

# Matérialisation de la verticale

## au-dessus d'un point donné

### au moyen d'un "FIL A FLOTTEUR"

Pierre de FONTGUYON  
Ingénieur des Arts et Manufactures Membre de l'A.F.T.  
Ancien Ingénieur de la S.F.S. (1929-1971)  
159 rue de l'Université 75007 PARIS

Le fil à flotteur, à l'inverse du fil à plomb, est tendu vertical par la poussée d'ARCHIMEDE exercée sous un flotteur immergé. Le liquide est contenu dans un récipient équipé d'un tube vertical axial permettant le libre passage d'une tige transmettant la traction au fil.

#### AVANTAGES DU FIL A FLOTTEUR SUR LE FIL A PLOMB

Pour la matérialisation précise des verticales ascendantes.

Avec le fil à plomb habituel, l'opérateur *doit* rechercher la position exacte du point d'attache du fil à plomb. Il ne la trouvera que par approches successives.

Il devra, pour ce faire, se fier à la pointe du fil à plomb souvent non exempte d'excentricité.

Il devra *régler la longueur du fil et en arrêter les oscillations*. Très probablement, il constatera que le point d'attache doit être déplacé.

Il essayera de déplacer exactement ce point d'attache de la quantité nécessaire dans la direction voulue. Si la hauteur est importante, il devra transmettre les instructions pour faire faire ce déplacement.

Après l'arrêt des oscillations, il constatera probablement que la verticale obtenue n'est pas tout à fait satisfaisante, et devra réitérer le cycle des opérations.

Avec un fil à plomb amorti par immersion de la masse-pesante, l'opérateur aura à prolonger la verticale par dessous le récipient jusqu'au point donné.

Il pourra, par exemple, observer le passage de cette verticale par rapport au point donné au moyen de deux théodolites en station dans deux plans verticaux formant un dièdre ayant le fil pour arête.

La précision sera meilleure que celle obtenue avec le fil à plomb habituel, surtout en cas de vent, mais la mise en place du point d'attache demandera du temps et du soin, si une grande précision est recherchée.

Enfin, il arrivera que le point d'attache, *exact* au moment de sa détermination, *ne soit pas rigoureusement stable*, ne serait-ce que par dilatation, action du

vent sur le support parfois élevé, ou même, plus simplement par enfoncement inégal des branches du trépied sur sol détrempe ou gelé ou sur le bitume.

Avec le fil à flotteur, l'opérateur *n'a pas à chercher le point d'attache*, puisque le fil (ou câble) est fixé au point donné.

*La longueur du fil* (ou câble) doit, comme pour le fil à plomb, être réglée, mais *ce réglage n'est qu'approximatif*, simplement, pour que le flotteur soit immergé de façon à subir la poussée d'ARCHIMEDE.

Compte tenu de la latitude de déplacement du flotteur dans le récipient, ce dernier *n'a pas à être situé avec précision*, mais seulement assez près de la verticale du point donné pour que le flotteur ne soit pas en contact avec une paroi.

La verticale matérialisée par le fil à flotteur est donc *une verticale automatique*, d'une façon analogue à une visée horizontale obtenue au moyen d'un appareil de nivellement automatique.

Si le support du récipient n'est pas rigoureusement stable, la matérialisation de *la verticale reste rigoureusement exacte*, tant que le flotteur ne vient pas en contact avec le récipient.

#### DESCRIPTION SOMMAIRE

Le récipient cylindrique R est équipé d'un tube axial T fixé au fond et permettant le libre passage de la tige verticale G à travers le fond pour transmettre la tension du fil (ou câble) C au flotteur F.

Cette tension équilibre la poussée d'Archimède du liquide sous le flotteur immergé.

Le liquide utilisé est du mercure dont la densité est environ 13,6.

La surface du bain est recouverte d'une couche d'huile de paraffine.

Le flotteur F est de forme torique. Cet anneau a une latitude de déplacement entre le tube axial et le récipient. Il en est de même pour la tige G dans le tube T.

Le flotteur F peut être immergé à une profondeur variable en agissant sur un enrouleur double à cliquet fixé au bas de la tige G.

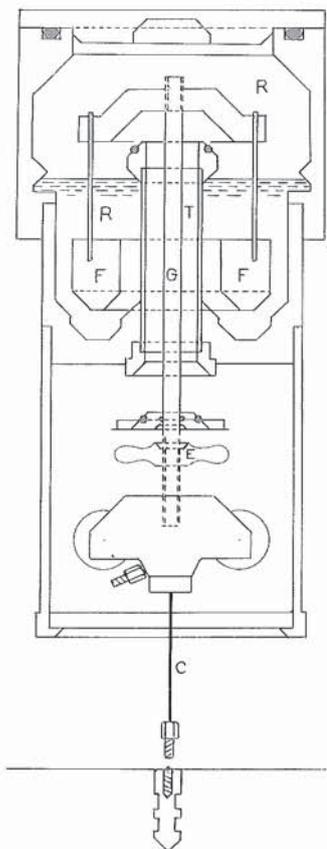


Fig. 1 - Schéma en coupe.

Le récipient est muni d'un couvercle hermétique.

Le tube axial qui traverse le fond du récipient peut être fermé hermétiquement, simultanément à ses deux orifices, par serrage des bouchons - supérieur et inférieur - ce dernier coulissant sur une partie lisse de la tige G, poussé par l'écrou à oreilles E par l'intermédiaire d'une entretoise hémicylindrique que l'on applique contre la tige G.

Le bouchon inférieur peut recevoir facilement une surcharge usinée, divisée en deux demi-disques, et pesant au total la moitié de la valeur de la traction due à l'immersion du flotteur.

Le récipient est muni d'une jupe ajourée de trois larges fenêtres.

La base circulaire de cette jupe est usinée pour être posée et enlevée facilement sur une embase à vis calantes ou sur un système spécial de centrage de théodolite sur le fil vertical.

#### CARACTERISTIQUES DE L'APPAREIL

L'appareil représenté a les caractéristiques suivantes :

- Traction du "Fil à flotteur" : 2,6 K
- Poids total : 14,4 K
- Poids du mercure : 10,1 K
- Hauteur totale : 355 mm
- Hauteur du récipient : 200 mm
- Diamètre maximum : 168 mm
- Diamètre de la base : 150 mm
- Latitude de déplacement latéral : 19 mm
- Latitude de déplacement vertical : 45 mm
- Durée de mise en station : 3 minutes

**Remarques :** la latitude de déplacement latéral est réduite à environ 8 mm lorsque le fil passe dans la vis

de fixation de l'embase. En usage normal, ce n'est pas gênant.

#### Manières de mettre l'appareil en station

1°) — Il est possible de poser simplement la jupe du récipient sur un support horizontal percé d'un orifice suffisant.

2°) — Le récipient peut être suspendu par le milieu de sa poignée munie d'une gorge.

3°) — L'appareil peut être posé et verrouillé sur son embase à vis calantes munie d'une nivellement sphérique.

4°) — L'appareil peut être posé et verrouillé sur un système de centrage d'embase de théodolite.

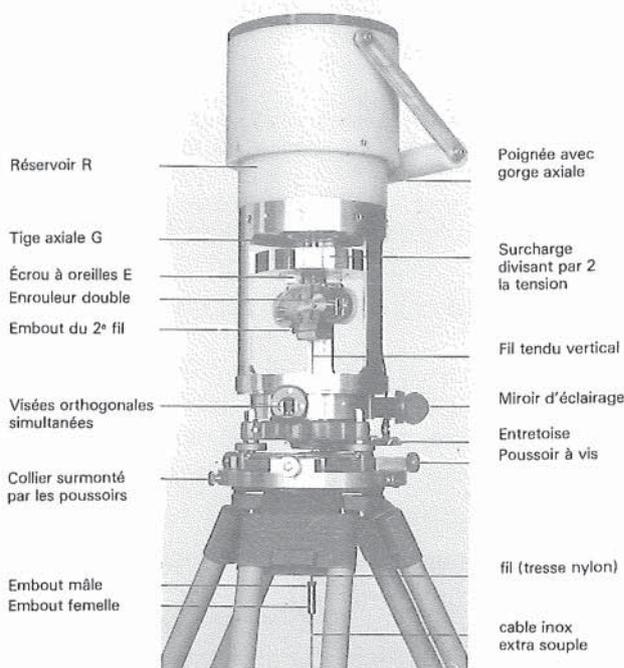


Fig. 2.

Fig. 2. Fil à flotteur en station pour centrer un théodolite T2 sur la verticale d'un point donné

#### SYSTEME SPECIAL DE CENTRAGE SUR LE FIL

Ce système permet de viser le fil vertical simultanément dans deux directions orthogonales, mais observées dans une même direction. L'opérateur déplace l'embase jusqu'à ce que le fil apparaisse bien axé dans les deux portions de viseur superposées correspondant chacune à une des deux directions réelles des visées orthogonales.

Ce système peut évidemment servir aussi à centrer un théodolite sur un fil à plomb, par exemple un fil à plomb amorti dans un bain d'huile au fond d'un puits pour y transmettre un gisement défini par un deuxième fil à plomb amorti.

Un dispositif accessoire peut être adapté à la tête du trépied pour faciliter la précision finale de la translation du système de centrage, en déplaçant l'embase avec trois poussoirs à vis.

Après avoir obtenu ce résultat, il reste à enlever doucement le fil à flotteur et à placer de même le théodolite.

Après avoir effectué les mesures au théodolite, rien n'empêche l'opérateur de vérifier que l'embase est restée bien centrée ; il en a pour deux minutes.

## UTILISATION DES FILS A FLOTTEUR

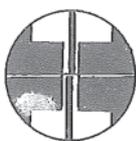
### I - Repères devenant inaccessibles

Il est possible de laisser fixé à demeure au repère un câble inox extra-souple muni à son extrémité supérieure d'un embout femelle pouvant être raccordé avec l'embout mâle d'un des fils de l'enrouleur à cliquet.

Le haut du câble en attente peut être accroché sous le bouchon d'un tube assez vertical pour permettre la matérialisation de la verticale.

Il existe de tels câbles depuis 1964 autour du réacteur RAPSODIE.

Fig. 3 - Aspect des 2 moitiés du champ du viseur à visées orthogonales simultanées  
— dans la partie sup. le fil visé apparaît 3/10<sup>e</sup> de mm trop à d.  
— dans la partie infér. le fil visé apparaît 4/10<sup>e</sup> de mm trop à g. mais dans une des 2 moitiés du champ cet écart est réellement en direction alors que dans l'autre c'est un écart en éloignement.



### II - Références profondes

De la même façon, il est possible de choisir des repères de références en profondeur, plus fiables que celles prises même dans la roche, mais en surface.

### III - Références enterrées

De telles références pourraient être établies dans des puisards moins coûteux que des sondages.

En terrain permettant la pénétration relativement facile de pieux, il est envisageable d'enfoncer à refus des tubes contenant le repère et le câble d'attente, le haut du tube enfoncé étant démontable et remplacé par un tube moins solide fermé par un bouchon sous lequel serait attaché le câble d'attente.

### IV - Stationnement au théodolite.

Stationnement des références enterrées ou profondes grâce au système de centrage à visées orthogonales simultanées.

### V - Mesure directe de la distance horizontale entre deux repères situés à des niveaux différents.

Il suffit d'installer deux fils à flotteurs de longueur suffisante pour pouvoir marquer sur ces deux fils l'horizontale donnée par un niveau à lunette et de présenter un fil ou un ruban invar.

L'expérience a montré que les lectures des graduations au contact des fils à flotteur ne présentent pas plus de dispersion que celles faites sur les repères de chaînage péniblement placés, plus ou moins exactement, à la verticale des repères scellés.

De plus, la mesure directe à l'horizontale élimine les réductions à l'horizon.

### VI - Matérialisation des plans verticaux.

Il est bien évident que l'on peut matérialiser, et de façon plus stable, des plans verticaux par des fils à flotteur au lieu des fils à plomb.

On peut aussi envisager de combiner éventuellement les deux sortes de fils verticaux.

### VII - Plans verticaux matérialisés par une polygonale funiculaire.

Dans des cas difficiles de chantiers en cours et encombrés, on peut être amené à matérialiser un plan vertical par des fils reliant en ligne brisée, fils à flotteur et fils à plomb, les divers fils étant plus ou moins surchargés pour respecter l'équilibre des forces.

### VIII - Influence du vent

Le fil à flotteur, comme le fil à plomb, est sensible au vent.

Toutefois le flotteur est bien à l'abri et il est facile d'envelopper la jupe du récipient pour abriter l'enrouleur et le bas de la tige axiale.

S'il n'est pas possible de protéger le fil lui-même, on peut cependant déterminer assez exactement le déplacement causé par le vent, si ce vent est à peu près constant.

En effet, le déplacement du fil est inversement proportionnel à la tension. Grâce à la surcharge prévue à cette intention, il est possible de diviser par deux la tension du fil et donc de *doubler le déplacement produit par le vent*. (La surcharge est évidemment abritée du vent à l'intérieur de la jupe déjà enveloppée pour abriter l'enrouleur.)

On peut donc faire des mesures à tension normale et à tension moitié, et extrapoler le résultat (avec l'imprécision entraînée par toute extrapolation).

### IX - Amortissement rapide des oscillations des fils à flotteur.

Les fils à flotteur à mercure ont été utilisés en été 1977 à l'I.G.N., dans une cage d'escalier, sur une hauteur d'environ 27 mètres.

Deux fils étaient en station, à trois marches d'intervalle. L'un tirait à 5 kg et l'autre à 3,4 kg. La durée de stabilisation ne dépassait pas une minute.

La distance mesurée entre câbles, en bas et en haut, au moyen d'une règle graduée a été trouvée la même à 0,08 mm près, avec une dispersion des mesures analogue à celle obtenue au fil invar entre repères fixes.

### X - Cheminement à deux ou trois fils à flotteur.

Un fil à flotteur est un excellent signal, visible sur une grande hauteur.

C'est un signal stable, facile à enlever et à remettre avec la précision du dixième de millimètre.

D'autre part, la mise en station d'un théodolite au dixième de millimètre est réalisable en quelques minutes avec le système de visées orthogonales simultanées.

Un cheminement utilisant les fils à flotteur pourra être exécuté avec autant de *reprises* que le nécessiteront, par exemple, des travaux en cours.

*La précision de la transmission des gisements est assurée.*

### XI - Pilotage, puis auscultation éventuelle, de constructions de grande hauteur.

(Tours, viaducs, barrages, réacteurs nucléaires, ascenseurs, etc...)

Les fils à flotteur permettent de réaliser des signaux de visée précieux *en matérialisant de façon automatique et très précise les verticales des repères du canevas de référence.*

D'autre part, l'opérateur peut facilement *stationner la verticale d'un repère du canevas de référence* en utilisant le système de centrage à visées orthogonales simultanées.

A condition de les prévoir en temps utile, il est possible de réserver des passages de verticales à travers les constructions élevées. Les angles intérieurs des gaines d'ascenseurs peuvent facilement permettre des passages de verticales utilisables non seulement pendant la construction, mais plus tard pour des auscultations.

# Abonnement 1980 à la revue xyz de l'Association Française de Topographie

*Pour s'abonner à cette revue, vous adressez votre demande, accompagnée du chèque de règlement, à l'adresse suivante :*

## **ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE**

### **" Abonnements "**

39<sup>ter</sup> rue Gay-Lussac  
75005 PARIS

#### **Abonnement 1 AN (4 numéros)**

- FRANCE = 160 F
- AUTRES PAYS = 200 F

**Tous les membres de l'A.F.T sont automatiquement abonnés à la revue xyz.**

**Les abonnements ne sont pas rétroactifs et commencent à la date du règlement.**

**Achat d'un seul numéro** - même adresse que ci-dessus.  
(sous réserve de disponibilité)

- FRANCE = 50 F
- AUTRES PAYS = 60 F

*En cas de changement d'adresse, nous invitons nos abonnés à bien vouloir communiquer à l'adresse ci-dessus la dernière bande accompagnée de la somme de 3,60 F en timbres poste.*

**LART**  
PHOTO-REPROGRAPHIE PHOTO-CARTOGRAPHIE  
5, RUE DE LA VEGA - 75012 PARIS  
347.15.92

**REPRODUCTION PHOTOGRAPHIQUE**  
de vos plans en tous formats  
réductions - agrandissements - montages - surcoupes

**LA PHOTOGRAPHIE**  
c'est la qualité, c'est la précision  
compléments indispensables de vos travaux