OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Janvier 1964

Service Hydrologique

A. BOUCHARDEAU

NOTE

Effets de la dilatation sur les mesures d'évaporation sur bacs "COLORADO" et moyens de les corriger

-----

Bien que l'on considère généralement comme négligeable l'influence de la température sur les mesures faites sur les bacs COLORADO, il est des circonstances où l'on doit en tenir compte, en particulier lors des enregistrements continus de l'évaporation. Avec la méthode actuellement employée, celle du flotteur actionnant un contact électrique, qui met en route une pompe d'alimentation complètant le volume d'eau évaporé, on observe en effet une anomalie: absence apparente d'évaporation pendant les premières heures de la journée. Cette anomalie est justement dûe au fait que l'eau a un coefficient de dilatation plus élevé que le récipient de tôle qui constitue le bac, d'où il s'en suit une augmentation apparente du niveau de l'eau dans le bac.

Nous verrons qu'il est possible d'apporter une compensation automatique de cette source d'erreurs par l'emploi d'un flotteur de forme appropriée.

Etude théorique

Le bac COLORADO est un récipient de section carrée 1 x 1m, de profondeur 0,60, empli sur une profondeur de 0,50.

Dans le bac ordinaire le niveau de l'eau est repéré par une pointe fixée sur la paroi du bac.

Dans le bac à enregistrement continu, un flotteur est placé dans un récipient fixé latéralement et communiquant avec le bac. Ce flotteur porte l'un des pôles du contact électrique, le 2ème étant fixé sur la paroi du bac. Le flotteur et le support du 1er pôle sont en cuivre. Le 2ème pôle sera supposé placé directement sur la paroi de tôle du bac. Il est important de préciser les matériaux employés en raison de leurs dilatations différentes.

Coefficients de dilatation

- dilatation linéaire du cuivre $l = lo\ (1 + 15.10^{-6}\ (t - to))$
- dilatation linéaire du fer $l = lo\ (1 + 9.10^{-6}\ (t - to))$
- dilatation cubique de l'eau à 20° $V = Vo\ (1 + 207.10^{-6}\ (t - to))$
- dilatation cubique de l'eau à 30° $V = Vo\ (1 + 263.10^{-6}\ (t - to))$

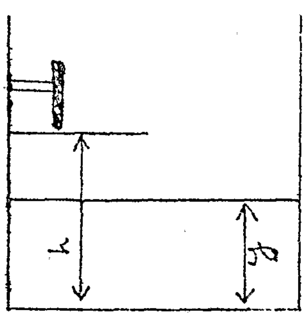
Pour simplifier les écritures, on écrira conventionnellement par la suite:

cuivre $l = lo\ (1 + 15)$

fer $l = lo\ (1 + 9)$

eau $V = Vo\ (1 + 263)$

Effets des dilatations dans la cuve (bac ordinaire) le niveau de l'eau étant repéré par une pointe.



On se reporetera aux notations du croquis ci-contre. Les hauteurs sont repérées par rapport au fond de la cuve.

y est la hauteur de l'eau - h la hauteur de la pointe.

V, s, y, h, sont à la température to

V' s' y' h' sont à la température t

On a évidemment

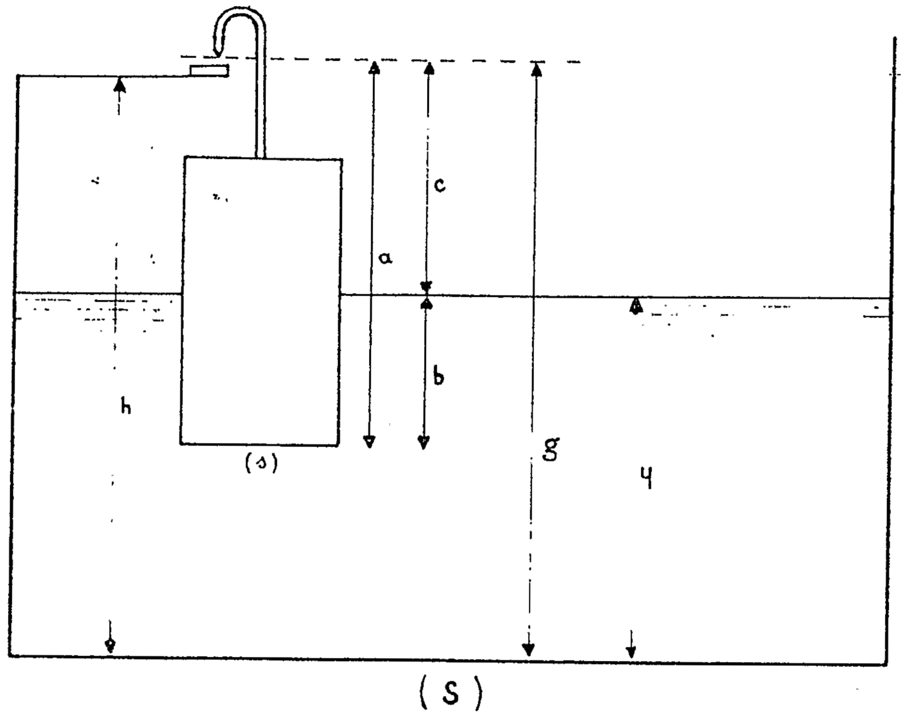
$V = S\ y$

$V' = V\ (1 + 263) = S\ (1 + 2 \times 9)\ y'$

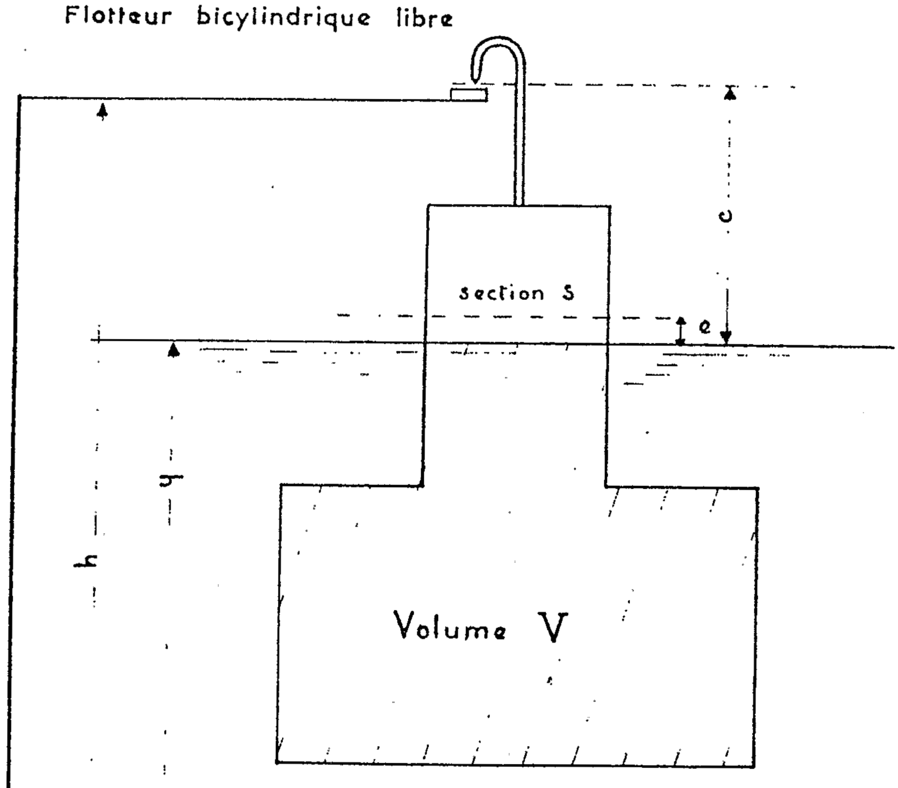
d'où $y' = y\ (1 + 245)$

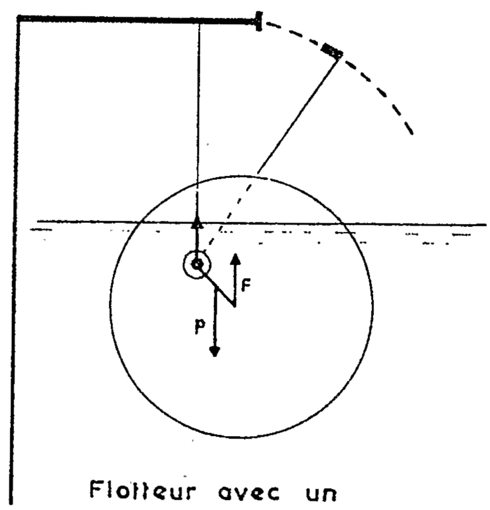
d'autre part $h' = h\ (1 + 9)$

Flotteur cylindrique libre



Flotteur bicylindrique libre





Flotteur avec un point fixe

A la température to $h = y$ et à la température t on a très sensiblement

$$y' - h' = 236\ h$$

soit en reprenant l'ensemble de ~~la~~ formule

$$y' - h' = 236\ 10^{-6}\ (t - to)\ h$$

on voit ainsi que l'accroissement apparent du niveau de l'eau dans le bac sera de 0,118mm par dégré. On notera que si les mesures sont faites à 6h. et à 18heures on pourra sous estimer l'évaporation diurne d'une valeur de l'ordre du mm, et surestimer d'autant l'évaporation nocturne.

Effet de la dilatation sur le flotteur

On supposera que le flotteur est un cylindre de cuivre, de poids propre p, de section s et de hauteur immergée b si d est la densité de l'eau:

$$p = b\ s\ d = b'\ s'\ d'$$

b s d à la température to

b' s' d' à la température t

$$d' = d\ (1 - 263)$$

$$b'\ s\ (1 + 2 \times 15)\ d\ (1 - 263) = b\ s\ d$$

$$b' = b\ (1 + 233)$$

Hauteur du contact mobile du flotteur

$$g = y + a - b$$

$$g' = y' + c' = y' + a' - b'$$

$$g' = y\ (1 + 245) + a\ (1 + 15) - b\ (1 + 233)$$

Hauteur du contact fixe (supposé à la hauteur du rebord de la cuve)

$$h' = h\ (1 + 9)$$

Différence de hauteur entre les deux contacts = g' - h'

$$g' = y + a - b + 245\ y + 15\ a - 233\ b$$

$$h' = h + 9\ h$$

en supposant qu'il y ait contact à la température to, donc $g = g = h = y + a - b$, on a à la température t

$$\boxed{g' - h' = 245\ y + 15\ a - 233\ b - 9\ h}$$

Invariance du contact $g' - h' = 0$

On constate que si l'on veut que le flotteur reste en contact, il faut que la hauteur immergée du flotteur satisfasse à la relation:

$$233\ b = 245\ y + 15\ a - 9\ h$$

relation qui peut s'écrire en tenant compte du fait que

$h - y = a - b$

$$\boxed{218\ b = 230\ y + 6\ h}$$

Cette relation étant indépendante de la température

on trouve ainsi que le flotteur, de forme cylindrique devrait avoir 54,5 cm de longueur.

La première solution pour annuler complètement l'effet de la température serait donc d'adopter un tel flotteur. Inutile de préciser qu'il serait très encombrant et incommode.

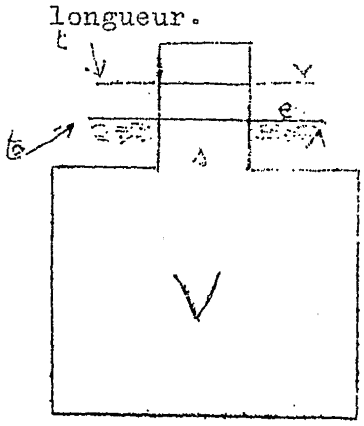
Importance de l' "anomalie", en cas des flotteurs de dimension ordinaire

Supposons par exemple que b = 50 mm et a = 100mm. Pour 1 degré de variation de température on aurait

$g' - h' = 0{,}106$ mm

Correction à l'aide d'un "flotteur bicylindrique"

Nous allons voir qu'il est possible d'obtenir le même résultat avec un flotteur de forme spéciale qu'avec le flotteur de 54,5 cm de longueur.



Supposons que ce flotteur soit formé, d'une capacité immergée de volume V à la température to, et que son col , à la surface de l'eau, soit de superficie s

Si p est le poids propre du flotteur:

$p = V\ d = V'\ d'$

A la température t le flotteur s'enfonce de e

$V' = (V + se)\ (1 + 3 \times 15)$

$d' = d\ (1 - 263)$

$Vd = (V + se)\ (1 + 45)\ d\ (1 - 263)$

d'où $se\ (1 + 45)\ (1 - 263) = V\ (1-(1+45)(1-263))$

en retablissant les valeurs réelles des termes et en négligeant les termes du 2ème degré on a

$$e = 218 \quad 10^{-6} \quad (t - to)\frac{V}{s}$$

que l'on notera conventionnellement $e = 218\frac{V}{s}$

on trouve évidemment que ce flotteur se comporte comme un flotteur cylindrique dont la longueur immergée serait $\frac{V}{s} = b$

on a en effet $b' = (b + e)\ (1 + 15)$

$$b' = b\ (1 + 218)\ (1 + 15) \neq b\ (1 + 233)$$

relation que nous avons trouvée précedemment.

La relation $218 \quad b = 230\ y + 6\ h$ est donc valable ce qui donne la condition que doivent remplir les dimensions du flotteur

$$\boxed{\frac{V}{s} = \frac{230\ y + 6\ h}{218}}$$

Application pratique

Avec $y = 50$ cm et $h = 60$ cm

$\frac{V}{s} = 54{,}5$ cm

On pourra par exemple utiliser un flotteur constitué d'un cylindre de diamètre 9 cm et de longueur 10 cm

On prendra d'autre part le diamètre du petit cylindre formant col, égal à 4 cm.

La hauteur immergée du petit cylindre sera alors de 3,18 cm.

REMARQUES

1)- Naturellement le flotteur devra être convenablement lesté pour que l'enfoncement du flotteur soit tel que le rapport $\frac{V}{s}$ soit ainsi strictement respecté.

2)- On peut remarquer que si le col n'est pas trop long et le flotteur de dimensions normales (10 cm de longueur) le rapport des diamètres des deux cylindres devra varier entre 2,0 et 2,5.

3)- Les dimensions données ci-dessus ne sont qu'un exemple. On choisira en fait celles qui conviennent le mieux pour adapter le matériel dont on pourra disposer, en respectant toutefois le rapport $\frac{V}{s}$.

4)- Ce rapport sera légèrement différent suivant la température moyenne de fonctionnement du bac, puisque le coefficient de dilatation de l'eau varie avec la température.

à 20° on aurait ainsi

$$\frac{V}{s} = \frac{174\ y\ +\ 6\ h}{162}$$

soit avec $y \doteqdot 50$ et $h = 60$

$$\frac{V}{s} = 56{,}0 \text{ cm}$$

on constate donc que la variation n'est pas très importante.

5)- Dans le cas où, pour amplifier le mouvement du contact, on emploie un flotteur ayant un point fixe le rapport $\frac{V}{s}$ n'est plus constant à température constante quand le niveau varie. Mais le déplacement dans les conditions d'emploi est faible et c'est dans cette marge que l'on calculera le poids du flotteur pour avoir le $\frac{V}{s}$ convenable

(entre 54,5 cm et 56,0 cm).