

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 110 (1984)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Technique de mouillage d'instruments de mesure dans le Léman  
**Autor:** Bohlé, Martin / Perrinjaquet, Claude  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-75271>

#### 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:** 09.01.2026

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

# Technique de mouillage d'instruments de mesure dans le Léman

par Martin Bohlé et Claude Perrinjaquet, Lausanne

Dès l'année 1977, le LHYDREP (Laboratoire d'hydraulique de l'EPFL) a fait des campagnes de mesure sur le Léman [1]<sup>1</sup>. Comme presque tous les phénomènes biologiques et chimiques, qui dictent la qualité de nos eaux, ont lieu à l'intérieur de masses d'eau qui se déplacent, il devient de plus en plus important de connaître les paramètres physiques comme la température, les courants sous la surface, les vents [2].

Afin de diminuer les coûts de nos campagnes de mesure, nous avons été amenés à modifier notre façon de travailler. Nous tiendrons aussi plus compte des connaissances acquises dans le domaine de l'océan [3], [4], en les adaptant aux conditions bien plus clémentes qui règnent sur nos lacs ou nos réservoirs artificiels. Nous décrirons ici nos expériences concernant la construction et la mise en place de mouillages (par mouillage on entend une ligne verticale d'instruments divers et de bouées, de surface ou non, reliés entre eux par un câble et maintenus au fond par un lest) dans le Léman durant les campagnes de mi-octobre 1981 à fin mars 1982 et de mi-octobre 1982 à fin mars 1983.

## Zusammenfassung

Es sollen Erfahrungen vorgestellt werden, die mit einer einfachen Verankerungstechnik für Messinstrumente im Léman (Genfersee) gemacht wurden.

Im Vergleich zu der Technik, die unter Hochseebedingungen benutzt wird, lassen sich als Vereinfachungen einführen: der Gebrauch von weniger widerstandsfähigen Kabeln, von einfachen Auftriebskörpern und von Navigationsmitteln beschränkter Leistungsfähigkeit sowie die Verwendung der «Anker-zuerst-Technik». Weiterhin werden wesentliche Details der verwendeten Konstruktionen vorgestellt sowie deren Einsatz unter normalen Bedingungen, wie im Fall der Beschädigung beschrieben.

## 1. Les buts et les stations de mesures

Les buts principaux de nos mesures ont été:

- Que ce passe-t-il entre le Haut Lac et la partie du Grand Lac ainsi qu'à l'ouest de ce dernier? En effet, d'une part les topographies y sont très différentes et d'autre part le vent n'y souffle pas également.
- Continuer les investigations concernant le transport parallèle à la côte et le mélange des masses d'eau perpendiculairement à celle-ci.

## Abstract

Experiences which are reported concern a simple mooring technique which has been used successfully for placing measuring instruments in the Léman (Lake of Geneva). Compared with the ordinary technique which is used for ocean conditions, the performed simplifications are: the use of less resistant cables, of simple floats for the construction and of navigation tools of limited applicability and the "anchor first technique" for operating.

We report too essential details of the put into practice of these constructions and their operating under normal conditions as well as in the case of damaged moorings.

— Connaissances générales de la circulation dans le Léman «suisse».

Par conséquent nous avons besoin de mesures avec:

- une échelle de temps de quelques heures à quelques jours;
- une grille tridimensionnelle de points de mesure.

Pour satisfaire ces buts, il est souhaitable d'installer certains ensembles d'instruments à des profondeurs identiques. Compte tenu de l'équipement de notre laboratoire, des instruments prêtés par l'EPFZ, des contraintes financières et de nos capacités d'analyse des données, nous avons mouillé 13 courantomètres (Aanderaa) [1] et des lignes de termistances du même fournisseur. Afin de connaître approximativement la répartition du vent sur le lac, des stations de mesures anémométriques ont été installées (tabl. 1 et fig. 2).

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

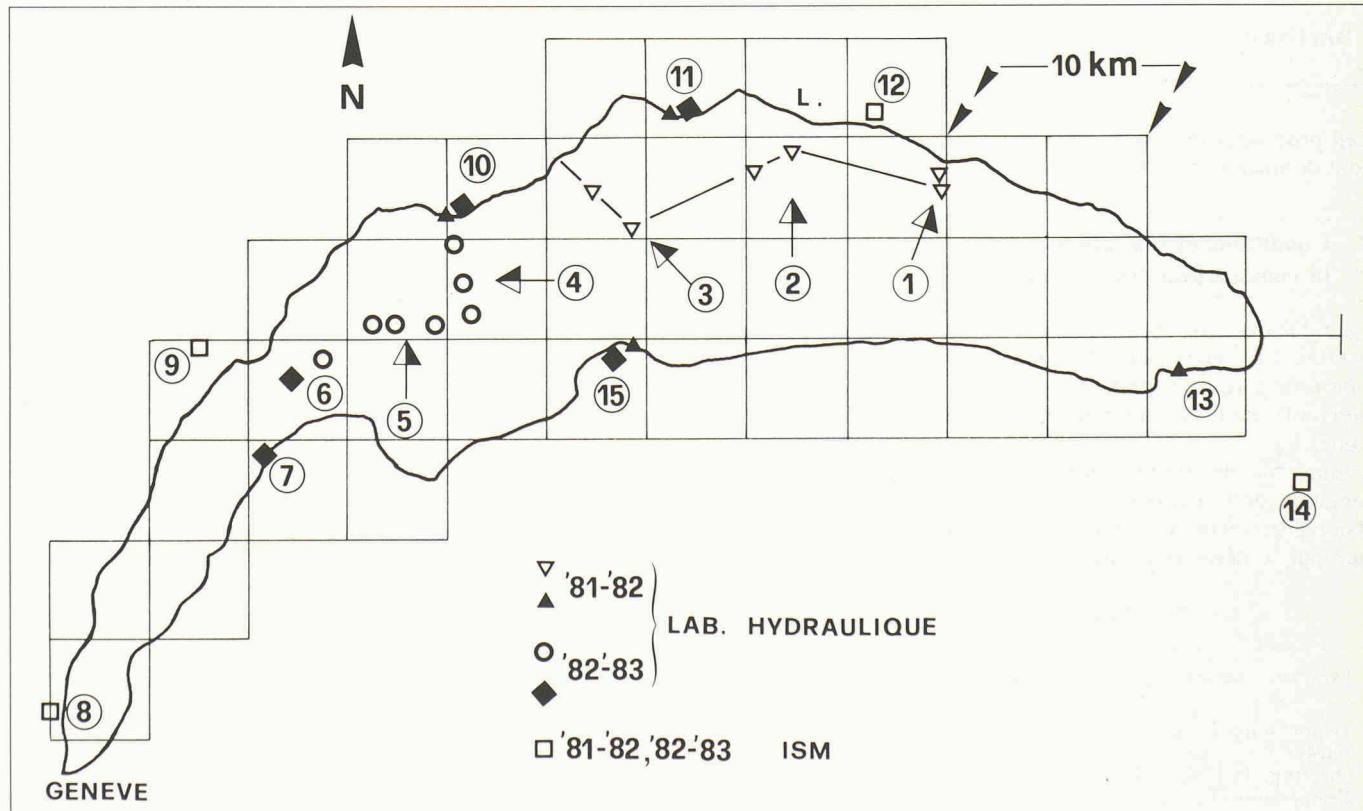


Fig. 1. — Localisation des stations de mesures. Pour une explication détaillée de la localisation des instruments, voir tableau 1. ISM : Institut des services météorologiques.

TABLEAU 1: Localisation des instruments (voir fig. 1). CM: courantomètre en profondeur, CT: chaîne de thermistances entre les profondeurs, AE: anémomètre en hauteur, ISM: Institut des services météorologiques

Nom de la station	Index sur la carte, année	Localisation (pos. géogr.)	Hauteur/profondeur des instruments	Observations
Cully-1	1, 81/82	544,8/148,3	CM: 18 m	
Cully-2	1, 81/82	544,9/147,6	CM: 18 m, 75 m, 175 m	
Ouchy-1	2, 81/82	537,3/150,1	CM: 18 m, 75 m	
Ouchy-2	2, 81/82	535,1/148,5	CM: 18 m, 75 m	
Saint-Prex-1	3, 81/82	527,2/147,9	CM: 18 m, 75 m	
Saint-Prex-2	3, 81/82	529,4/145,4	CM: 18 m, 75 m, 175 m	
Allaman-1	4, 82/83	520,0/144,9	CM: 15 m, 70 m CT: 75/90 m	
Allaman-2	4, 82/83	520,7/142,8	CM: 15 m, 70 m	
Allaman-3	4, 82/83	521,0/141,8	CM: 15 m, 140 m CT: 20/120 m, 125/135 m, 145/150 m	
Rolle-1	5, 82/83	515,8/141,1	CM: 15 m, 70 m	
Rolle-2	5, 82/83	517,0/141,0	CT: 50/100 m	
Rolle-3	5, 82/83	519,3/141,0	CM: 15 m, 70 m, 125 m	
Gland	6, 82/83	513,0/139,1	CM: 15 m, 40 m	
Promentoux	6, 82/83	511,3/137,8	AE: 10 m	Mât sur une bouée
Pointe de Messery	7, 82/83	Au bout du débarcadère	AE: 7 m	Sur un mât existant
Cointrin	8, 81/83	Ferney	AE: 8 m	Station de mesure dans la grille A de ISM
Changins	9, 81/83	Château	AE: 12 m	Station de mesure dans la grille A de ISM
Buchillon	10, 81/83	Chanivaz	AE: 10 m	Station ancrée à 100 m du rivage, voir Ing. et arch. suisses 23/80
Saint-Sulpice	11, 81/83	Au bout du débarcadère	AE: 8 m	Sur un mât installé
Pully	12, 81/83	Station fédérale d'essais viticoles	AE: 12 m	Station de mesure dans la grille A de ISM
Vieux Rhône	13, 81/82	Embouchure du Vieux Rhône	AE: 10 m	Sur un mât au bout de la digue existant
Aigle	14, 81/83	Barges		Station de mesure dans la grille A de ISM
Port Pinard	15, 81/83	Embouchure de la Dranse	AE: 20 m	Sur une drague; souvent en panne

Les précisions des paramètres mesurés sont données dans le tableau 2.

## 2. Conditions et limitations dans la construction des mouillages

La durée des mesures a été choisie du 15 octobre à fin mars, étant donné que durant cette période la pêche aux pics (filet dérivant) était soit interdite soit quasi nulle.

L'intervalle de mesure, imposé par la longueur de la période, par la capacité d'enregistrement des instruments ainsi que par le désir de ne pas relever puis

remplacer les instruments avant la fin de la période, a été fixé à 30 minutes.

L'égalité de profondeur des instruments nous impose une erreur maximale de  $\pm 1,5$  m de hauteur. Il est bon de noter qu'une telle précision est assez aisée à obtenir pour une pente douce (pour Cully-1, cela nous oblige à nous positionner dans un cercle d'environ 10 m).

Le choix de profondeur des instruments a été de:

15 à 18 m: limite inférieure à l'influence

directe du vent général sur le Léman;

50 à 125 m: couche intermédiaire;

150 m et plus: couche du fond.

Ces profondeurs ont pu être choisies sur la base des campagnes de mesure faites en 1977/78.

En tenant compte des contraintes énumérées ci-dessus, nous pouvons décrire le type de mouillage que nous avons utilisé.

Il est exclu d'utiliser le système dit «le lest en dernier» (fig. 2). En effet, on ne peut garantir un bon positionnement en profondeur avec cette méthode, en tenant compte de notre moyen de positionnement. Nous devons donc opter pour le système dit «le lest en premier».

Ce système a ses inconvénients (charge dynamique sur le câble, lenteur de mise en place de la ligne), mais nous sommes ainsi sûrs de garantir une bonne précision en hauteur.

Pour garantir la verticalité du mouillage (angle avec l'axe vertical  $\leq 5^\circ$ ) la portance doit être calculée en tenant compte du poids des instruments et de la traînée totale du mouillage (câble, instruments, flotteurs) dans un courant [3].

TABLEAU 2: Paramètres mesurés et précisions

Paramètre mesuré	dans	avec la précision (et la résolution)
Température, T	air	$\pm 0,2^\circ\text{C}$
Vitesse, V	air	$\pm 0,2 \text{ m/sec}$
Direction, D	air	$\pm 5^\circ$
Température, T	eau	$\pm 15^\circ\text{C} (0,02^\circ\text{C})$
Vitesse, V	eau	$\pm 1 \text{ cm/sec}$
Direction, D	eau	$\pm 5^\circ (0,35^\circ)$
Pression, P	eau	$\pm 2 \text{ psi} (0,2 \text{ psi})$

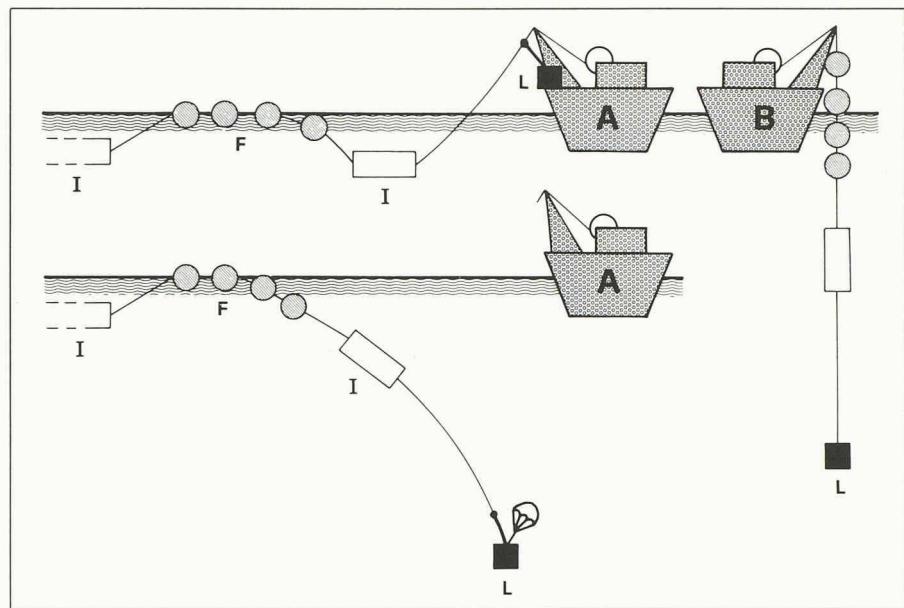


Fig. 2. — Les deux techniques de mise en place de mouillages: A - «le lest en dernier», B - «le lest en premier»; I = instrument, F = flotteur, L = lest.

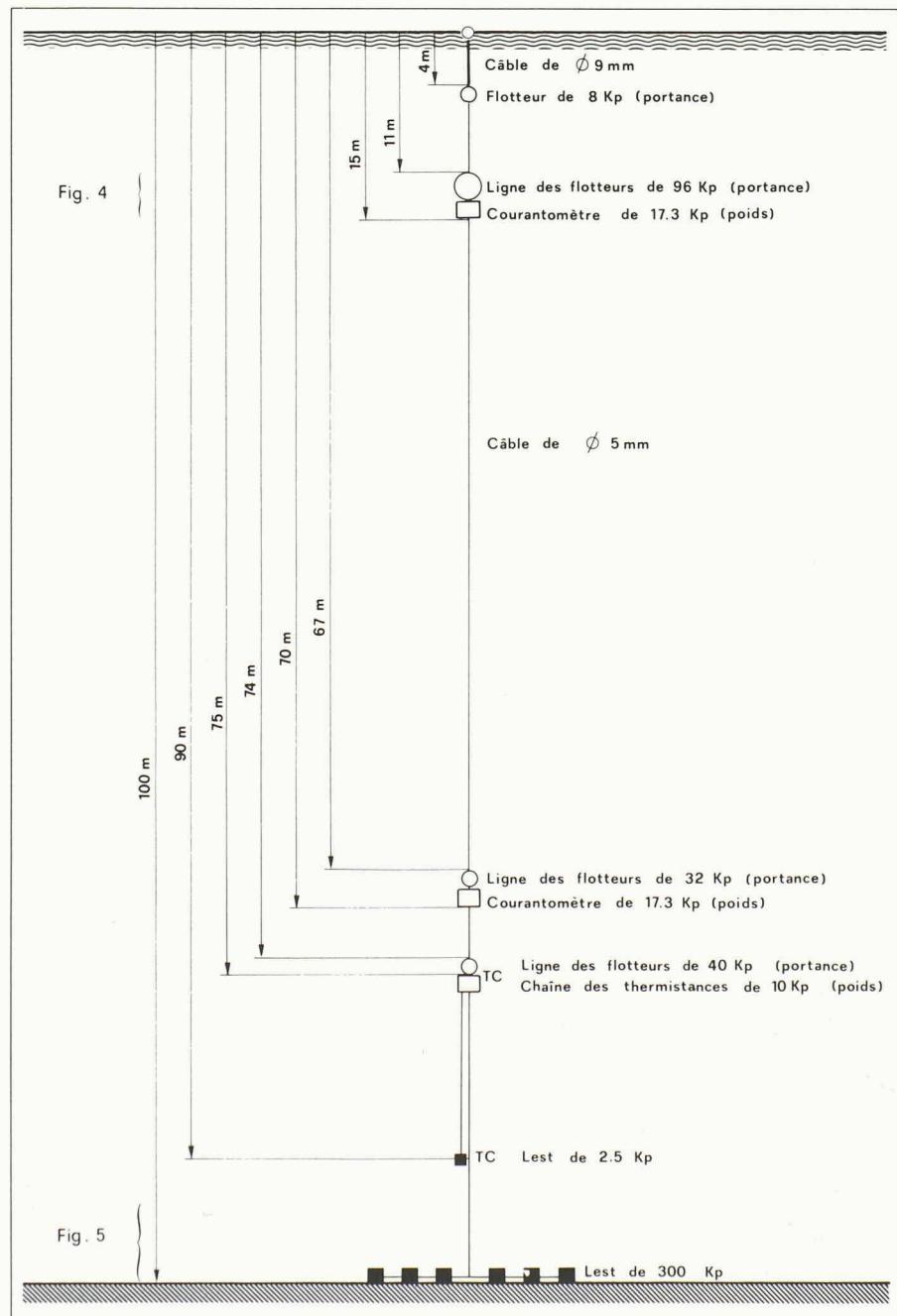


Fig. 3. — Mouillage Allaman-1.

En supposant que lorsque le mouillage est soumis à un courant à profil exponentiel, celui-ci prend la forme d'une droite inclinée, nous pouvons calculer approximativement les flotteurs nécessaires. Nous constatons que la traînée la plus grande est due au câble. Les flotteurs sont mis au-dessus de chaque instrument de telle manière qu'ils portent un peu plus que le poids du mouillage jusqu'au flotteur suivant. Ainsi, au cas où un câble casserait, le mouillage ne «s'affaisserait» pas sur le lest. La flottabilité restante a été installée au-dessus du premier instrument relativement près de la surface. En admettant que le lest devra être de ~2 fois la portance nette, nous avons les mouillages comme représentés par les figures 3 à 5.

Celles-ci appellent quelques commentaires:

- Ces flotteurs que nous utilisons sont des sphères de vinyle. Le fait que ces sphères soient vides et donc un peu plus fragiles ne nous a jusqu'à ce jour causé aucun problème.
- Chaque mouillage est équipé en surface d'une petite bouée permettant le marquage et/ou la récupération; on admet que le câble sous la bouée soit au maximum avec 1 m de mou afin de minimiser la prise à la vague.
- Chaque instrument ou bouée est relié au câble par une manille et une boucle (dessus et dessous) afin de permettre l'insertion aisée des instruments (le câble est enroulé préalablement sur le treuil avec boucles et manilles).
- Les différents bouts de câbles, dont les extrémités sont fermées par les boucles tressées, sont reliés entre eux par des manilles en utilisant une vis et un écrou «nilstop».
- Immédiatement au-dessus du lest un émerillon est ajouté afin qu'à la pose et à la dépose le lest puisse tourner et que durant les mesures la ligne puisse tourner.
- Pour des mouillages comportant un lest jusqu'à ~300 kg, nous utilisons un câble normal en acier de 5 mm de diamètre. Son état de corrosion après 6 mois d'utilisation n'est pas trop avancé et il peut donc être réutilisé.
- Notre façon de travailler (équipement, précision requise, etc.) ne nous permet de mouiller les instruments qu'avec un état du lac assez calme (vitesse du vent  $\leq 3$  m/sec).
- Les mouillages de Saint-Prix-2 et Ouchy-2 sont équipés de largueurs acoustiques afin de faciliter la récupération malgré de grands lest.

On peut donc terminer ce chapitre en disant qu'avec des moyens relativement simples (par rapport à l'océan), nous obtenons des résultats très acceptables pour ce qui est de la technique de mouillage et de la qualité des données.

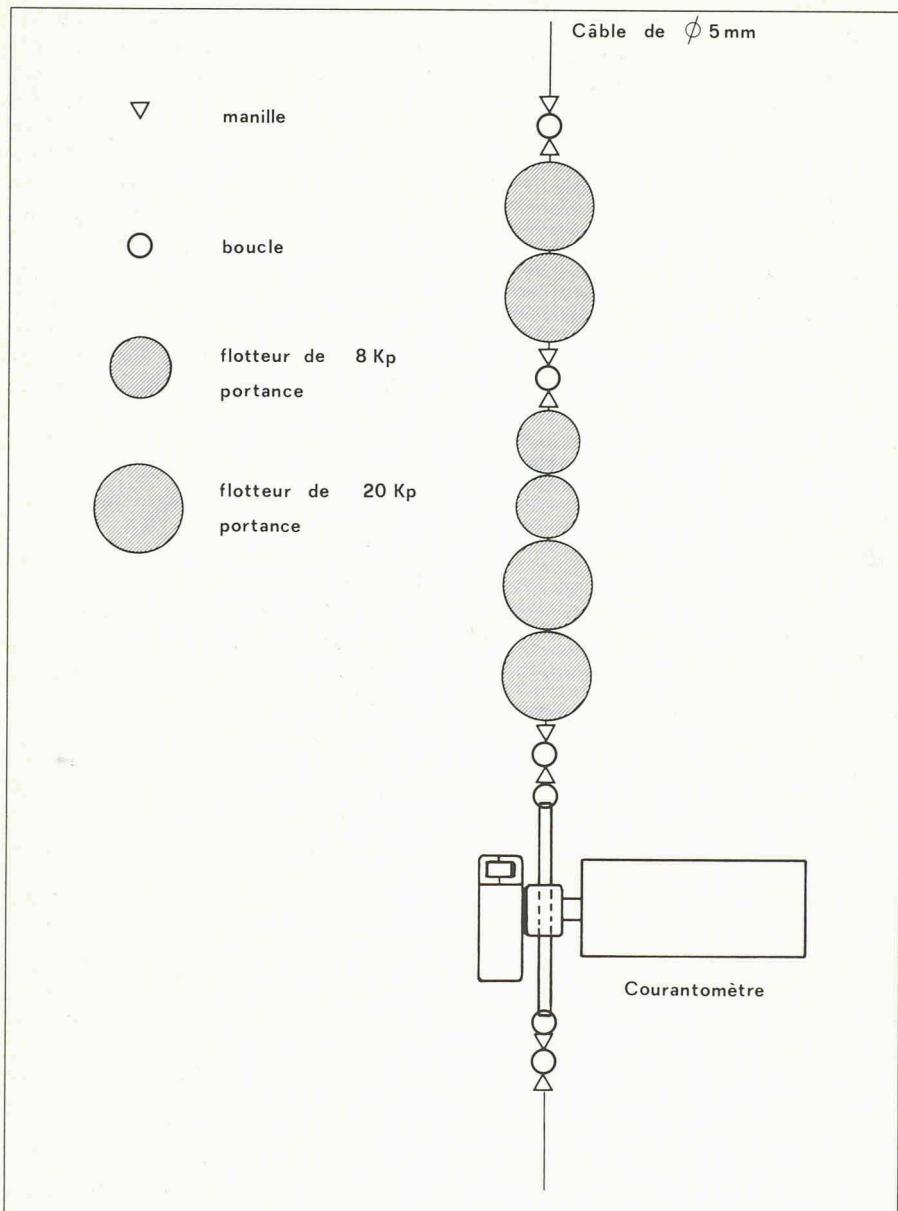


Fig. 4. — Détail de construction: courantomètre et ligne de flotteurs (Allaman-1, 11 m à 15 m).

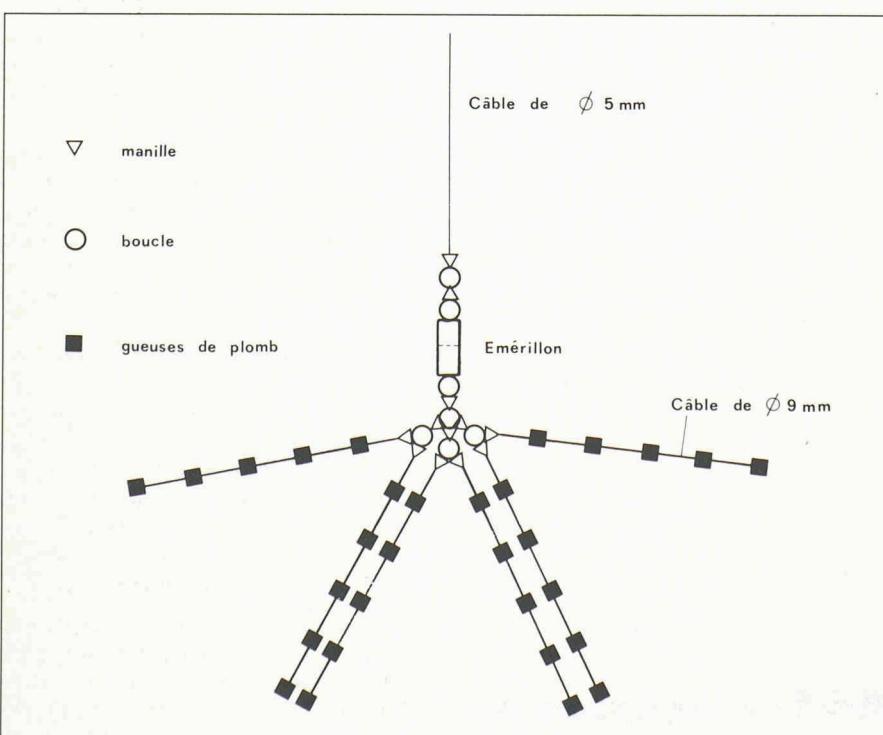


Fig. 5. — Détail de construction: le lest (Allaman-1, 300 Kp).

### 3. Mise en eau

Pour la mise en eau nous disposons des équipements suivants:

- un bateau loué (*Vaudaire*, Sagrave SA), environ 18 m de long, servant normalement comme bateau réservoir;
- un treuil avec portique, capacité: 1500 kg;
- un radar JFS 3200;
- un écho sondeur Atlas-échograph 240.

A part le pilote du bateau, 4 hommes sont nécessaires à la manœuvre.

La pose proprement dite a lieu de la manière suivante: On se rend sur le point prévu pour le mouillage grâce au radar (équipé d'un « cercle mobile » pour mesurer une distance, précision: 2% de l'échelle) et à l'écho-sondeur (précision: quelques mètres); arrivé sur le point, le pilote essaie de tenir le bateau le plus près possible du point, soit en suivant une courbe de niveau soit, en tournant autour du point (ceci avec une vitesse du bateau la plus faible possible afin de minimiser la force sur le mouillage en cours de descente).

On descend d'abord le lest puis le câble jusqu'au point où le premier instrument est prévu; à ce moment on stoppe la manœuvre et on bloque le câble déjà mouillé à l'aide d'un treuil auxiliaire, ceci sur une boucle prévue à cet effet sur l'édit câble. On peut donc découpler le câble et mettre l'instrument sur ce dernier, après avoir reconnecté les deux parties du câble préalablement séparées, décrocher le petit treuil puis reprendre la manœuvre [4].

Cette procédure se déroule autant de fois qu'il y a soit des instruments soit des bouées.

Pour les 15 derniers mètres, on positionne d'abord le bateau puis on continue la descente. Le repositionnement peut être assez important (1 ou 2 km) si la dérive due au courant et au vent a été forte (max. 0,1 m/sec à Saint-Prex-2). Lorsque toute la ligne est mouillée, on peut mesurer effectivement les profondeurs grâce au câble que l'on vient de mouiller (celui-ci est mesuré avant d'être enroulé sur le treuil) et l'on peut donc raccourcir si nécessaire la partie supérieure du mouillage. Si on est trop profond ou pas assez, on remonte jusqu'au premier instrument puis on se positionne à nouveau.

Cette procédure qui semble compliquée est la seule qui assure un bon positionnement avec les moyens dont on dispose: il faut dire que lorsque la manœuvre est bien rodée, on peut mouiller une ligne du type d'Allaman-1 (fig. 3), en une heure et demie. (Il serait bon d'enrouler les lignes sur le treuil de telle manière que la force nécessaire à l'enroulement soit de même ordre que celle lors

du mouillage; ceci afin que l'opération de déroulement du câble s'opère avec le moins d'à-coups possible.)

#### 4. Relève des instruments

Nous signalerons ici seulement les problèmes rencontrés lors de cette opération; en effet la manœuvre se déroule de façon identique à celle du mouillage, sauf lorsqu'il y a un largueur acoustique.

- A Cully-1 (bouée de «surface» à -3 m à cause d'une faute de notre part pendant la mise à l'eau), Rolle-1 et Gland, nous avons dragué à l'aide d'une ficelle ou d'un câble de Ø 5 mm mouillé entre deux bateaux, l'un tournant autour de l'autre, qui a été ancré, et avons ainsi pu accrocher la ligne des mouillages. A Rolle-1 et à Gland, nous avons constaté que le câble (Ø 9 mm) avait été sectionné, probablement par une hélice, juste au-dessus de la bouée située à 4 m de profondeur.
- A Saint-Prex-2, il n'y avait plus de bouée de surface lors de la remontée de la ligne après déclenchement du largueur acoustique; nous avons constaté qu'un bout de filet était pris immédiatement sous la bouée de surface, cette dernière étant lestée de deux pierres de 10 kg chacune.
- A Ouchy-2 il n'y avait plus de bouée de surface visible, à l'inverse de Saint-Prex-2, le largueur acoustique n'a pas fonctionné. Dans un premier temps, nous avons repris la procédure utilisée à Cully-1, malheureusement nous n'avons pas eu de succès avec cette méthode (probablement parce que nous n'avons pas bien fermé le cercle). Nous avons donc fait appel à M. Pierre Martin, spécialiste en travaux sous-lacustres, pour participer avec son équipement à la recherche de nos instruments. En utilisant au mieux son équipement (système de positionnement Decca — ± 1 m, échosondeur, sonar latéral) nous avons pu localiser exactement l'endroit où se trou-

TABLEAU 3: Simplifications possibles de la technique de mouillage grâce aux conditions régnant sur le Léman

Différences significatives	Conditions spéciales pour le Léman	Conséquences techniques
Importance de la corrosion pendant 6 mois	Eau douce	Câble d'acier courant
Hauteur des vagues	Existence de périodes relativement calmes	— mise en place: «le lest en premier» — bateau sans confort
Surface de la région concernée	Quelques dizaines de km <sup>2</sup>	— aller et retour pendant un jour de travail — possibilité d'aller chercher un «mouillage perdu» — positionnement précis à l'aide du radar
Vitesse du courant	Max. ~30 cm/sec Moy. <10 cm/sec	— diminution de la traînée et par conséquent du lest

vaient nos instruments puis draguer à cet endroit.

En relevant la ligne des instruments nous avons constaté que le câble (Ø 5 mm) avait été sectionné juste sous la bouée de surface! C'est la première fois que nous avons eu affaire à des actes de sabotage lors de nos campagnes de mesure sur le Léman.

Il est bon de noter qu'en comparant la position de mouillage mesurée avec le système Decca et la position obtenue avec notre radar, on trouve une différence de 150 m; considérant que la ligne n'a certainement pas bougé, on peut donc être satisfait des performances du radar.

A aucun moment les résultats des mesures faites avec les capteurs de pression n'ont montré un changement significatif de la profondeur pour la position verticale des instruments. En conséquence, la construction des mouillages a été conçue pour résister aux forces naturelles et au sabotage.

#### 6. Conclusions

Grâce aux conditions régnant sur le Léman, on peut simplifier considérablement la technique de mouillage par rap-

#### Bibliographie

- [1] W. H. GRAF et al., *Measuring on Lake Geneva* in «Hydrodynamics of Lakes», p. 123-148, ed. W. H. Graf, C. H. Mortimer, Elsevier Scientific Publishing Company, 1979.
- [2] J. IMBERGER, P. HAMBLIN, *Dynamics of Lakes, Reservoirs and Cooling Ponds*, Ann. Rev. Fluid Mech., vol. 14: 153-187, 1982.
- [3] G. SIEDLER, G. GRASSHOFF, *Tiefwasserankerung des Instituts für Meereskunde Kiel*, Deutsche Hydrographische Zeitung, 1972.
- [4] R. H. HEINMILLER, Jr, *Mooring operations techniques of the Buoy Project at Woods Hole Oceanographic Institution*, Technical Report, WHOI -76, -69, 1976.

port à celles utilisées en océan (tableau 3). La réussite de la campagne de mesure de l'année suivante (octobre 1982 à mars 1983) réalisée avec la même technique que l'année précédente nous a permis de confirmer ces conclusions.

#### Adresse des auteurs:

Martin Bohlé  
Claude Perrinjaquet  
Laboratoire d'hydraulique  
Ecole polytechnique fédérale  
1015 Lausanne

vous signalons que l'«Emile Aillaud auteur de cartons pour pull-overs tricotés» a été une véritable découverte...

François Neyroud

#### Ouvrages reçus

**Ouvrages spéciaux en terre et en enrochements: I. Terre armée et gabions.** Conférences de la journée d'étude de la Société suisse de mécanique des sols et des roches et de la SIA, Lausanne, 14 janvier 1981, et Zurich, 6 mars 1981. Un volume broché A4, 134 pages, abondamment illustré. Publication n° 103 de la SSMSR, ETH-Hönggerberg, 8093 Zurich.

## Bibliographie

### L'architecture selon Emile Aillaud

par Jean-François Dhuys. — Un vol. 20 × 21,5 cm, 216 pages, 210 illustrations. Edition Dunod, collection «Espace et Architecture», Paris, 1983. Prix: 158 ffr. (broché).

Voilà le troisième volume de cette collection qui, après Claude Parent et Jean Prouvé, présente l'architecte controversé de quelques-uns des grands ensembles des années 1950 et 1960 : Grigny

la Grande Borne, Les Courtilières de Pantin, Chanteloup-les-Vignes, etc.

On a pu dire que «c'était lui le premier qui a tordu le chemin de grue et a échappé aux formes orthogonales qu'on disait optimales...» (R. Bofill). Cet architecte octoginaire, qui manie le subjonctif avec élégance et porte la Lavallière avec distinction, nous était mal connu; nous ignorions son passage durant neuf ans chez l'architecte André Ventre à Paris, où il rencontra un jeune Suisse qui fit son chemin : Jean Tschumi. Certes, ses manifestes nous semblent minces de portée. «Dé-sordre apparent, ordre caché», le labyrinthe, le guingois, l'antipoë-

me de l'angle droit, semblent prendre le contre-pied des théories corbusiennes; en revanche, le *sol minéral*, ou l'attention qu'Aillaud voue à cette *cinquième façade* nous comble d'aise. Ses études comme «architecte de la Cour» sous Giscard, notamment pour la Tête Défense, nous irritent, et comme bien d'autres, nous avouons ne pas être parvenus à décrypter les motivations profondes qui justifient les choix d'Emile Aillaud. Mais l'ouvrage qui lui est consacré mérite la lecture pour celui qui est fasciné par la tentative d'expliquer ce qui distingue une architecture «commerciale» d'une recherche patiente. Pour l'anecdote, nous