

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 13 (1874-1875)  
**Heft:** 74

**Artikel:** Deuxième étude sur les seiches du Lac Léman  
**Kapitel:** Du plémyramètre, appareil servant à mesurer la durée des seiches  
**Autor:** Forel, F.-A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-258106>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 07.10.2024

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

## I

**Du Plémyramètre, appareil servant à mesurer la durée des seiches.**

Dans mes recherches de cette année, je ne me suis occupé que de la durée des seiches et très peu de leur amplitude. Je voulais, en effet, étudier le mouvement de dénivellation de l'eau en lui-même et en chercher les lois, vérifier si, comme je le supposais, la seiche est bien une vague de balancement, me rendre compte de la direction et des diamètres suivant lesquels elle oscille, déterminer si possible pour chaque lac et pour chaque point de la rive le rythme normal des seiches. Pour tous ces points de vue la durée des seiches était seule en question.

Quand plus tard je voudrai revenir à la cause même des seiches, quand je voudrai vérifier l'hypothèse de Vaucher, qui attribue les seiches ordinaires aux variations de la pression barométrique, quand je voudrai prouver que les seiches extraordinaires qui élèvent de plusieurs pieds le niveau de l'eau sont probablement dues à des tremblements de terre (Guillemin, Forel), quand je chercherai à démontrer que l'action du vent peut même être la cause de certaines de ces oscillations, comme nous l'avons vu dans le port de Morges<sup>(1)</sup>, alors j'aurai à m'adresser à l'amplitude des seiches; j'étudierai les seiches en comparant la hauteur de leur dénivellation.

Mais pour le moment, je ne m'attaque qu'à leur durée.

Il s'agissait avant tout de construire un appareil pour

(1) 1<sup>re</sup> étude, p. 23.

mesurer la durée des seiches, suffisamment sensible pour enregistrer les plus petites seiches dont l'amplitude n'atteint souvent pas même le millimètre, un appareil capable en même temps de noter les seiches les plus fortes et les plus amples, un appareil enfin disposé de telle sorte qu'il ne se laissât pas influencer par les vagues du vent ; l'appareil devait encore être assez transportable pour que je pusse facilement aller répéter mes observations sur les diverses rives de notre lac, et même sur d'autres lacs. L'appareil, que j'appelle *Plémyramètre* (de *πλημυρα*, marée), répond parfaitement à ces trois desiderata.

J'établis dans la grève un bassin de terre ou de métal, A. fig. 10, de telle sorte que le fond en soit à deux ou trois centimètres au-dessous du niveau moyen du lac NN' ; si le lac est agité, je protège mon bassin contre les vagues par une digue suffisante en pierres. Je mets le bassin en communication avec le lac par un siphon en tube de caoutchouc *a a a a* ; ce siphon une fois amorcé, il se détermine des courants d'entrée du lac dans le bassin quand le niveau du lac est plus élevé, de sortie du bassin dans le lac quand le niveau du lac est plus bas que l'eau du bassin. Le mouvement d'élévation et d'abaissement du niveau de l'eau des seiches, se traduira donc par un mouvement alternatif d'entrée et de sortie de l'eau. Pour rendre visibles ces courants, j'intercale sur la longueur du siphon de caoutchouc et aussi près que possible du bassin, un tube de verre de même calibre *LB*, et dans ce tube je laisse circuler un flotteur *f* ; aux deux extrémités du tube de verre, de petites spirales en fil de laiton, *s s*, empêchent le flotteur d'entrer dans le tube de caoutchouc. Ce flotteur, qui est une petite sphère en liège, allourdi par un peu de plomb jusqu'à la densité exacte

de l'eau, indique par ses déplacements les mouvements les plus faibles des courants d'entrée ou de sortie de l'eau.

Les dimensions de l'appareil que j'ai employé avec succès soit dans le lac Léman, soit dans d'autres lacs suisses sont :

Bassin de zinc. Longueur 37 centimètres, largeur 25, profondeur 12.

Longueur totale du siphon, 3 mètres.

Longueur du tube de verre, 30 centimètres.

Calibre du siphon de caoutchouc et du tube de verre, 7 millimètres de diamètre.

Diamètre du flotteur, 6  $\frac{1}{2}$  millimètres.

Etudions maintenant le jeu de cet appareil et voyons s'il fonctionne à souhait.

Le tube de communication, le siphon qui réunit les deux nappes d'eau, tend à les mettre à l'état d'équilibre, et toute dénivellation de l'une des deux nappes détermine un courant qui corrigera cette différence de niveau. Il en résulte que le niveau du bassin tend sans cesse à suivre dans ses dénivellations le niveau du lac et qu'il s'établit dans le bassin des variations de niveau dans le même sens que celles du lac ; il en résulte, d'autre part, que la direction des courants, indiquée par le flotteur, nous montre laquelle des deux nappes d'eau est la plus élevée.

Mais le calibre du siphon étant fort petit par rapport à la surface du bassin, la lumière du tube étant du reste obstruée en grande partie par la sphère de liège du flotteur, il ne peut entrer qu'une petite quantité d'eau dans le bassin quand il en faudrait beaucoup pour rétablir l'état

d'équilibre. Il en résulte que le niveau de l'eau dans le bassin est relativement fixe; c'est un niveau constant par rapport au niveau variable du lac.

Je représenterai le fait dans ma fig. 11.

Soit  $ABA'B'$  la courbe figurant le niveau du lac dans les différents temps de deux seiches successives. Soit  $a$  le moment où les deux nappes d'eau, celle du lac et celle du bassin de mon plémyramètre sont au même niveau; pendant tout le temps que la seiche sera haute, à savoir pendant la seconde moitié de la seiche ascendante  $AB$  et la première moitié de la seiche descendante  $BA'$ , en  $aBc$ , le niveau du lac étant plus élevé que celui du bassin, il s'établira dans le siphon un courant d'entrée qui relèvera le niveau de l'eau du bassin suivant la ligne  $ac$ . Pendant la seiche basse qui succédera, en  $cA'a'$ , au contraire le courant du siphon sera un courant de sortie qui abaissera légèrement le niveau de l'eau du bassin en  $ca'$ .

D'après cela, quand je vois le flotteur chassé contre l'arrêt  $B$ , du côté du bassin, je constate qu'il y a entrée de l'eau dans le bassin, que la seiche est haute. Quand le flotteur est du côté du lac, vers l'arrêt  $L$ , il y a seiche basse.

Je dis que la seiche haute ou basse est indiquée par la position du flotteur. Ce n'est pas parfaitement exact; en effet, nous avons vu qu'à chaque dénivellation du lac il entre ou sort une certaine quantité d'eau du bassin; que le niveau du bassin, quoique relativement fixe, oscille cependant autour du niveau moyen. Dans ma fig. 11, la ligne  $NN$  représente le niveau moyen, et par conséquent les points  $ghg'h'$ , où ce niveau coupe la courbe  $ABA'B'$  indiquent les moments où la seiche devient haute ou basse. Or les temps marqués par le transport du flotteur du plé-

myramètre précèdent toujours de quelque chose ces moments.

Cette valeur *ag*, *ch*, etc., qu'il faut donc ajouter à l'heure indiquée par le plémyramètre, si l'on veut avoir le commencement exact de la seiche haute ou basse, cette valeur est-elle toujours la même ? Non.

D'une part, sa durée est commandée par la construction de l'appareil, par le jeu plus ou moins grand qui est laissé entre les parois du tube en verre du siphon et la sphère du flotteur. Moins il pourra s'écouler d'eau dans le siphon, plus le niveau du bassin sera constant, et plus petite sera cette valeur *ag*, *ch*.

D'une autre part, la durée de cette valeur dépend de l'amplitude des seiches. Si la dénivellation du lac est très forte, la différence de pression entre les deux colonnes d'eau qui agissent sur les deux extrémités du siphon sera très forte aussi, et l'eau sera chassée en plus grande quantité dans le tube. Si, au contraire, l'amplitude des seiches est faible, le niveau du bassin restera presque constant.

Quoiqu'il en soit, le plémyramètre donnera d'autant plus exactement le moment des seiches haute et basse que son bassin représentera mieux le niveau moyen, et pour cela que le flotteur fermera mieux l'orifice du tube, que le siphon aura un calibre plus faible relativement à la surface du bassin, enfin que le siphon lui-même sera plus long.

Nous verrons plus loin qu'il est une autre manière de sensibiliser le plémyramètre en lui donnant des proportions et des qualités inverses de celles que nous recherchons à présent.

Comme j'aurai à utiliser fréquemment les constructions graphiques, je dois expliquer le mode de notation que j'ai adopté.



La ligne  $mnop$   $m'n'o'p'$  de la fig. 11, me servira à cette démonstration. Je désigne par une ligne oblique de bas en haut  $mn$  le transport du flotteur de l'arrêt  $L$  à l'arrêt  $B$ , indiquant le commencement du courant d'entrée ou le commencement de la seiche haute. Le trait horizontal  $no$  sur la ligne supérieure représente le temps pendant lequel le flotteur est accolé contre l'arrêt  $B$  du côté du bassin ; la longueur de ce trait indique la durée de la seiche haute.

Le trait oblique de haut en bas  $op$  indique le transport du flotteur vers l'arrêt  $L$ , du côté du lac, le commencement de la seiche basse. La ligne  $pm'$  représente la durée de la seiche basse.

Dans toutes les figures qui vont suivre à partir de la fig. 14, l'échelle adoptée pour les temps est de 1<sup>mm</sup> pour une minute.

Je viens d'expliquer le fonctionnement général du plémyramètre. Suivons-le maintenant dans ses détails.

1<sup>o</sup> La sensibilité de l'appareil peut être augmentée à volonté. Comme c'est par le déplacement d'un flotteur, sous l'influence des courants, que se fait l'observation, plus ces courants seront énergiques, plus l'observation sera facilitée. Or, nous augmenterons à volonté l'intensité des courants en agrandissant la surface du bassin ou en diminuant le calibre du siphon. J'ai indiqué les dimensions de l'appareil qui a fonctionné très suffisamment pour mes observations dans tous les lacs suisses où je l'ai mis en activité<sup>(1)</sup>.

(1) Je dois cependant faire remarquer que la sensibilité de mon plémyramètre n'était pas tout-à-fait suffisante pour l'étude que j'ai faite des seiches du petit lac de Bret, comme nous le verrons plus bas.

2<sup>o</sup> Je puis calculer la sensibilité de l'appareil de la manière suivante. Etant donnée, la lumière du siphon de 7<sup>mm</sup> de diamètre, la surface du tube est de 38,5 millimètres carrés. Un déplacement du flotteur de un centimètre correspond donc à l'entrée ou à la sortie de 385 millimètres cubes d'eau. Si cette quantité est répartie à la surface de mon bassin de 925 centimètres carrés, elle représente une épaisseur d'eau de 0,004 millimètres. Or, un déplacement du flotteur de un centimètre à droite ou à gauche, est bien facile à constater. La sensibilité de mon plémyramètre pourrait donc être estimée donner une dénivellation de 4 millièmes de millimètres, si nous ne devons pas faire entrer en ligne de compte les frottements contre les parois du siphon et l'inertie de l'eau.

Quoiqu'il en soit, l'appareil pourra être porté au degré de sensibilité que l'on voudra et nous pourrons mesurer les seiches les plus faibles et les moins amples avec un plémyramètre bien institué.

3<sup>o</sup> Mais, dira-t-on, si votre appareil est aussi sensible, son jeu sera nécessairement troublé par les vagues du vent; chaque vague qui élèvera le niveau de l'eau de quelques centimètres, de quelques millimètres même, se traduira par un mouvement énorme du flotteur et masquera le mouvement plus lent et plus doux des seiches.

Cet inconvénient n'a pas lieu d'une manière gênante pour l'observation et la raison en est la suivante :

L'inertie de l'eau rallentit tellement le mouvement dans les tubes relativement minces du siphon que l'effet de déplacement du flotteur causé par les dénivellations de l'eau en est très notablement retardé; il en résulte que l'effet des vagues rapides du vent est presque complètement annulé, et ne commence à se faire sentir que lorsque les



vagues sont très lentes, c'est-à-dire très larges. Cet extinction de l'effet des vagues s'obtient en allongeant la longueur du siphon. Si je jugeais utile d'observer les seiches par un temps de très fortes vagues, j'y arriverais en augmentant suffisamment la longueur de mon siphon. Avec l'instrument dont j'ai donné les dimensions et dont le siphon a une longueur totale de 3 mètres, tant que la vague a une largeur inférieure à 1 mètre, ce qui correspond à une durée moindre de 1.4 seconde, le déplacement du flotteur ne dépasse pas 2 à 3 centimètres à chaque vague, alors qu'il oscille librement au milieu du tube de verre. Or, ce déplacement du flotteur par l'action des vagues du vent se fait d'une manière toute particulière et ne peut être confondu avec le mouvement plus lent, plus majestueux des seiches.

Voici, en effet, quel serait le mouvement du flotteur, supposé un jour de fortes seiches et le lac agité par des vagues d'une seconde de durée (environ 80 centimètres de largeur).

Prenons l'instrument à l'état d'équilibre au milieu de la seiche ascendante alors que le flotteur ayant quitté l'arrêt *L* est à moitié longueur du tube de verre. Nous voyons le flotteur osciller de droite à gauche, d'une longueur de un ou deux centimètres à chaque seconde, nous le voyons traduire ainsi l'effet de chaque vague. La seiche ascendante pousse le flotteur oscillant ainsi jusqu'à l'arrêt *B*; pendant un instant il oscille encore, mais les amplitudes de l'oscillation vont en diminuant sans cesse, et lorsque la différence de niveau entre le lac et l'eau du bassin est devenue assez forte pour que la pression se fasse sentir d'une manière un peu intense sur le flotteur, celui-ci est accollé contre l'arrêt et ne bouge plus. Plus tard la seiche

descend, le niveau du lac s'abaisse et tend à s'égaliser avec l'eau du bassin, la pression de l'eau contre le flotteur diminue, et nous commençons à le voir osciller ; il se sépare faiblement d'abord de l'arrêt qu'il revient toucher après chaque oscillation, mais enfin la seiche basse s'accroissant positivement, il quitte l'arrêt *B* pour se diriger vers l'arrêt *L*, et ainsi de suite.

C'est ce que j'exprime graphiquement dans la fig. 13 où les mouvements du flotteur dus à l'action des vagues brodent sur la courbe représentant la seiche<sup>(1)</sup>.

Dans la pratique, pour n'être pas dérangé par ces petites oscillations des vagues, et pour permettre entre diverses observations une comparaison plus exacte, j'ai renoncé à noter le moment où le flotteur se décolle en quittant l'arrêt contre lequel il a été appliqué par la pression de l'eau pendant la demi-seiche précédente, et je note l'instant précis où le flotteur atteint (pour la première fois s'il y a des oscillations de vagues) l'arrêt vers lequel il se dirige (*n*, *p*, *n'*, *p'* de la fig. 13).

De cette manière, je ne commence à compter le commencement de la seiche haute ou de la seiche basse, que lorsqu'il est déjà entré ou sorti du bassin une certaine quantité d'eau. Cette quantité constante est dans mon appareil de 9,6 centimètres cubes, qui, répartis sur la surface du bassin, forment une couche d'eau de 0,1 millimètre d'épaisseur.

Quant au temps que met le flotteur pour se transporter dans la longueur du tube, il est très variable suivant les allures de la seiche.

(1) Dans cette figure les temps sont représentés à une échelle quelconque.

J'ai quelquefois noté la durée de ce transport. Ainsi dans l'obs. LXXXIX, fig. 65, elle a été en moyenne de 71 secondes, variant de 30 à 150 secondes.

L'erreur que je commets ainsi en comptant le commencement de la seiche haute ou basse au moment où le flotteur arrive à l'arrêt vers lequel il se dirige et non au moment où il quitte celui contre lequel il était accollé, cette erreur est de sens contraire de celle que je commets en supposant le niveau de l'eau fixe et invariable dans le bassin de mon plémyramètre (voir plus haut); ces deux erreurs dont l'importance est à peu près égale, tendent donc à s'annuler.

Il arrive parfois que le flotteur, tout en se décollant de l'arrêt, n'aie pas une impulsion suffisante pour traverser tout le tube et atteindre l'autre index; dans ce cas, le flotteur revient au bout d'un instant se recoller contre l'arrêt qu'il venait de quitter. C'est ce que j'appelle une demi-oscillation et ce que j'ai traduit dans mes figures par de petits crochets, par exemple fig. 46 *a a*, fig. 51, fig. 55, etc.

---

## II

### **Seiches normales de Morges. Seiches transversales du Léman.**

Etant ainsi donné mon appareil, j'avais à l'appliquer à l'étude du lac et à le voir fonctionner, à étudier grâce à lui les seiches, leur rythme et leurs allures.

Je commencerai par l'utiliser pour les seiches de Morges. C'est la localité en effet, où j'ai le plus longtemps étudié ce mouvement de l'eau, et qui m'a donné le