

T.P.N. 161

163

EXEMPLAIRE UNIQUE
NE PAS SORTIR

CILSS - OMI - PNUD - ORSTOM

AGRHYMET



NOTE SUR LE JAUGEAGE PAR INTEGRATION

R. GATHELIER, Hydrologue à

l'ORSTOM

FECH/2031
HST



NIAMEY AVRIL 1980

Fonds Documentaire ORSTOM



010020431

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B*20431 Ex: unique

JAUGEAGE PAR INTEGRATION

I - THEORIE

Le jaugeage par intégration se pratique en laissant descendre le moulinet à vitesse constante le long de la verticale.

Supposons que la formule de tarage du moulinet soit :

$$u = a \frac{n}{t} + b$$

n = nombre de tours de l'hélice

t = temps d'enregistrement de n

P = profondeur du moulinet

v = vitesse, de descente du moulinet, constante.

Pour une profondeur p on a une vitesse du courant u qui peut être considérée comme constante au deuxième ordre près, le long d'une différentielle dp .

Le moulinet, dans son mouvement de descente, met un temps $\frac{dp}{v}$ pour courir l'élément dp .

On aura donc compté, si le moulinet n'enregistre que la composante horizontale de la vitesse, un nombre de tours d'hélice répondant à la relation :

$$u = a \frac{v dn}{dp} + b$$

d'où
$$dn = \frac{u - b}{va} dp$$

Le nombre total de tours d'hélice compté lors de la descente jusqu'au fond de la rivière sera égal à :

$$N = \int_0^P \frac{u - b}{va} dp \text{ en un temps } T = \frac{P}{v}$$

et la vitesse correspondante, calculée par la formule :

$$U = a \frac{N}{T} + b = \int_0^P \frac{au}{vaT} dp - \frac{ba}{vaT} \int_0^P dp + b$$

.../...

- 2 -

or $vT = P$ et $\int_0^P dp = P$

d'où $u = \frac{1}{P} \int_0^P v dp$

ce qui est l'expression de la vitesse moyenne le long de la verticale.

Cette méthode a donc l'avantage d'être plus rapide et plus complète (puisqu'on a la vitesse moyenne sur la verticale) et le dépouillement se réduit à une simple intégration graphique.

On peut élever certaines objections sur cette méthode.

1/ La vitesse de descente peut influencer sur la valeur de la vitesse du courant, la résultante de ces deux vitesses nous donnera une vitesse légèrement oblique et supérieure. Un exemple nous fixera sur l'importance de cette erreur : avec un courant de 1 m/s et une vitesse de descente de 5 cm/s la résultante est de : 1,0012 m/S soit un écart de 1,2% bien inférieur à la précision de l'étalonnage. De plus, une hélice ordinaire, ne prend guère que la composante horizontale, si l'angle d'obliquité est suffisamment petit. Par acquit de conscience, on peut utiliser une hélice auto-composante.

2/ Il peut exister un déséquilibre possible de l'ensemble suspendu, avec un peu d'expérience on pallie facilement cet inconvénient. Du point de vue expérimental, on n'a jamais observé d'écarts notables, ou systématiques, entre des mesures point par point et par intégration. On peut également effectuer des jaugeages par intégration sur perche.

Dans la partie théorique citée précédemment, la démonstration ne tenait pas compte que l'ensemble suspendu n'explore que $P - C$ te du saumon (qui varie entre 0,15 m et 0,22 m selon le saumon utilisé), il reste donc l'élément de profondeur égale à la constante du saumon qui est négligé ; pour la suite de l'exposé on définira :

- P : Profondeur totale de la verticale
- C : Constante du saumon.

Pour pallier cet inconvénient, les hydrologues préconisent trois méthodes principales :

1) On assimile le bas de la parabole de vitesse à un triangle ; il suffit donc de faire le demi-produit de la vitesse ponctuelle (on l'appellera vitesse de fond ou V_F) mesurée à la distance $P - C$ de la surface de l'eau par C ($\frac{V_F \times C}{2}$) pour obtenir la surface de ce triangle, et ajouter cette valeur à celle que l'on a obtenue par intégration.

L'équation générale donnant le débit unitaire à une verticale donnée est la suivante :

T : temps de descente de l'hélice de la surface à la signalisation de l'action du contact de fond donc sur la distance P - C

N : nombre d'impulsions enregistrées pendant le temps T. L'équation du moulinet nous donnera la vitesse moyenne sur (P - C). Cette expression sera appelée dans la suite de l'exposé P'.

Le débit unitaire sur P - C sera donc :

$$(P - C) \times \left(a \frac{N}{T} + b \right)$$

$$P' \times V_{\text{moy.}}$$

Le débit unitaire sur P sera donc :

$$dq = (P' \times V_{\text{moy.}}) + \frac{(V_F \times C)}{2}$$

Exemple : On a enregistré lors d'un jaugeage par intégration les mesures suivantes :

N = 750	T = 150 s	Cte saumon = 0,18 m
v = 4 cm/s	P' = 6,00 m	V _F = 0,650 m/s
v = 0,249 m + 0,012		

Quel est le débit unitaire pour cette verticale ?
Calcul de la vitesse moyenne :

$$v_{\text{moy}} = 0,2492 \frac{750}{150} + 0,012$$

$$= 1,258 \text{ m/s}$$

$$dq = 1,258 \text{ m/s} \times 6,00 \text{ m} + \frac{0,18 \text{ m} \times 0,65 \text{ m/s}}{2} =$$

$$= 7,548 \text{ m}^2/\text{s} + 0,0585 \text{ m}^2/\text{s} = 7,6065 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\approx 7,61 \text{ m}^2/\text{s}$$

2/ On assimile le bas de la parabole de vitesse à une portion de parabole.

L'équation du débit unitaire devient :

$$P' \times V_{\text{moy}} + \frac{2}{3} V_F \times C$$

En reprenant l'exemple numérique fait précédemment

$$dq = 7,548 \text{ m}^2/\text{s} + \frac{2}{3} \times 0,18 \text{ m} \times 0,65 \text{ m/s}$$

$$= \quad \quad \quad + 0,078 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$= 7,626 \text{ m}^2/\text{s} \quad \approx 7,63 \text{ m}^2/\text{s}$$

- 3) Méthode employée avec les compteurs électroniques type CJR22 (FRON) plus détaillée dans la partie : pratique de la mesure
L'équation de la vitesse moyenne sur la profondeur totale est :

$$v \text{ moy} = a \frac{N + n}{T + t} + b$$

débit unitaire = $P \times v \text{ moy}$

N: nombre de tours enregistré pendant le temps T sur la profondeur P'.

t: temps que mettrait le moulinet pour parcourir la distance $P - P'$ (cette distance correspond à la constante du saumon) à la vitesse v de descente du montage suspendu, ce temps est donc déterminé à l'avance il est égal à :

$$\frac{C}{v} = \frac{\text{cm}}{\text{cm/s}} t$$

n est le nombre de tours qu'enregistrerait le compteur si l'hélice pouvait aller jusqu'au fond (donc de P' à P).

Reprenons le premier exemple :

On peut déterminer t facilement :

$$t = \frac{18}{4} = 4,5 \text{ s}$$

la valeur de n est 12 (dans cet exemple)

$$d'où v \text{ moy} = \frac{750 + 12 \times 0,2492}{150 + 4,5} + 0,012 = 1,241 \text{ m/s}$$

$$d'où dq = 1,241 \text{ m/s} \times 6,18 \text{ m} = 7,67 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Nota : } P = P' + C = 6,00 \text{ m} + 0,18 \text{ m} = 6,18 \text{ m}$$

Il suffirait de réaliser en même temps un jaugeage point par point et comparer le résultat avec une de ces trois méthodes pour choisir celle qui nous paraît la plus adéquate.

- PRATIQUE DE LA MESURE

1. MATERIEL UTILISE

- 1.1. TREUILS Montage classique de jaugeage pour des mesures à partir d'une embarcation avec un treuil de profondeur équipé d'un système de régulation de descente réglable et à affichage de la vitesse de descente (sur les anciens modèles le système utilisé était un régulateur à palettes dans lequel le freinage était obtenu par la résistance de l'air à la rotation de deux palettes, un démultiplicateur interposé entre l'axe de rotation des palettes et le tambour, permettait un freinage énergétique de l'ensemble, réglable par inclinaison des palettes). Actuellement les régulateurs sont de type régulateur de Watt, le freinage est obtenu par déplacement de masselottes.

Le système de débrayage des treuils permet la facilité de la mesure.

Le régulateur de descente de chez OTT possède un compteur sur lequel on peut vérifier si la vitesse de descente choisie est constante.

Celui de NEYRPIC demande un étalonnage préalable à l'aide d'un chronomètre. On procède de la façon suivante :

- 1/ On règle le compteur de profondeur du treuil sur 0000 en amenant en coïncidence l'axe de l'hélice avec la surface de l'eau.
- 2/ On remonte à l'aide du treuil l'ensemble saumon moulinet de telle sorte que l'ensemble soit hors de l'eau.
- 3/ On donne une impulsion à la manivelle du treuil dans le sens du déroulement, l'ensemble suspendu va se mettre à descendre, on surveille le compteur de profondeur, dès que celui-ci affiche 0000 on déclenche le chronomètre, au bout d'un temps égal à 50 secondes par exemple on arrête le mouvement de descente en arrêtant le mouvement circulaire de la poignée. On note la profondeur affichée sur le treuil, le rapport profondeur sur temps nous donnera la vitesse de descente du treuil, par tâtonnement en agissant sur le serrage ou le desserrage du frein on pourra obtenir la vitesse de descente désirée. Cette opération est assez longue, mais une fois la vitesse bien réglée on pourra la garder pour d'autres mesures.

1.2. APPAREILS DE COMPTAGE

L'emploi du Z 100 est à proscrire pour ce genre de mesure, étant limité par l'obligation de présélectionner le temps.

On peut donc utiliser :

- 1/ Un F 4 (OTT) avec chronomètre, toutefois cela demande une certaine dextérité pour synchroniser les deux appareils.
- 2/ Un F 6 (OTT) le chronomètre est incorporé et synchronisé avec l'élément de comptage emploi très simple.
- 3/ Un CJR 22 (FRON) manipulation très facile.

2. DEROULEMENT DE LA MESURE.

2.1. Réglage de la vitesse de descente.

Si l'on utilise un treuil NEVA (OTT) avec régulateur de descente on fait un essai avant de commencer les mesures pour régler la vitesse de descente, l'aiguille du compteur ne sera jamais immobile elle oscillera entre deux valeurs.

Par exemple, si l'on choisit une vitesse de descente de 4 cm/s s'assurer pendant l'essai que les valeurs extrêmes sont 3,9 cm/s et 4,1 cm/s.

Pour un treuil NEYRPIC, on procédera comme cela est indiqué précédemment.

2.2. Mesure.

Une fois le réglage du zéro effectué sur le treuil on remonte l'ensemble saumon moulinet hors de l'eau à une certaine hauteur dépendante de la distance séparant le porte à faux de la surface de l'eau. On donne une impulsion forte à la manivelle du treuil de façon à ce que le saumon amorce un mouvement de descente. On surveille le compteur de profondeur

dès que celui-ci affiche 0000 on déclenche simultanément le chronomètre et le compteur (si c'est un F4), on agit sur l'interrupteur rotatif du F6 qui met en marche simultanément le chronomètre et le compteur, il faut bien s'assurer au départ que le chronomètre et le compteur sont à zéro.

On remarquera un léger freinage au moment où le saumon et le moulinet touchent l'eau, ceci étant dû au passage d'un milieu gazeux à un milieu liquide.

Pendant la mesure on surveille si la vitesse de descente ne varie pas trop.

Lorsque le saumon atteint le fond, action du contact de fond se traduisant par l'arrêt du comptage sur les trois compteurs précités ou par une sonnerie continue si l'on utilise le coufineur du F6, on arrête la mesure :

en appuyant simultanément sur le poussoir du chronomètre et l'interrupteur du F4

en mettant l'interrupteur du F6 sur la position arrêt

en appuyant sur le poussoir (pastille verte) sur le CJR 22.

On note les valeurs N et T sur ces appareils.

Ensuite on remonte légèrement le saumon pour que le contact de fond n'agisse plus, cette opération sonnerie interrompue se traduit par une reprise du comptage, ou des impulsions lumineuses sur le CJR 22, on note à ce moment-là la profondeur affichée sur le compteur du treuil.

On effectue une mesure de vitesse à la profondeur P' (en 50 secondes) on notera sur la feuille de jaugeage

P'	N	T
P' VF	n	50

si l'on utilise la troisième méthode (CJR 22).

Pendant la descente du saumon l'interrupteur A OM est sur M (manuel). Avant la mesure, lorsque l'on aura défini la vitesse de descente on pourra présélectionner à l'avance sur le compteur le temps t, exemple : si $v = 4 \text{ cm/s}$
cte saumon = $0,18 \text{ m}$, $t = \frac{0,18}{0,04} = 4,5 \text{ s}$

on affichera 4 sur le commutateur (1') et 5 sur (1/10). L'opération de descente du saumon terminée, ainsi que la profondeur moulinet déterminée (reprise des scintillements) on mettra ACM sur A, au bout du temps imparti (ici 4,5 s) on notera n, on aura donc $N + n$ et $T + 4,5$.

Il est nécessaire de contrôler à chaque verticale si $v \times T$ est très proche de P', sinon l'erreur provient du manque de rapidité du manipulateur ou d'une vitesse de descente non constante.