.4	1:78	36	32	—	64
de Joux . . . .	9.0	25	1:360	24	372	744
de Morat . . . .	9.2	48	1:192	17	286	572
de Brienz . . . .	13.7	261	1:53	16	294	588
de Wallenstadt	15.5	114	1:136	10	435	871
de Thun . . . .	17.5	217	1:81	15	—	1116 (?)
de Neuchâtel . .	38.2	135	1:283	12	766	1532
				14	1420	2840
de Constance . .	47.0	{ 276	1:170	5	1797	3594
	64.8	{ 70.	1:235			
Léman . . . .			1:209			4534 (?)

(1) Dans cette colonne j'ai indiqué l'erreur moyenne sur la valeur des demi-seiches, calculée comme il est dit plus haut. La valeur de cette erreur moyenne montre le degré de précision qu'on peut demander à ces observations, en petit nombre, et souvent assez dissemblables faites le plus souvent en une seule séance dans chaque localité. Le degré d'approximation est sou-

Pour étudier ce tableau, faisons d'abord abstraction de la dernière ligne, où j'ai introduit comme terme de comparaison la valeur hypothétique des seiches longitudinales du lac Léman.

J'ai fait suivre de points d'interrogation la valeur moyenne de la durée des seiches du lac de Thun, pour les raisons que j'ai développées plus haut; pour le lac de Neuchâtel je donne les deux valeurs moyennes des deux séries d'observation; pour le lac de Constance je donne les deux longueurs possibles de Bregenz à Constance et de Bregenz à Ludwigshafen; je ne sais laquelle de ces deux valeurs représente la longueur de la vague de balancement le jour de mon observation.

En instituant toutes les expériences qui sont résumées dans ce tableau, j'ai eu toujours soin d'aller m'établir aussi près que possible de l'extrémité du grand axe ou du grand diamètre du lac, de telle manière que j'eusse, avec autant de sûreté que faire se pouvait, les seiches longitudinales du lac. Je puis donc considérer les valeurs que j'ai comme représentant la durée de la seiche longitudinale de ces lacs.

Ceci expliqué, le tableau nous montre un rapport très évident entre la longueur du lac et la durée des seiches, les deux séries se suivent dans la même direction. C'est le fait que j'avais énoncé dans ma première étude, lorsque je cherchais les lois de l'oscillation du balancement, et

vent très éloigné, et ce n'est qu'en multipliant les observations que l'on se rapprochera d'une moyenne plus sûre et plus exacte; j'en citerai comme exemples les seiches transversales de Morges chez lesquelles l'erreur moyenne n'est plus, grâce au grand nombre de mes observations, que de  $\pm 9$  secondes sur une valeur de 315 secondes pour la durée de la demi-seiche.

que j'avais formulé dans ces termes : « La durée de la vague augmente avec la longueur du bassin. » Je puis aujourd'hui l'exprimer ainsi : « La durée des seiches longitudinales est fonction directe de la longueur des différents lacs. »

En étudiant les lois de l'oscillation de balancement, j'avais constaté l'influence de la profondeur de l'eau sur la durée de la vague. Quand l'eau du bassin est très profonde par rapport à sa longueur, la vague de balancement n'est pas sensiblement influencée dans sa durée par la plus ou moins grande profondeur de l'eau; mais si l'eau devient peu profonde, alors la vague de balancement se ralentit et cela dans des proportions très fortes. Je rappellerai les chiffres que j'ai trouvés dans mon bassin de 1<sup>m</sup>.30 de longueur.

Profondeur de l'eau. Centimètres.	Rapport de la profondeur. à la longueur du bassin	Durée de la vague. Secondes.
35	1 : 3	1.60
30	1 : 4	1.67
25	1 : 5	1.80
20	1 : 6	1.95
15	1 : 8	2.20
10	1 : 13	2.56
5	1 : 26	3.65

Quand la profondeur est peu considérable le mouvement de l'eau est fort ralenti.

Or, si le ralentissement dû au peu de profondeur de l'eau est déjà sensible dans mon bassin lorsque la profondeur est à la longueur dans les rapports de 1 est à 5, 6, 8, 13 et 26, que sera-ce lorsque cette proportion deviendra plus faible, quand dans le lac de Brienz elle

s'abaissera à 1 : 53 dans les lacs de Thun et de Wallenstadt. 1 : 81 et 136 et surtout dans les lacs de Morat, de Neuchâtel et de Joux 1 : 192, 283 et 360.

Comme en définitive la profondeur des lacs est dans un rapport toujours très faible vis à vis de leurs dimensions horizontales, nous aurons donc toujours à faire intervenir l'influence du peu de profondeur de l'eau, et nous pourrons formuler ainsi la loi de la durée des seiches longitudinales des lacs.

« La durée des seiches longitudinales est fonction directe de la longueur des différents lacs et fonction inverse de leur profondeur. »

Enfin ce tableau en nous montrant l'importance de la longueur du bassin d'une part et du peu de profondeur de l'eau d'une autre part sur la durée des seiches, tend à confirmer l'hypothèse que les seiches sont bien des vagues de balancement des lacs.

D'un autre côté, ce tableau aura pour nous un intérêt pratique très important, de la manière suivante :

Nous pouvons en déduire, avec une approximation très éloignée il est vrai, et sans tenir compte de l'influence de la profondeur, quelle est la durée de la seiche correspondante à un lac d'une longueur donnée ; nous pouvons en déduire en sens inverse la longueur kilométrique probable d'une seiche dont nous connaissons la durée. Or, nous avons vu dans le lac Léman des seiches diverses, à durées et à rythmes différents ; nous chercherons en les mettant en regard de ce tableau, à déterminer la longueur probable des vagues d'oscillation fixe dont nous avons étudié la durée.

Nous avons d'abord nos seiches de 1<sup>er</sup> ordre de Morges

et Evian d'une durée moyenne de 4534 secondes. Cette durée est supérieure à la durée des seiches les plus longues des lacs qui nous servent de point de comparaison ; le lac de Constance, avec ses 65(47) kilomètres de longueur, a une durée de seiches de 3594 secondes seulement. Nous pouvons donc sans trop de difficultés attribuer ces longues seiches de 1<sup>er</sup> ordre, de 4534 secondes de durée aux seiches longitudinales du lac Léman (<sup>1</sup>) ; la longueur totale de ce lac, en suivant la courbe de son grand axe est de 70 kilomètres environ.

Nous avons ensuite les seiches de Veytaux dont la durée moyenne oscille autour de 1096 et 2242 secondes. Ces durées sont voisines de celles que nous avons trouvées dans le lac de Neuchâtel (<sup>2</sup>), 1532 et 2840 secondes. Le lac de Neuchâtel ayant 38 kilomètres, si je cherche

(<sup>1</sup>) Je ne puis m'empêcher d'élever les objections suivantes à cette attribution qui semble au premier abord si naturelle. En premier lieu je me demande si le mouvement de balancement de l'eau peut se faire suivant une ligne courbe comme l'est le grand axe du lac Léman, si l'essence de ce mouvement d'oscillation n'est pas de ne pouvoir s'établir que suivant une ligne droite. Dans ce cas, le plus long diamètre en ligne droite sur le lac Léman étant de Villeneuve à Nyon (50 kilomètres de longueur), les seiches dont nous nous occupons devraient osciller suivant cette ligne. Ma seconde objection est tirée de la durée de quelques seiches observées à Genève; les seiches de Vaucher ont une durée moyenne de 1590 secondes, les seiches de Saussure, du 3 août 1763, une durée moyenne de 1350 secondes. Ces observations ne sont pas nombreuses, mais elles indiquent cependant une durée absolument différente et beaucoup plus courte que celle des seiches de 4534 secondes dont nous nous occupons et nous devrions en conclure que nos seiches de 1<sup>er</sup> ordre d'Evian et de Morges ne sont pas observables à Genève.

Ces objections que je me fais à moi-même montrent que la question doit être reprise à l'aide de nouvelles observations.

(<sup>2</sup>) Je ne parle pas des seiches du lac de Thun dont la valeur a trop peu de sécurité pour moi.

dans le lac Léman une longueur possible qui se rapproche de celle-là, je trouve la distance de Chillon à Yvoire soit la longueur du Grand lac, ou lac Léman proprement dit, qui est de 44 kilomètres environ. Le lac de Neuchâtel étant moins profond que le Léman, la plus grande durée de ses seiches serait explicable. Les seiches de Veytaux oscillerait donc de Chillon à Yvoire.

Nous avons enfin les seiches normales de Morges que nous avons retrouvées à Evian ; leur durée de 630 secondes est intermédiaire à la durée des seiches des lacs de Brienz (588) et de Wallenstadt (871 secondes). La longueur de ces lacs est pour le premier de 13,7 kilomètres, pour le second de 15,5. Nous pouvons donc attribuer à nos seiches de Morges une longueur probable de 14 kilomètres. Or, la largeur du lac Léman de Morges à Amphion est précisément de 13,8 kilomètres ; nous pouvons donc avec une assez grande sécurité, car mes observations des lacs de Brienz et de Wallenstadt sont parmi les meilleures, admettre que les seiches de Morges de 630 secondes oscillent d'une rive à l'autre du lac, et sont par conséquent les seiches transversales du Léman.

Si cette dernière comparaison est exacte, et nous n'avons aucune raison de la mettre en doute, nous pourrons étendre aux seiches transversales la loi déterminée pour les seiches longitudinales, et en généralisant dire :

*La durée des seiches est fonction directe de la longueur et fonction inverse de la profondeur de la section de lac suivant laquelle elles oscillent.*