

# Mesures de débits de crue par moulinet suspendu Perfectionnements du mode opératoire et premiers résultats obtenus

## Flood discharge measurements by suspended current meter Improvements in the method and the first results

PAR L. GRAND

INGÉNIEUR DES TRAVAUX PUBLICS DE L'ÉTAT A LA 5<sup>e</sup> CIRCONSCRIPTION ÉLECTRIQUE (TOULOUSE).

*Si l'on ne dispose pas d'installations fixes importantes et coûteuses, l'exécution rapide, en très fortes crues, de jaugeages complets sur de grands cours d'eau profonds et à pente relativement forte conduit à utiliser le moulinet suspendu.*

*Des perfectionnements récents de la méthode, en particulier le repérage sans fil des contacts du moulinet par un poste récepteur radio, permettent des mesures précises avec un matériel très maniable, d'un transport et d'un montage faciles.*

*L'auteur donne quelques exemples significatifs de résultats déjà obtenus.*

*When large and costly fixed installations are not available and it is necessary to make complete gaugings of wide and deep rivers of fairly steep slope, it is possible to perform them quickly by using a suspended current meter.*

*Recent perfections of the method—in particular the avoidance of wire to the current meter contacts by using a radio receiving set—enable precise measurements to be made. The equipment is easily handled and is simple to transport and set up.*

*The author gives a few typical examples of results already obtained.*

### Préambule

Pour la mesure assez précise des débits de crue de cours d'eau importants, le procédé en général le plus simple, et maintenant de beaucoup le plus répandu, consiste à utiliser un moulinet moyennement lesté manœuvré, à l'aide d'un treuil, du haut de ponts judicieusement choisis (sections d'écoulements convenables). Si l'on doit mesurer rapidement de fortes vitesses

par des profondeurs importantes, ce procédé comporte cependant des défauts. Nous nous proposons d'indiquer brièvement comment les Services d'Hydrologie des Circonscriptions Electriques ont essayé de le perfectionner et d'énumérer les premiers résultats encourageants obtenus, en particulier à l'occasion des récentes crues du Tarn et de la Garonne et de leurs affluents.

### Matériel livré par les constructeurs

L'équipement étudié et fourni par les constructeurs spécialisés, tels que les Etablissements Ott et Neyrpic, se compose essentiellement d'un mou-

linet monté à l'avant d'un lest appelé saumon, lequel est descendu dans l'eau à l'aide d'un câble électro-porteur déroulé d'un treuil. Le treuil est

lui-même fixé à un chariot ou à un dispositif quelconque permettant de le déplacer d'un côté à l'autre du pont.

Pour la précision des mesures, la partie importante de l'appareillage est évidemment celle mise à l'eau : saumon, moulinet, câble électroporteur. Elle doit en effet être conçue pour rester aussi stable que possible près de la verticale, malgré les efforts la sollicitant, c'est-à-dire sans dérives et déviations exagérées du fait des fortes vitesses et des turbulences.

Il importait donc de réduire au minimum son coefficient de traînée pour utiliser un saumon restant maniable, c'est-à-dire pratiquement, d'un poids maximum de 80 ou 100 kg. De ce point de vue, les constructeurs ont réalisé des saumons bien profilés d'une tenue à peu près parfaite,

mais ils ont trop négligé, à notre avis, la traînée du câble électroporteur. Ce câble fait 8 mm de diamètre et sa traînée aux grandes profondeurs est de beaucoup la plus importante. Le Cx du saumon reste en effet voisin de 0,08, même avec le moulinet en bout, alors que le Cx du câble a une valeur comprise entre 1 et 1,2. L'effort de traînée étant proportionnel au carré de la vitesse, le calcul montre que, pour un saumon de 80 kg à 10 m de profondeur avec une vitesse moyenne de 3 m/s, cet effort de traînée sur un câble de 8 mm est plus de cinquante fois supérieur à celui exercé sur le saumon.

Pratiquement, en pareil cas, on aurait certainement des dérives supérieures à 30°, peut-être même voisines de 45°. Les corrections à apporter au calcul du débit seraient très incertaines.

### Perfectionnement du mode opératoire

Comme son nom l'indique, le câble des constructeurs est à la fois porteur et électrique, c'est-à-dire constitué d'une partie résistante en filins d'acier torsadés sur 2 conducteurs isolés, conducteurs destinés à permettre le repérage depuis le treuil de manœuvre des contacts du moulinet et du contact de fond par fermeture de circuits électriques sur un vibreur ou un enregistreur. D'où le diamètre relativement fort de l'ensemble : 8 mm.

Une première amélioration, due au Service de la 4<sup>e</sup> Circonscription Electrique (Limoges), a consisté à rendre indépendants le porteur et le conducteur et à utiliser comme porteur un câble métallique souple en acier à haute résistance, dont le diamètre était réduit à 2 ou 3 mm seulement. Le circuit électrique se fermait toujours sur un vibreur ou un enregistreur, mais par un seul conducteur isolé également de faible diamètre (3 mm), le retour se faisant par la masse. Ce conducteur était agrafé de loin en loin au câble porteur (autant que possible derrière ce dernier), mais la traînée des deux câbles était déjà bien inférieure à celle d'un câble électroporteur.

Du fait de l'indépendance des deux câbles, on pouvait d'ailleurs, après l'achèvement des mesures de vitesses, relever les profondeurs avec plus d'exactitude en enlevant le conducteur électrique.

En fait, de 1951 à 1954, l'appareillage ainsi modifié avait déjà permis à la 4<sup>e</sup> Circonscription Electrique et à divers autres Services, dont le nôtre, qui l'avaient adopté, d'exécuter des mesures de vitesses de 2 m/s au droit de fonds de 8 à 10 m, sans constater des dérives importantes (de l'ordre de 10 à 15° au maximum avec un saumon de 80 kg). La 4<sup>e</sup> Circonscription Electri-

que avait en particulier réussi à mener à bien deux importantes campagnes de jaugeages sur la Dordogne, la Loire et le Cher, en novembre 1951, et en novembre et décembre 1952 : plus de 10 mesures de débits compris entre 500 m<sup>3</sup>/s et près de 5.000 m<sup>3</sup>/s, obtenus avec une précision variant de  $\pm 5$  à  $\pm 7$  %.

Nous venons d'apprendre que le même appareillage avait encore été utilisé tout récemment par la 1<sup>re</sup> Circonscription Electrique (Paris) pour des mesures du débit de la Seine et d'affluents importants à l'occasion des récentes crues de janvier 1955 : vitesses maxima de l'ordre de 2 m/s avec des profondeurs atteignant 9 à 11 m.

Mais quand on a affaire à la fois à des vitesses et à des profondeurs plus importantes, cas en particulier de la Garonne, du Tarn et d'autres affluents du même bassin en période de grande crue, cet appareillage ne suffit pas si l'on veut toujours conserver un saumon de 80 kg (un saumon plus lourd ne se prêterait pas à des manœuvres rapides).

Aussi notre Service — 5<sup>e</sup> Circonscription Electrique à Toulouse — s'est attaché ces dernières années à étudier le moyen de supprimer complètement le conducteur électrique, lequel d'ailleurs, indépendamment de sa traînée propre, présentait des sujétions opératoires très incommodes : obligation de l'agrafer au câble porteur à chaque remontée du saumon, fréquents enlèvements des dépôts de toutes sortes qu'il accrochait (feuilles, herbes, brindilles, branches).

M. LACROIX, Ingénieur des Ponts et Chaussées, avait d'abord conçu un dispositif de repérage des contacts du moulinet par mesures de variation de résistance : le saumon était suspendu au câble porteur par une attache isolante et on reliait simplement la borne isolée du moulinet au câble

porteur au-dessus de cette attache. Le contact du moulinet mettait le câble porteur en communication électrique avec le saumon (relié à la masse du moulinet); il en résultait une variation de la résistance liquide entre le saumon et une prise auxiliaire en rivière, voisine mais indépendante,

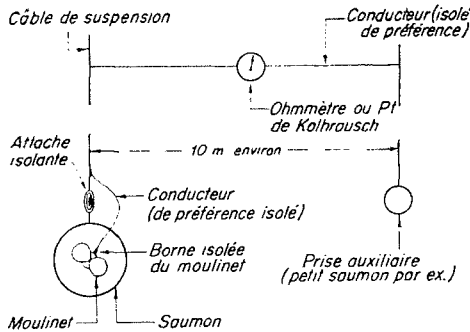


FIG. 1

SCHÉMA DU DISPOSITIF DE M. LACROIX

variation qu'accusait un ohmmètre, ou mieux, un pont de Kohlrausch.

Ce dispositif fonctionnait convenablement par beau temps et avec des attaches particulièrement soignées du point de vue contacts, mais il s'est avéré peu sûr dans d'autres conditions, en particulier pour les mesures par grandes profondeurs.

Entre temps, un de nos opérateurs à la 5<sup>e</sup> Circonscription Electrique (Toulouse), M. Henri BELLICOU, féru de technique radio, cherchait un procédé basé sur les transmissions sans fil. Il avait pensé d'abord à un petit émetteur à piles logé dans le corps du saumon, mis en marche ou à l'arrêt par les contacts du moulinet et dont il aurait suffi de capter les émissions par un poste récepteur extérieur.

M. BELLICOU a imaginé et réalisé par la suite un autre dispositif beaucoup moins délicat et très ingénieux, qu'il fait d'ailleurs breveter et qui est le suivant :

Un vibreur à self induction et à fréquence relativement faibles, alimenté par des piles 3,5 V

et commandé par les contacts du moulinet, est placé en boîte étanche dans la queue du saumon. L'étincelle de ce vibreur crée un parasite facilement repérable sur un poste récepteur.

Pour augmenter la puissance du parasite, l'at-

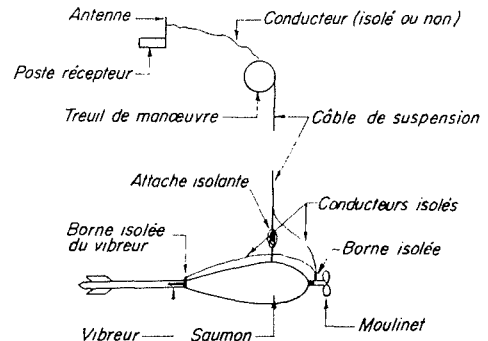


FIG. 2

SCHÉMA DU DISPOSITIF DE M. BELLICOU

tache du câble porteur au saumon est isolante (fil nylon ou noix de porcelaine); d'autre part, la borne isolée du moulinet est reliée au câble porteur au-dessus de cette attache; enfin, ce câble étant à la masse du treuil, on relie simplement ce dernier à l'antenne du poste récepteur (voir le schéma ci-dessus).

Comme poste récepteur, un poste voiture paraît préférable à un poste à piles pour profiter de sa puissance de sortie en haut-parleur. Ceci est particulièrement précieux dans le cas de mesures à effectuer par grande profondeur, où l'absorption du parasite par l'eau n'est plus négligeable.

Le repérage du parasite (contacts) se fait en général en ondes courtes, quelquefois en petites ondes, plus rarement en grandes ondes. Le poste récepteur doit avoir les O.C. dites normales et non par « bandes étalées ». Avec ces dernières on risque en effet de se trouver uniquement dans les gammes « radiodiffusion » et l'eau, servant d'antenne, les émissions peuvent couvrir le parasite.

### Premiers résultats obtenus :

#### Qualité des mesures effectuées au cours des récentes crues de la Garonne

La mise au point de ce nouveau mode opératoire a été faite dès le début des récentes crues de la Garonne et de ses principaux affluents : Tarn et Lot. Notre Service (5<sup>e</sup> Circonscription Electrique à Toulouse) disposait d'une seule équipe, mais il a pu exécuter rapidement un assez grand nombre de mesures d'une précision très convenable qui n'aurait jamais pu être atteinte avec un autre équipement.

Le bilan de la campagne principale comprend 14 jaugeages complets, entre le 7 et le 27 janvier 1955, effectués en des lieux souvent très éloignés les uns des autres (plus de 200 km quelquefois) avec un plan guidé par le seul souci de prendre, jusqu'aux limites des débordements importants, les points de tarage les plus hauts possibles des échelles ou limnigraphes particulièrement intéressants, soit pour les études d'aménagement de

chutes d'eau, soit par les Services d'Annonce des Crues qui, tous, nous avaient alertés.

Sur ces 14 jaugeages, parmi les plus remarquables des points de vue vitesses, profondeurs mesurées et comportement du matériel, nous citerons, à titre d'exemples, les suivants, tous exécutés avec un saumon de 80 kg et un câble porteur de 2,1 mm de diamètre :

- Jaugeage du Tarn à La Muse (à l'amont immédiat du confluent de la Jonte), 7 janvier 1955. Débit mesuré  $330 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit  $355 \text{ l/s/km}^2$  avec une marge maximum d'incertitude évaluée à  $\pm 5 \%$ . Vitesses maxima  $3,50 \text{ m}$  au droit de profondeurs atteignant  $4,90 \text{ m}$ . Dérives négligeables.
- Jaugeage de la Garonne à Boussens (à l'aval immédiat du confluent du Salat), 24 janvier 1955. Débit mesuré  $460 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit  $200 \text{ l/s/km}^2$  avec une marge maximum

d'incertitude évaluée à  $\pm 6 \%$ . Vitesses maxima  $2,40 \text{ m}$  au droit de profondeurs atteignant  $5,80 \text{ m}$ . Dérives maximum :  $10^\circ$ .

- Jaugeage de la Garonne à Auvillar (10 km environ à l'aval du confluent du Tarn), 26 janvier 1955. Débit mesuré  $1.980 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit  $64 \text{ l/s/km}^2$  avec une marge maximum d'incertitude évaluée à  $\pm 7 \%$ . Vitesses maxima  $4,20 \text{ m}$  au droit de profondeurs atteignant  $8 \text{ m}$ . Dérives maximum :  $15^\circ$ .
- Jaugeage de la Garonne à La Réole (30 km environ à l'aval du confluent du Lot), 18 janvier 1955. Débit mesuré  $3.900 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit  $75 \text{ l/s/km}^2$ , avec une marge maximum d'incertitude évaluée à  $\pm 7 \%$ . Vitesses maxima  $3,30 \text{ m}$  au droit de profondeurs atteignant  $14,70 \text{ m}$ . Dérives maximum :  $15^\circ$ .

## DISCUSSION

DES COMMUNICATIONS DE MM. BABINET, BOLENSKY, LAVAL, GRAND

Président : M. GIBRAT

Invité par M. le Président à donner son avis sur la prévision des crues, M. BACHET indique que l'amélioration de sa méthode d'annonce des crues, par comparaison, à chaque nouvelle crue, des prévisions et des résultats, devrait consister non pas à raisonner sur un terme correctif additionnel, mais à recommencer complètement l'ajustement des réglettes.

M. BABINET ajoute que le Service d'Annonce des Crues demandera des conseils à M. BACHET pour la mise au point de sa méthode à la suite de la dernière crue.

M. SUQUET rappelle que l'observation du niveau de la nappe phréatique dans l'immense éponge de craie, située entre la Seine et la Marne (région de Romilly), notamment au puits de la Folie-Godot, où ce niveau varie de 38 m entre la période sèche et la période humide, est susceptible de renseigner sur l'état de cette partie du bassin de la Seine avant les crues, et, par suite, sur le coefficient d'écoulement à prendre en compte pour la prévision des débits.

D'autre part, M. SUQUET signale l'intérêt qu'il y aurait à étudier l'atténuation apportée à une crue telle que celle de 1910 par les travaux d'aménagement de la Seine : grands réservoirs établis après 1910 et qu'il est actuellement étudié de multiplier avec des capacités plus fortes, bras de la Monnaie, pointes des îles de la Cité et de Saint-Louis, approfondissement du lit, transformation du barrage de Suresnes. M. SUQUET indique qu'il avait estimé, autrefois, que l'atténuation procurée par les réservoirs dont la construction était décidée à cette époque et qui ont été réalisés depuis devait être très minime, de l'ordre de 7 à 10 cm pour une crue telle que celle de 1910, les réservoirs étant supposés pouvoir accumuler les eaux dans de bonnes conditions.

Enfin, M. SUQUET souhaiterait savoir l'effet, sur la crue de la Marne de 1955, de la coupure de la boucle de la rivière par le souterrain de Joinville-le-Pont : cet aménagement avait été décidé de préférence à la dérivation

de la Marne, d'Annet à Epinay, que M. SUQUET a combattu d'un point de vue hydrologique et aussi à la déviation de la rivière par un souterrain creusé sous le plateau de Montfermeil, solution jugée trop coûteuse à l'époque.

M. GENTHIAL se rallie entièrement à ce que vient de dire M. SUQUET et précise, en tant qu'ancien Ingénieur de la Navigation de la Seine en aval de Paris, que le programme de travaux, inspiré par une loi après la première guerre mondiale, devait entraîner un abaissement des eaux de 70 cm dans la traversée de Paris et à l'aval immédiat par rapport à la crue de 1910. Il croit pouvoir dire, d'après les renseignements qu'il a eus, que ce résultat a été atteint, *mutatis mutandis*, pour la crue de 1955.

M. BABINET indique qu'il a fait une double correction : il a pris la cote du pont de la Tournelle au lieu de celle du pont d'Austerlitz (7 m au lieu de 7,16 m) et admis un abaissement fictif de 70 cm ; autrement dit il a comparé toutes les crues antérieures à une cote fictive de 7,70 m au pont de la Tournelle. En admettant que la correction de 70 cm soit exacte, la comparaison serait valable pour les crues immédiatement antérieures, mais comporterait un léger doute pour les crues plus anciennes, car M. BABINET ignore quelle est la partie des travaux faite après 1910 et après 1924 ; pour les crues encore antérieures, cette comparaison ne serait pas valable, car certains points avaient déjà été améliorés entre le XVIII<sup>e</sup> siècle et 1910.

M. HUPNER demande s'il est possible d'aborder mathématiquement le problème de la combinaison d'un régime de marée donné avec un débit fluvial de crue, problème, que M. LAVAL a exposé pour la Seine-Maritime et qui se présente également sur la Garonne et sur d'autres fleuves à marée.

M. LAVAL croit que ce problème est mathématiquement abordable mais que la grande difficulté est de déterminer

les grandeurs physiques à admettre dans les calculs; en particulier, le coefficient de Chézy varie avec le moment de la marée, en chaque section du fleuve; il paraît dépendre de la vitesse instantanée qui se produit dans la section et il varie de manière très importante, par exemple entre la période de maximum de flot et la période de maximum de jusant.

Si l'on voulait réellement faire une intégration des équations de Saint-Venant, intégration qui est possible avec une assez bonne rigueur mathématique en employant la méthode des caractéristiques, on devrait donc tout de même y introduire des quantités qui sont variables, par conséquent, à tout instant avec les vitesses que l'on obtient par le calcul, et cette loi de liaison est encore fort incertaine. On a déjà essayé, tant au Laboratoire de Chatou que dans le Service de la Seine-Maritime, de trouver une loi de liaison entre les coefficients de Chézy et les vitesses instantanées de marée, mais on est encore loin d'avoir trouvé une loi précise à ce sujet.

M. HUPNER pense que le phénomène serait peut-être même représenté par d'autres formules que la formule de Chézy.

M. le Président signale que les Ingénieurs hollandais ont travaillé la question sur le plan théorique pour les crues de l'ensemble Rhin-Moselle et qu'ils ont actuellement, depuis déjà un an, une machine à calculer formée d'un certain nombre de cellules qui tiennent compte de la variation des coefficients de la résistance en fonction du frottement, la variation de résistance étant obtenue par la méthode des caractéristiques.

M. LAVAL croit savoir que les ingénieurs hollandais se contentent d'introduire une résistance qui est proportionnelle au carré des vitesses, c'est-à-dire conforme à la loi de Chézy, commune, mais il précise que son Service a trouvé que le coefficient multiplicateur de Chézy est lui-même variable avec la vitesse.

M. MOINEAU indique que les jaugeages faits au barrage de Chatou par le Service de la Navigation de la Seine, au cours de la dernière crue, ont donné un débit de 2 146 m<sup>3</sup>/s qui corrobore les mesures faites dans la traversée de Paris par la Division des Essais Extérieurs d'Electricité de France : les jaugeages de Chatou avaient une certaine valeur parce que la Seine n'y était, pour ainsi dire, pas sortie de son lit et la section du fleuve était bien connue.

M. MOINEAU indique, d'autre part, que, par contre, les mesures tentées par ce même Service en aval du confluent de l'Oise n'ont pu, malgré l'intérêt qu'elles présentaient, donner qu'une valeur approximative en raison d'une connaissance imparfaite du profil en travers de la Seine qui, dans cette région, était systématiquement sortie de son lit.

Ces profils seront vérifiés après la crue et il sera possible, le cas échéant, de modifier les valeurs trouvées pour les débits à la suite des mesures qui ont été faites, mais il est probable qu'une certaine approximation devra être conservée. Le débit de 2 700 m<sup>3</sup>/s, trouvé en première approximation paraît très élevé quand on le compare au débit mesuré dans la région parisienne et surtout au chiffre qu'énonçait tout à l'heure M. LAVAL pour le débit à Rouen.

M. LAMOUREUX s'excuse de n'avoir pu, par suite d'incidents techniques, présenter à cette session une communication sur l'ensemble des mesures du débit faites par la 1<sup>re</sup> Circonscription Electrique sur la Seine au cours de la crue de janvier 1955, ainsi qu'il aurait voulu le faire. Il indique, toutefois, que la 1<sup>re</sup> Circonscription Electrique a un service important de jaugeages qui utilise, pour le support et le maintien des appareils de mesure, des perches dans les rivières de faible importance, et des saumons Neyrpic associés avec un câble

métallique (permettant d'opérer depuis les ponts) dans les rivières en crue de plus grande importance.

Pendant la crue de janvier 1955, les jaugeages de la Seine dans la région parisienne sont faits avec ce dernier dispositif légèrement modifié depuis la passerelle d'Ivry (au droit de l'usine d'Ivry), pont qui a un double avantage : d'une part, il n'y passe pratiquement aucune circulation, d'autre part, il n'a pas de piles intermédiaires. Les vitesses ont été mesurées sur des verticales distantes de 10 m et en des points de chaque verticale distants de 1 m. L'inclinaison du câble de 12 à 14° a conduit à une rectification de 3 ou 4 %.

Il a été fait 5 mesures de jaugeage à des cotes de plan d'eau qui ont été rapportées à celles d'Austerlitz et ne diffèrent entre elles que de moins de 3 m :

le 20 janvier en pleine période de montée (cote moyenne 31, 49 à Austerlitz) — débit 1 624 m<sup>3</sup>/s;

le 24 janvier, à la limite du maximum et de la décrue (cote moyenne 32,61 à Austerlitz) — débit 2 074 m<sup>3</sup>/s, très comparable aux chiffres déjà cités;

le 27 janvier, en décrue, cote moyenne 31, 28 à Austerlitz : 1 606 m<sup>3</sup>/s;

le 28 janvier, en décrue, cote moyenne 30, 51 à Austerlitz : 1 391 m<sup>3</sup>/s;

le 29 janvier, en décrue, cote moyenne 29, 95 à Austerlitz : 1 170 m<sup>3</sup>/s.

Ces mesures faites à partir de points fixes de cotes connues permettront, après étude de la répartition des vitesses obtenues au cours des cinq jaugeages, de fixer un rapport entre la vitesse moyenne et des vitesses en un ou deux points, par exemple, et de mesurer ultérieurement des débits de crue avec une bonne précision par la seule mesure effective des vitesses en un ou deux points sur chaque verticale.

M. RAVIER ne croit pas que les rapports entre les vitesses locales des divers points d'une section se maintiennent systématiquement même en admettant que la section mouillée n'ait pas été modifiée au cours des intervalles qui séparent deux ou plusieurs crues, car les modifications naturelles ou artificielles de l'écoulement à l'amont peuvent entre temps avoir influé sur la formation des courants privilégiés, qui déterminent la répartition des vitesses dans la section de mesure. M. RAVIER suggère de ne retenir comme rapports immuables que ceux relatifs aux points où la corrélation s'avèrerait constante à la suite d'observations multipliées au cours de crues similaires et portant sur de très longues périodes.

M. LAMOUREUX répond qu'il pense bien ne pas tirer immédiatement des conclusions définitives, mais que les mesures faites cette fois-ci permettront d'avoir une approximation qui sera vérifiée lors de crues ultérieures si les circonstances le permettent.

M. GRAND signale que la 5<sup>e</sup> Circonscription Electrique a vérifié au cours des dernières crues de la Garonne et du Tarn la concordance à 1,2 ou 3 % près de la vitesse moyenne sur une verticale et de la moyenne des vitesses en deux points de cette verticale, situés au 1/5 et aux 4/5 de la profondeur, pour des fonds de 10 à 15 m à partir de la surface. M. GRAND pense donc qu'il suffit de mesurer la vitesse en ces deux points pour calculer la vitesse moyenne sur toute la verticale.

M. BOURGUIGNON indique qu'il a eu l'occasion de vérifier cette règle dans certains jaugeages sur conduites forcées, mais que la détermination exacte des points à 1/5 et 4/5 de profondeur est généralement, sauf peut-être pour les grandes profondeurs nécessitant un grand nombre de points, plus longue que le jaugeage pur et simple.

M. LAMOUREUX estime que le procédé est assez simple et assez précis quand on opère depuis un pont de cote connue et sur une verticale de profondeur connue.

M. REMENIERAS rappelle que la méthode susvisée comporte une justification théorique si l'on admet que le profil des vitesses répond à la loi :

$$v = v_0 [1 - (t/t_a)]^{1/n}$$

$v$  est la vitesse en un point du profil de vitesse d'ordonnée  $t$  comptée à partir du plan d'eau;  $t_a$  est la profondeur maximum. Quelle que soit la valeur  $n$  — qui dépend essentiellement de la rugosité relative du lit — la vitesse moyenne  $v_m$  afférente à chaque profil de vitesse est donnée par la formule :

$$v_m = 0,499 (v_{0,18} + v_{0,82})$$

celle-ci semble donner des résultats satisfaisants si le tirant-d'eau dépasse 1 mètre et si le régime est suffisamment uniforme et permanent.

Au sujet des méthodes rapides de détermination des débits, M. MAUCHAMP indique que, sur le Rhône, la Compagnie Nationale du Rhône a pu vérifier à la suite de nombreux jaugeages :

— Que la vitesse à 6/10 de la profondeur est très voisine de la vitesse moyenne sur la verticale, ce

qui permet d'obtenir le débit d'une section en ne mesurant qu'un point par verticale.

— Qu'il existe une relation univoque entre la vitesse moyenne dans le profil et la vitesse du point de surface qui, dans la largeur du fleuve, a la vitesse maximum. Ainsi lors d'une crue forte et rapide, une indication sur le débit peut être fournie par la mesure de 3 ou 4 points seulement en surface dans la zone de vitesse maximum.

— Que le rapport  $U/V$  entre les vitesses superficielles et les vitesses moyennes n'est pas constant et qu'en particulier il peut varier *très brusquement* pour les débits de fortes crues.

Sur la demande de M. MAUCHAMP, M. OBOLENSKY indique que la valeur de 0,90 trouvée pour le rapport  $U/V_m$  au cours de la crue de la Seine de janvier 1955 a également été obtenue par d'autres expérimentateurs pour des débits beaucoup plus faibles sur la même rivière.

M. MAUCHAMP ajoute que ces remarques montrent qu'il faut être prudent pour définir des débits d'après la seule mesure des vitesses superficielles comme on est tenté de le faire sur le Rhône, lorsqu'en période de crue les mesures en toutes profondeurs deviennent difficiles avec 10 m de fond et des vitesses atteignant 5 m/s.

