

SCV

MÉMOIRES ET TRAVAUX DE LA S. H. F.

S. OBOLENSKY

Ingénieur au Service des Etudes et Recherches Hydrauliques
d'Electricité de France

M. Lallemand

Jaugeages de la Seine à Paris
pendant la crue de janvier 1955

Mémoire présenté au
Comité Technique de la Société Hydrotechnique de France
le 18 mars 1955

EXTRAIT DE
LA HOUILLE BLANCHE
N° SPÉCIAL A/1955
RUE PAUL-VERLAINE - GRENOBLE (ISÈRE)

: J. SYLVESTRE

: J. SYLVESTRE

Jaugeages de la Seine à Paris pendant la crue de janvier 1955

Gauging of the Seine at Paris
during the flood of January 1955

S. OBOLENSKY

Ingénieur au Service des Etudes et Recherches Hydrauliques
d'Electricité de France

Lors de la crue de janvier 1955, la Division Essais Extérieurs du Service des Etudes et Recherches de l'Electricité de France a été amenée à exécuter plusieurs jaugeages simultanés de la Seine dans sa traversée de Paris. L'exploration du champ des vitesses a été effectuée au moyen de moulinets montés sur perche ou sur saumon et manœuvrés à partir de bateaux ou de pont. Le débit maximum de 2 050 m³/s ainsi que la répartition des débits entre les bras de la Seine sont en excellente concordance avec les résultats obtenus sur un modèle réduit entrepris par le Laboratoire National d'Hydraulique dans le but d'améliorer l'écoulement des eaux dans Paris.

During the flood of January 1955 the Outside Tests Division of the Service des Etudes et Recherches of Electricité de France made several simultaneous gaugings of the Seine in its passage across Paris. The velocity measurements were carried out with current meters mounted on rods or on streamlined weights, and controlled from boats or bridges. The maximum discharge of 2 050 m³/s as well as the distribution of flow between the branches of the Seine are in excellent agreement with the results obtained on a scale model, on which studies are being undertaken by the Laboratoire National d'Hydraulique with a view to improving the flow through Paris.

I. — GÉNÉRALITÉS

Au cours de la dernière crue de la Seine, de nombreuses mesures de débit ont été effectuées, tant à l'amont qu'à l'aval de Paris, en particulier par la Première Circonscription Electrique et la Troisième Section du Service de la Navigation de la Seine.

La Division des Essais Extérieurs du Service des Etudes et Recherches de l'Electricité de France a été appelée indirectement à fournir sa contribution à ces relevés par quelques mesures effectuées dans la traversée de Paris. L'objet essentiel de ces mesures était, en effet, de contrôler quelques-uns des résultats obtenus sur un modèle réduit entrepris par le Laboratoire National d'Hydraulique à la demande de la Deuxième Section du Service de la Navigation de la Seine, dans le but d'améliorer l'écoulement des eaux dans Paris, et en particulier dans le bras de la Monnaie.

Les contrôles envisagés intéressaient surtout la répartition des débits dans les trois bras de la Monnaie, de Saint-Louis et Marie et en outre la relation entre les débits effectifs et la pente du cours d'eau dans les limites du modèle, en vue d'une retouche éventuelle de la rugosité réalisée sur ce dernier.

C'est dans ce but que la Deuxième Section du Service de la Navigation de la Seine nous avait demandé d'effectuer des relevés dans chacun des bras précités en installant en outre une section complémentaire à l'aval des îles en vue de contrôler la précision des mesures effectuées dans chacun des bras.

Malgré le délai très court de la préparation de ces essais, la première détermination des débits a pu être effectuée dès le 21 janvier, deux jours avant le maximum de la crue. Une seconde me-

sure exécutée le 23 janvier a coïncidé avec le maximum de la crue. Enfin, une mesure de contrôle destinée en outre à déterminer éventuellement l'influence de la non-permanence de l'écoulement a été entreprise en cours de décrue pour une cote relativement voisine de celle réalisée au cours du premier jaugeage. Ce programme très serré, en particulier l'aménagement de

quatre sections de mesure dans un délai de deux jours, n'a pu être tenu que grâce au remarquable dynamisme du personnel du Service de la Navigation, qui, malgré la surcharge de ses équipes occupées aux importants travaux de protection contre les inondations, a pu procéder à l'installation du matériel nécessaire aux relevés, tel que portière, tringles, blondins, etc.

II. — EMBLEMMENT ET AMÉNAGEMENT DES SECTIONS DE MESURE

Ainsi que le montre la figure 1, quatre sec-

tions principales ont été aménagées. Nous avons résumé, dans le tableau suivant les conditions d'exécution des jaugeages à chacun des postes.

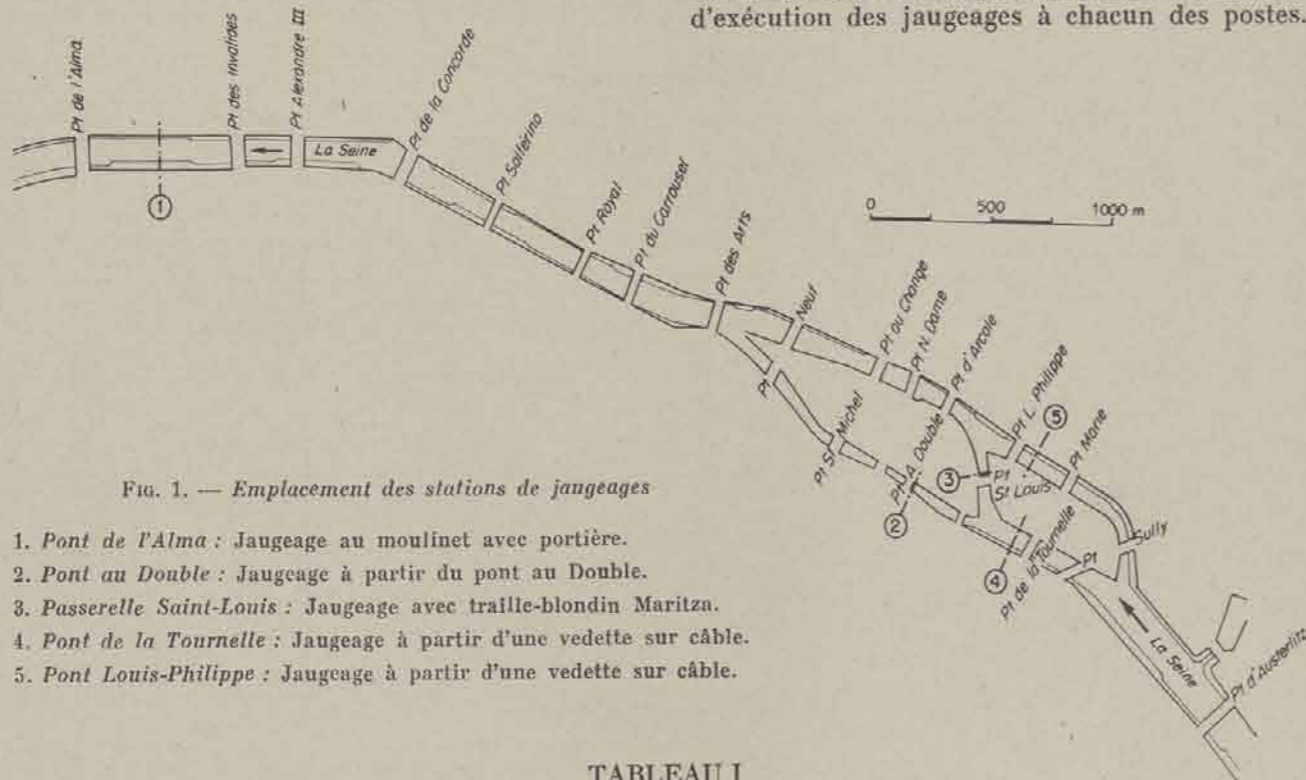


FIG. 1. — Emplacement des stations de jaugeages

1. Pont de l'Alma : Jaugeage au moulinet avec portière.
2. Pont au Double : Jaugeage à partir du pont au Double.
3. Passerelle Saint-Louis : Jaugeage avec tringle-blondin Maritza.
4. Pont de la Tournelle : Jaugeage à partir d'une vedette sur câble.
5. Pont Louis-Philippe : Jaugeage à partir d'une vedette sur câble.

TABEAU I

DÉSIGNATION DE LA SECTION	MATÉRIEL DE MESURE EMPLOYÉ	NOMBRE DE POINTS DE MESURE
1. Pont de l'Alma.	Moulinets OTT sur : — perche jusqu'à un tirant d'eau de 6 m. — puis sur saumon, manœuvrés à partir d'une portière se déplaçant le long d'un câble tendu en travers.	Une centaine répartie sur 10 verticales.
2. Pont au Double.	Moulinet suspendu par câble manœuvré à partir du pont.	80 à 120 points sur 8 verticales.
3. Passerelle Saint-Louis.	Moulinet monté sur téléferique léger « Maritza » enjambant la section.	Une centaine sur 15 verticales.
4. Pont de la Tournelle et Pont Louis-Philippe.	Moulinet monté sur saumon manœuvré à partir d'une vedette se déplaçant le long d'un câble.	80 points sur 7 verticales.

RÉSULTATS DES JAUGEAGES

Tous nos moulinets, du type Ott, étaient munis d'hélices moulées en coquille; dans la gamme des vitesses mesurées les appareils montés sur le même support avaient, de ce fait, la même équation de tarage à moins de $\pm 1\%$ près.

Pour profiter au maximum du matériel et des effectifs de la Division, la Deuxième Section du

Service de Navigation de la Seine avait demandé d'effectuer à titre d'information générale une mesure du débit de la Marne peu à l'amont de son confluent avec la Seine.

Une section analogue à celle établie près de l'Alma a été installée à 200 m à l'amont de la passerelle de Charentonneau dans un tronçon relativement bien calibré d'une longueur de 600 m environ.

III. — ANALYSE DES RÉSULTATS OBTENUS

Le tableau n° II rassemble les résultats obtenus les 21, 23 et 26 janvier 1955. Ces résultats appellent les remarques suivantes :

Le débit mesuré au Pont au Double est systématiquement inférieur de 2 à 5 % à la moyenne des débits des deux autres bras.

TABEAU II

	21-1-1955		23-1-1955		26-1-1955	
	Cote du plan d'eau N.G.F. m	Débit m ³ /s	Cote du plan d'eau N.G.F. m	Débit m ³ /s	Cote du plan d'eau N.G.F. m	Débit m ³ /s
Pont de l'Alma.....	30,90	1.920	31,44	2.030	30,80	1.800
Pont au Double.....	32,00	645	32,40	700	31,60	580
Passerelle Saint-Louis.....	32,00	670	32,50	700	31,65	610
Pont de la Tournelle.....			32,58	1.340	31,90	1.140
Pont Louis-Philippe.....	32,00	645	32,48	720	31,70	630
Station de la Marne.....			33,55	780	32,85	740

1° DÉBITS MAXIMA DE LA CRUE.

Le débit maximum de la crue de la Seine atteint le 23 janvier à Paris est de 2.050 m³/s; celui de la Marne est de 780 m³/s.

Compte tenu des bassins versants respectifs de 42.600 km² pour la Seine et de 13.700 km² pour la Marne, ces valeurs correspondent à des débits spécifiques respectifs de 50 et 57 l/s/km² de bassin versant.

2° RÉPARTITION DES DÉBITS ENTRE LES BRAS DES ÎLES DE LA CITÉ.

Autour des îles de la Cité, les débits se répartissent sensiblement à égalité. Les écarts entre les débits mesurés dans les trois bras ne dépassent en effet pas 3 % par rapport à la moyenne; ils ne sont donc pas significatifs. Tout au plus pourrait-on constater qu'au cours des trois rele-

3° PRÉCISION DES MESURES.

La précision des mesures est liée aux erreurs sur la détermination des vitesses d'une part et celle des tirants d'eau d'autre part.

En ce qui concerne la première, l'utilisation simultanée dans l'une des stations de deux dispositifs de support de moulinet et de plusieurs appareils nous a permis de contrôler la validité des étalonnages relatifs de ces appareils. Quant à leur étalonnage en valeur absolue, leur précision est liée à l'expérience que nous avons acquise depuis l'utilisation des hélices moulées en coquille dont le contrôle préalable au moyen d'une empreinte métallique permet d'escompter une conservation de tarage à moins de $\pm 1\%$.

L'erreur sur les tirants d'eau peut être notablement supérieure, du fait surtout de l'emploi de saumon dont le câble électro-porteur est soumis à une poussée non négligeable. Toutefois, la

comparaison entre les tirants d'eau effectifs calculés en tenant compte de l'inclinaison du câble porteur et ceux déduits de relevés effectués à la perche après la crue met en évidence des écarts accidentels de $\pm 0,20$ m sur la cote du fond.

Ces considérations nous amènent à penser que les erreurs doivent être inférieures à la valeur limite de 5 % que nous adoptons généralement par sécurité.

La comparaison des débits mesurés à l'Alma d'une part à la somme des débits des trois bras d'autre part fait ressortir des écarts compris entre -1 % et +4,5 %; de même l'écart entre la somme des débits des bras de la Monnaie et de Saint-Louis et celui relevé à la Tournelle est égal à 4 %.

4° RÉPARTITION DES VITESSES SUR LES VERTICALES DE MESURE.

Les courbes de répartition des vitesses dans les stations sont caractérisées par un faible gradient de vitesses dans la tranche supérieure de l'écoulement. De ce fait, le rapport de la vitesse moyenne à la vitesse superficielle d'une verticale de mesure est relativement élevé ainsi qu'en témoigne le tableau III ci-après.

Ce rapport, pratiquement compris entre les valeurs relativement élevées de 0,90 et 0,95, est cependant en conformité avec les chiffres cou-

ramment admis par quelques auteurs. En particulier, dans le cas des écoulements permanents, le Geological Survey des Etats-Unis recommande d'utiliser pour ce rapport de la vitesse moyenne à la vitesse superficielle des valeurs comprises entre 0,81 pour une section encombrée d'herbes ou de roseaux et 0,95 pour une rivière à fond de sable ou de terre glaise.

La station de la passerelle Saint-Louis est le siège d'un écoulement fortement dissymétrique dû aux conditions d'entrée de l'eau dans le bras de Saint-Louis. La vitesse maximum y est atteinte à une profondeur de 6 m à 30 m de la rive. De ce fait, les rapports entre vitesse moyenne et vitesse superficielle y sont très variables et ne présentent aucun intérêt d'ordre général.

5° COMPARAISON DES RÉSULTATS AVEC CEUX OBTENUS ANTÉRIEUREMENT.

L'un des buts essentiels de nos mesures, la vérification des données de l'étude des pertes de charge de la Seine dans la traversée de Paris sur modèle réduit, semble conduire à des résultats très satisfaisants.

En effet, les débits mesurés en janvier 1955 confirment les valeurs admises par le Laboratoire National d'Hydraulique. La pente de la ligne d'eau, entre le pont d'Austerlitz et le pont des Arts, relevée au cours de la crue coïncide à ± 5 % près avec celle mesurée sur le modèle.

TABLEAU III

RAPPORT DE LA VITESSE SUPERFICIELLE A LA VITESSE MOYENNE

DÉSIGNATION DE LA STATION	RAPPORT u/V_s %	ÉCART MOYEN PAR RAPPORT A LA MOYENNE %	RAPPORT u/V_1 %	ÉCART MOYEN %
Pont de l'Alma.....	92	± 4	90	± 3
Pont de la Tournelle.....	91	± 5	94	± 5
Pont au Double.....	93	± 6	92	± 4
Passerelle Saint-Louis.....	114	± 15	105	± 10
Pont Louis-Philippe.....	101	± 8	100	± 6
Station de la Marne.....	104	± 11	95	± 7

Légende

u : vitesse moyenne sur une verticale,
 V_s : vitesse superficielle.
 V_1 : vitesse à 1 m au-dessous de la surface.

Par ailleurs, nos jaugeages ayant permis d'explorer la totalité de la section mouillée en chacune des stations, il nous a paru intéressant de les rapprocher de toutes les mesures publiées jusqu'à présent et dont l'exécution n'avait pas été conduite de manière aussi complète. Depuis 1910, en effet, les jaugeages ont été exécutés par relevé de vitesses de surface soit au flotteur, soit au moulinet, ce dernier étant placé entre 0,20 et 1 mètre au-dessous du plan d'eau. Le calcul du débit devait ainsi tenir compte d'un coefficient de vitesse à la surface, qui, suivant les auteurs, a été pris égale à 0,80, 0,842 ou 0,85. Compte tenu des valeurs déduites de nos propres relevés, il semble que les débits estimés précédemment devraient être corrigés aux valeurs reproduites dans le tableau suivant :

TABLEAU IV

Date de la crue	Coefficient admis %	Débit admis m^3/s	Débit corrigé m^3/s
1910	90	2.330	2.330
1924	84,2	1.900	2.030
1941 a	85	1.495	1.586
1941 b	85	1.084	1.150
1944	80	1.600	1.800
1945	80	1.770	1.990
1952	80	1.200	1.350

D'après ce tableau, les crues de janvier 1924 et de janvier 1955 correspondent à des débits très voisins.

Par contre la crue de 1910 nous paraît avoir été plus importante: la valeur de $2.330 m^3/s$ qui résulte des études faites par M. l'Ingénieur en Chef PERRIER sur les jaugeages effectués à cette époque avec un hydrotachymètre de Ritter, dans une section installée au pont des Arts, semble être corroborée par celle obtenue sur le modèle réduit.

6° COURBE DE TARAGE ACTUELLE DE LA SEINE A PARIS.

Il nous a paru intéressant de rapporter nos résultats de mesure à l'échelle d'Austerlitz utilisée comme échelle de référence à Paris.

On peut constater sur la figure 2, sur laquelle nous avons reporté également les débits figurant dans le tableau précédent, que les points correspondant aux trois jaugeages de la dernière crue se répartissent autour d'une droite avec une dispersion de l'ordre de 2 %. Un calcul simple permet de vérifier que cette dispersion n'est pas due à la non-permanence du débit: la correction correspondante étant de l'ordre de 0,1 %.

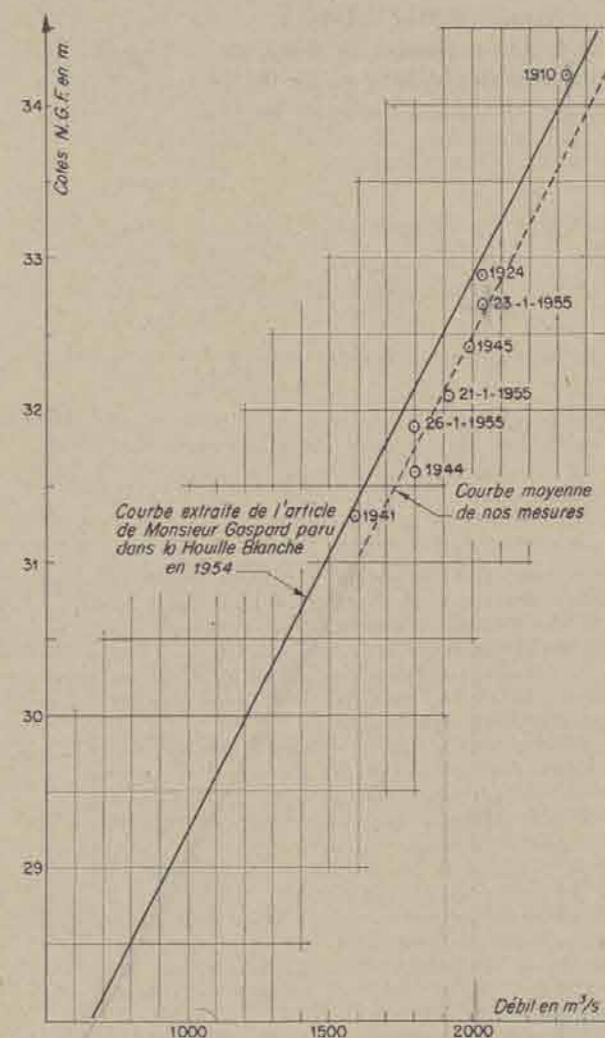


FIG. 2. — Courbe des débits de crues de Seine à Paris en fonction des cotes au pont d'Austerlitz dressée le 3 février 1953.

Ce graphique montre, en outre, que les jaugeages les plus récents sont en bonne concordance avec nos relevés. Le point de mesure correspondant au débit de crue de 1910 se situe très au-dessus de la courbe moyenne. Il semble qu'en première approximation la cote du plan d'eau correspondant à un même débit soit actuellement inférieure de 0,50 m à celle obtenue à cette époque.

IV. — CONCLUSIONS

Les mesures effectuées en janvier 1955 sur la Seine et sur la Marne à la demande de la Deuxième Section du Service de la Navigation de la Seine sont très cohérentes entre elles. Les recoupements obtenus permettent d'escompter l'approximation des débits à $\pm 5\%$ près.

Le débit maximum de $2.050 \text{ m}^3/\text{s}$, l'égalité de répartition des débits entre les trois bras de la Monnaie, de Saint-Louis et du Pont-Marie ainsi

que la valeur de la pente du plan d'eau dans la traversée de Paris sont tous en excellente concordance avec les résultats obtenus sur un modèle réduit du Laboratoire National d'Hydraulique.

Le rapport entre la vitesse moyenne et la vitesse superficielle d'une verticale de mesure reste pratiquement égal à 0,90 en moyenne avec une dispersion accidentelle inférieure à 5 %.

DISCUSSION

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 Iles 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^e 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 mieux 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 $2.146 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 $2.700 \text{ m}^3/\text{s}$, 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^{re} 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^{re} 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 $1.624 \text{ m}^3/\text{s}$;

le 24 janvier, à la limite du maximum et de la décrue (cote moyenne 32,61 à Austerlitz) — débit $2.074 \text{ m}^3/\text{s}$, très comparable aux chiffres déjà cités;

le 27 janvier, en décrue, cote moyenne 31, 28 à Austerlitz: $1.606 \text{ m}^3/\text{s}$;

le 28 janvier, en décrue, cote moyenne 30, 51 à Austerlitz: $1.391 \text{ m}^3/\text{s}$;

le 29 janvier, en décrue, cote moyenne 29, 95 à Austerlitz: $1.170 \text{ m}^3/\text{s}$.

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'avérerait 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^e 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. BOURGIGNON 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 :

$$v = v_0 [1 - (t/t_0)]^{1/n}$$

v est la vitesse en un point du profil de vitesse d'ordonnée t comptée à partir du plan d'eau; t_0 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.



