L'amélioration des mesures de débits dans les aménagements hydroélectriques

Un cas concret : le bassin de la Romanche

Improvements to flow measurement for hydroelectric projects The Romanche basin

PAR M. ANDRÉ

INGÉNIEUR A LA DIVISION TECHNIQUE GÉNÉRALE, SERVICE DE LA PRODUCTION HYDRAULIQUE D'E.D.F.

Mise ou remise en service et tarage de cinq stations de jaugeage du bassin de la Romanche, dans le cadre de l'étude systématique, entreprise par la D.T.G. depuis 1954, des améliorations à apporter à la mesure des débits dans les installations hydro-électriques du Service de la Production Hydraulique d'E.D.F., en vue de l'exploitation ou du réaménagement de ces installations.

Etude et normalisation de divers types de stations. Perfectionnement ou adaptation des méthodes classiques de jaugeage pour les mesures en haute montagne. Amélioration du calcul des débits turbinés à l'usine de Saint-Guillerme.

Tarage des vannes de l'évacuateur du barrage du Chambon par la méthode chimique de dilution. Mise au point et utilisation de deux débit-mètres à fente pour des contrôles de volumes déversés.

The author describes the establishment or re-establishment and calibration of five gauging stations in the Romanche basin as part of the methodic study undertaken by the General Technical Division of E.D.F. since 1954 concerning flow measurement improvements that have to be made to hydroelectric plants operated by the Production Department of Electricité de France in connection with their operation or re-development.

A description is given of the design and standardization of various types of gauging stations. Improvements and adaptations of conventional gauging methods to make them suitable for mountain conditions are described. The author shows how improvements were made in computing the flow absorbed by the St. Guillerme plant turbines and how the Chambon dam spillway gates were calibrated by the chemical method. A description is given of the development and use of two slot-type flow meters for measuring the flow spilled.

I. — PRÉAMBULE

Le Service de la Production Hydraulique a constitué au sein de sa Division Technique Générale, depuis la fin de 1954, un Service Etudes et Mesures Hydrométriques, dont l'activité est consacrée uniquement aux problèmes posés par la détermination des débits des cours d'eau utilisés dans les aménagements hydroélectriques.

De multiples exemples montrent la nécessité impérieuse pour le Service de la Production Hydraulique d'avoir une connaissance suffisamment précise des débits des cours d'eau exploi-

tés. Les études de réaménagements, les litiges avec des riverains ou des avalisants à l'occasion des crues, à propos de débits réservés ou de droits d'eau, ne reçoivent de solutions précises que lorsqu'on dispose de bonnes stations de jaugeages ayant quelque ancienneté ou d'un tarage correct des turbines et ouvrages d'amenée.

Les études hydrométéorologiques entreprises dès 1948 par les Centres Hydrométéorologiques en vue de la prévision à longue échéance, puis à courte échéance, ont également mis en lumière

dans de nombreux cas les insuffisances dans le domaine des débits ou la valeur trop souvent douteuse des données disponibles.

Le but recherché était d'obtenir la constitution, dans les régions intéressant E.D.F., d'un réseau de points de mesure de débits (usines ou stations de jaugeages) comportant dans chaque bassin versant un nombre *minimum* de points de mesures compatible avec les possibilités d'exploitation et la qualité de l'information recherchée.

Il nous a paru intéressant d'exposer les méthodes employées pour résoudre les problèmes particuliers du bassin de la Romanche plutôt que de faire un bilan complet de nos activités dans le domaine des mesures de débit.

Les solutions trouvées ne constituent pas des innovations de grande portée scientifique, mais elles correspondent essentiellement aux préoccupations suivantes :

1. Considérer le problème des débits dans le bassin de la Romanche dans son ensemble, au lieu de chercher à mesurer les débits en quelques points choisis indépendamment les uns des autres.
2. Utiliser au mieux pour les mesures les aménagements hydroélectriques existants.
3. Améliorer et standardiser le matériel et les méthodes de mesure de débits au sein du Service de la Production Hydraulique.

II. — LES MESURES DE DÉBIT DANS LE BASSIN DE LA ROMANCHE

II-1. — Les problèmes posés.

Outre le but général poursuivi par la D.T.G., à savoir la constitution d'un réseau de points

de mesure destiné à donner des informations suffisantes sur les débits de l'ensemble de ce bassin, plusieurs problèmes précis étaient posés dans le cas de la Romanche (fig. 1).

FIG. 1

II-1-1. — Le futur aménagement hydroélectrique de Grand-Maison prévoit le captage de la haute Romanche dont les eaux seront dérivées vers la vallée de l'Isère; la connaissance des débits correspondants est donc indispensable pour la réalisation de cet aménagement.

II-1-2. — Le Centre Hydrométéorologique Alpes étudie les prévisions à longue échéance d'apports au barrage du Chambon. La reconstitution d'une bonne série de débits naturels en amont de la retenue est indispensable pour établir des corrélations valables entre les données météorologiques et les écoulements.

II-1-3. — La connaissance des débits de la basse Romanche et de l'Eau d'Olle est indispensable pour l'étude des réaménagements éventuels d'usines déjà anciennes, presque toujours sous-équipées.

II-1-4. — Les résultats de deux stations de jaugeage sur la Romanche : « Le Chambon » et « Rioupérour » sont publiés dans l'Annuaire Hydrologique de la France. Il convenait d'examiner, en liaison avec la 6^e Circonscription Electrique, les possibilités d'amélioration de la qualité de ces données.

II-2. — Lieux et modes de mesures.

Après un examen détaillé des possibilités de mesure, il fut décidé de retenir six points de contrôle, dont un ensemble barrage-usine, et 5 stations de jaugeage. Ces points sont d'amont en aval (fig. 1) les stations de jaugeage de Plan de l'Alpe (43 km²), du Chambon amont (220 km²), de Mizoën sur le Ferrand (79,6 km²), le barrage du Chambon et l'usine de Saint-Guillaume, les stations de jaugeage du Pont Rouge sur la Romanche (804 km²) et de la Pernière sur l'Eau d'Olle (172 km²).

Par ailleurs, le Vénéon est contrôlé en deux points :

- 1° Une station située au Pont des Etages (103 km²) et exploitée par la R.E.H. ALPES 1.
- 2° L'usine de Pont-Escoffier, où les mesures de débits déversés sont très difficiles et où on ne peut espérer qu'un contrôle approché.

Nous distinguons les mesures « *industrielles* » faites à partir d'ouvrages hydroélectriques existants tels que usines, barrages, vannes, seuils déversants, et les mesures « *hydrologiques* » à des stations de jaugeage.

II-2-1. — Mesures industrielles.

Les mesures industrielles permettent la reconstitution des débits naturels de la Romanche au Chambon à l'aval du confluent avec le Ferrand. Elles comprennent trois éléments : les débits turbinés à l'usine de Saint-Guillaume, les variations de réserve du Chambon et les débits déversés (fig. 2).

FIG. 2

II-2-11. — Débits turbinés à l'usine de Saint-Guillaume.

On a préféré calculer les débits turbinés à l'usine de Saint-Guillaume équipée à 11 m³/s plutôt qu'à l'usine du Chambon située au pied du barrage, équipée à 12 m³/s, malgré cette différence d'équipement, car la chute brute est constante à Saint-Guillaume, alors qu'elle est très variable au Chambon.

La méthode thermodynamique mise au point par la D.T.G. permet d'effectuer commodément des essais de rendement sur les quatre groupes de l'usine de Saint-Guillaume, la chute de 218 mètres convenant parfaitement pour l'utilisation de cette méthode. Des tableaux d'équivalents m³/s/kWh furent établis à partir de ces essais pour les diverses conjugaisons possibles des groupes.

Une étude des conjugaisons de groupes les plus diverses utilisées pendant les années antérieures a permis d'adopter une méthode très simplifiée pour le calcul des débits turbinés. Ceux-ci sont calculés jour par jour pour l'ensemble de l'usine, en tenant compte de la puissance moyenne globale et des groupes en service, à partir de la production journalière de l'usine. Les écarts obtenus en calculant les débits turbinés par chaque groupe heure par heure, se sont toujours révélés inférieurs à 2 % et de sens quelconque.

II-2-12. — Variations de la réserve du Chambon.

Les variations de la réserve sont enregistrées par l'intermédiaire d'un téléniveau Saint-Chamont-Granat permettant de connaître la cote à 1 cm près.

II-2-13. — Débits déversés.

Les déversements sont possibles en trois points (fig. 2)

- Par les vannes de l'évacuateur de crues du barrage du Chambon (C 1),
- Sur le déversoir de réglage situé en tête de la galerie Chambon — Saint-Guillaume lorsque l'usine du Chambon turbine un excédent de débit par rapport à Saint-Guillaume (C 2).
- Sur le seuil déversant du barrage de prise du Ferrand (C 3).

MESURE DE C 1. — Les deux vannes de l'évacuateur ont été tarées en utilisant la méthode chimique de dilution au bichromate lors des déversements de 1958, pour des débits de 0 à 50 m³/s par vanne. Cette méthode s'est révélée particulièrement pratique et précise dans ce cas, en raison de la perfection du brassage et de la courte durée de la mesure. Les injections de la solution concentrée de bichromate avaient lieu sur les seuils des vannes à l'aval immédiat de celles-ci, les prélèvements dans le lit de la rivière, à deux cent mètres environ à l'aval. Les volumes déversés C 1 sont calculés à partir des côtes du plan d'eau et de l'ouverture des vannes, en fonction de ce tarage.

MESURES DE C 2 ET C 3. — Les déversements en C 2 et C 3 sont totalisés au moyen d'un appareil mis au point par la D.T.G. dénommé « débit-mètre à fente ».

Un tube carré muni d'une fente de largeur constante est placée verticalement en amont du seuil déversant (fig. 3) de façon que le bas de la

FIG. 3

fente soit au niveau du seuil. Lorsque le déversement a lieu, la fente prélève un débit proportionnel au débit déversé, et qui est totalisé dans un compteur d'eau de fabrication courante situé plus bas à l'aval. Cet appareil présente l'avantage d'être autonome et de totaliser directement, à un coefficient près, le volume déversé entre deux lectures du compteur. Une étude de la précision de l'appareil et de sa fidélité est en cours et fera l'objet d'une note ultérieure. On peut espérer une précision de l'ordre de 10 %.

II-2-2. — Mesures hydrologiques.

Les mesures hydrologiques sont faites à partir des cinq stations de jaugeage mentionnées précédemment.

1. STATION DE JAUGEAGE DE PLAN DE L'ALPE.

Cette station, située à près de 2 000 mètres d'altitude, contrôle un bassin versant de 43 km² dont 13 km² environ de glaciers. Mise en service en 1944, cette station, du type jaugeur à ressaut, a été étudiée et suivie pendant les premières années par la Société Hydrotechnique de France, qui a été amenée à y apporter quelques modifications; en particulier le seuil initial en béton a été remplacé par un plancher en mélèze qui seul résiste à l'érosion due au charriage.

Nous avons été amenés à placer une prise d'eau « normalisée type C » en acier inoxydable, et à remplacer l'enregistreur pneumatique par un limnigraphe OTT, type X à autonomie de 35 jours, qui permet, grâce au système de retournement du stylet, d'enregistrer des variations importantes à l'échelle 1/5°. Ce type de limnigraphe a été adopté pour toutes les stations de la D.T.G.

a) Difficultés d'exploitation :

L'exploitation en hiver est presque impossible, en raison des difficultés d'accès, du gel, des congères. Par ailleurs cette station, conçue à l'origine pour la mesure des gros débits, a une mauvaise sensibilité en étiage. Les débits étant presque constants de novembre à mars, nous jugeons suffisant de faire deux jaugeages en début et en fin d'hiver et d'interpoler les débits de décembre, janvier, février, sans exploiter à tout prix la station.

La mobilité du lit en amont modifie les vitesses d'approche assez fréquemment, de sorte que la formule théorique qui avait été confirmée à l'origine par des jaugeages, n'est plus applicable. Cet exemple confirme qu'il est indispensable d'effectuer des jaugeages à toutes les

FIG. 4

stations, même lorsque la section de contrôle est composée de Venturi, de seuils ou de déversoirs à lame mince, car il est rarement possible de maintenir les conditions initiales, indispensables pour l'application d'une formule théorique.

Une autre difficulté a été rencontrée pour dévaser ou pour réparer le puits lors de l'apparition d'un renard au fond de celui-ci, en raison de son étroitesse et de l'absence de système de dévasage.

Nous avons, depuis, normalisé l'ensemble puits et système de dévasement (fig. 4); les puits, de 1 m de diamètre, peuvent être isolés de la rivière par une vanne et sont aisément accessibles. Le système permet soit un dévasage permanent par introduction d'un débit constant dans les canalisations lorsqu'on dispose d'une alimentation en eau, soit un dévasage périodique par mise en pression de l'eau dans les canalisations au moyen d'une pompe ou à l'aide de récipients quelconques. Toutes les parties métalliques de la station, en acier galvanisé, sont préfabriquées en série, d'où une économie et un gain de temps pour le montage.

b) Jaugeages :

L'éloignement de telles stations nous a conduit à mettre au point un matériel très léger pour les jaugeages chimiques en haute montagne (fig. 5). Ce matériel est un modèle réduit de celui qui a été conçu à l'origine par M. Dumas, Ingénieur du Laboratoire de mécanique des fluides de l'E.N.S.I. de Grenoble, et décrit dans les n° 5 de 1952 et 3 de 1953 de *La Houille Blanche*. Il présente toutefois les particularités suivantes :

1. La caisse utilisée pour le transport du matériel est en aluminium et sert de cuve d'injection;
2. Cette cuve est fixée de façon amovible sur une armature de sac de montagne permettant un transport facile;
3. Les deux récipients en aluminium, utilisés pour puiser l'eau et faire le rinçage du matériel, sont emboîtables;
4. La vanne permettant le réglage du débit arrivant au vase à niveau constant est une simple pince de Mohr, écrasant un tuyau de caoutchouc;

FIG. 5

5. Deux supports soudés sur le vase à niveau constant permettent de lutter contre le gel en hiver par chauffage du vase avec du « Méta »;
6. Les perches de prélèvement sont remplacées par un godet de prélèvement, garni intérieurement de caoutchouc mousse, contenant les flacons de prélèvement, que l'on jette dans la rivière à l'aide d'une corde de nylon. Un opérateur seul peut ainsi, avec un matériel peu encombrant, prélever des échantillons à 15 ou 20 mètres, donc dans toute la section des rivières des montagnes;
7. Le poids total de ce matériel est de 10 kg.

Nous n'utilisons pas de vases de Mariotte, par crainte des erreurs dues à des rentrées d'air peu contrôlables.

Des jaugeages au moulinet sont effectués également à cette station au moyen de perches 20×40 et d'un pied léger pliant en aluminium, étudié pour la haute montagne et permettant d'adapter plusieurs dimensions de perches.

2. STATION DE JAUGEAGE DU CHAMBON AMONT.

En accord avec la 6^e Circonscription Electrique, la D.T.G. assure depuis 1957 l'exploitation de la station de jaugeage du Chambon Amont mise en service en 1936.

La fréquence des détarages nous a conduit à stabiliser la station par un seuil dont les carac-

Fixation des planches sur la poutre (clous de charpente longueur 15cm par planche). Les trous de passage des tirefonds seront percés dans les planches avant mise en place.

Partie ancrée du seuil : Béton à 250kg ciment par m³
Partie supérieure du seuil : Béton à 350kg ciment par m³

FIG. 6

téristiques générales sont indiquées sur la figure 6. Ce seuil est composé essentiellement d'un parafoille en béton revêtu d'un platelage en mélèze. Ce platelage est fixé sur une poutre en chataignier noyée dans le béton, et protégé en amont par une tôle. Ce système résulte de l'expérience du Service Travaux du GRPH Alpes pour les prises d'eau dans les torrents à fort charriage.

Le limnigraphe est placé dans une guérite métallique galvanisée qui correspond à notre station de jaugeage normalisée « type A » (fig.7). La porte de cette guérite sert de pupitre lorsqu'elle est ouverte. A l'intérieur, l'observateur dispose de limnigrammes de rechange dans un tube en aluminium, de divers accessoires tels que couteaux, crayons, taille-mine, desséchant, une boîte de « Méta » pour la régénération du desséchant (l'opération se fait sur un régénérateur soudé sur la paroi latérale de la guérite) une notice d'instruction sous pochette plastique, et un tube pour le transport des limnigrammes à son domicile.

La guérite est boulonnée sur un puits composé de tuyaux en acier galvanisé de 300 mm de diamètre, fixée sur les parois de la station

par des demi-bridés et des pattes de scellement, le tout en acier galvanisé.

Les jaugeages sont faits par la méthode chimique de dilution à l'aide d'un matériel lourd composé d'un vase Dumas et de ses accessoires, présentant des caractéristiques analogues à celles du matériel léger.

3. STATIONS DE JAUGEAGE DU FERRAND A MIZOEN, DE LA ROMANCHE AU PONT ROUGE ET DE LA PERNIÈRE A L'EAU D'OLLE.

Ces trois stations sont des stations type A avec guérites et puits métalliques préfabriqués, placés dans une section non aménagée de la rivière.

La somme des débits journaliers à la Pernière et au Pont Rouge permet de reconstituer les débits de la Romanche à l'aval immédiat de son confluent avec l'Eau d'Olle. La qualité de ces deux stations fait que l'on a remplacé en 1958 les mesures à Riouperoux (1 046 km²) par la somme des mesures en ces deux points (976 km²). Cette station fictive a été nommée « Champeau ».

JAUGEAGES

Ferrand à Mizoen. — Jaugeages chimiques classiques.

Limnigraphe OTT, fixation sur la planche par vis à bois Ø4

FIG. 7

FIG. 8

Pont Rouge et Pernière. — Deux modes de jaugeage sont utilisés à chacune de ces deux stations :

- a) pour les débits d'étiage, à l'aide d'un micro-moulinet monté sur une perche tenue par l'opérateur évoluant en bottes dans la rivière.
- b) à l'aide d'un moulinet sur saumon manœuvré à partir d'un pont au moyen d'une potence mise au point par la D.T.G., pour les plus gros débits.

a) JAUGEAGE EN BOTTES :

La micro-perche est composée de deux parties :

1) Une tige cylindrique en acier inoxydable de 6 mm de diamètre gravée tous les centimètres et que l'on enfonce dans le lit de la rivière. Cette tige est composée de deux éléments de 0,50 de longueur.

2) Un tube coulissant sur cette tige et qui porte le micromoulinet.

La position du micromoulinet est définie par

la lecture faite au sommet du tube sur la tige fixe. L'opérateur se déplace dans la rivière le long d'un câble d'abscisse tendu perpendiculairement au courant et tient la perche assez loin en amont pour placer le moulinet dans une zone non perturbée par sa présence. Les contacts du moulinet sont transmis par fils à un compteur d'impulsions placé sur la berge près de l'opérateur chargé des fiches de jaugeages. Ces fiches de jaugeages sont normalisées et peuvent être dépouillées par un agent n'ayant pas participé au jaugeage, car les méthodes ont été rigoureusement standardisées. Le dépouillement graphique et les résultats apparaissent sur la fiche même utilisée sur le terrain, le verso de cette feuille étant millimétré.

b) JAUGEAGE A LA POTENCE :

Cette potence a été conçue pour permettre la manipulation facile de saumons de 100 kg à partir de n'importe quel pont et pour centraliser toutes les données nécessaires (fig 8).

Les améliorations apportées depuis quelques années à ce mode de jaugeage sont les suivantes :

1° Pour réduire l'angle dû à la trainée :

a) Le câble de suspension à un seul conducteur est de faible diamètre (2,8 mm environ).

b) L'attache du câble est noyée dans le corps du saumon, l'axe de suspension de celui-ci étant démontable. Cette attache est isolée du saumon pour permettre éventuellement une transmission par radio ou par l'eau des contacts du moulinet.

c) Des rainures sont aménagées à la partie supérieure du saumon pour le passage des fils électriques permettant la transmission des contacts du moulinet.

d) Le saumon n'a pas de contact de fond électrique, qui est remplacé par un palpeur mécanique situé sur la potence et détectant la tension du câble porteur.

2° Pour repérer la position du saumon.

a) Un compteur mécanique avec remise à zéro permet de mesurer le déroulement du câble.

b) Un indicateur d'angle de trainée mesure l'angle du câble porteur avec la verticale.

c) Une bande de peinture lumineuse placée sur le dessus du saumon permet de repérer aisément

de jour et de nuit la position de surface, saumon juste immergé.

d) L'angle β du saumon avec la normale à la section de jaugeage est mesuré depuis le pont à l'aide d'un rapporteur transparent muni d'une alidade.

3° Pour permettre les mesures de nuit :

Un phare alimenté par batterie est placé sur l'indicateur d'angle de trainée et suit le saumon dans ses déplacements, permettant ainsi avec une faible puissance un bon éclairage de la zone intéressante. Des lampes fixes assurent l'éclairage du compteur de déroulement, de l'indicateur d'angle réalisé en peinture lumineuse, du compteur d'impulsions et du pupitre. Les mesures de nuits, indispensables, car les crues ont souvent des maxima nocturnes, particulièrement dans le Alpes, sont ainsi réalisées dans d'aussi bonnes conditions que les mesures de jour.

4° Mesure des vitesses :

Les contacts du moulinet sont transmis à un compteur d'impulsions qui permet le déclenchement et l'arrêt simultané des impulsions et du chronomètre, puis la remise à zéro de ce dernier, de sorte qu'aucune erreur humaine n'est possible.

III. — RÉSULTATS OBTENUS

III-1. — Comparaison des mesures

« industrielles » et des mesures
« hydrologiques ».

Le choix des stations retenues permet de faire la comparaison entre des débits naturels reconstitués au Chambon à l'échelle mensuelle à partir des débits turbinés ou déversés et des variations de la réserve (B.V. 336 km²) avec la somme des débits mesurés aux stations du Chambon Amont et de Mizoen (B.V. total 300 km²). Cette comparaison (fig. 9) montre la bonne concordance des résultats obtenus en 1958 par deux méthodes très différentes.

Seul le volume mensuel des apports en mai présente une anomalie, ce qui peut s'expliquer de deux façons :

1) Il est possible que le B.V. résiduel de 36 km² ait eu en mai 1958 des apports spécifiques plus faibles que le reste du B.V. Des jaugeages volants seront faits au cours de l'année

1959 pour comparer les alimentations spécifiques des divers bassins.

2) La réserve du Chambon est passée de 1,13 Mm³ à 45,2 Mm³ (maximum de 49,5 Mm³) alors que les variations de réserve sont faibles pendant les autres mois : si la courbe de remplissage du lac est entachée d'une erreur, il est normal que celle-ci ait fait apparaître un écart en mai 1958 entre les deux méthodes de mesure.

Si de tels écarts se révèlent systématiques, une campagne de sondages aux ultra-sons sera envisagée pour permettre de rectifier le barème de remplissage.

III-2. — Présentation des résultats.

L'ensemble des dispositions prises sur la Romanche permet d'élaborer et de diffuser deux sortes de documents ; d'une part des tableaux

FIG. 9

de débits moyens journaliers pour chacun des points de mesure, d'autre part un tableau récapitulatif des données mensuelles de l'ensemble du bassin.

Les tableaux de débit moyens journaliers utilisés par le Service de la Production Hydraulique ont été conçus pour permettre à l'utilisateur, qui n'a pas en général participé à l'élaboration de ces tableaux de résultats, d'avoir une opinion sur la valeur et la nature des chiffres publiés. L'expérience a montré que, très souvent, les publications faites pour des stations usines ne concernaient que les débits turbinés en négligeant les déversés ou les variations de la réserve, que les débits publiés à des stations de jaugeage étaient des débits influencés et non des débits naturels, des débits déduits d'une seule lecture journalière d'échelle limnimétrique et non des débits moyens journaliers. Ces données étant souvent utilisées de nombreuses années après

leur publication, il nous a paru indispensable de faire figurer ces renseignements complémentaires sur le même tableau et non en annexes.

Le tableau récapitulatif publie les volumes mensuels écoulés exprimés en millions de m^3 aux divers points de mesure. Les lames d'eau correspondant aux apports naturels reconstitués sont également indiquées en mm.

Le Service de la Production Hydraulique publie ainsi un certain nombre de tableaux de synthèse des résultats de mesures de débit, pour plusieurs aménagements hydroélectriques.

Nous espérons, d'ici quelques années, pouvoir étendre ces dispositions à tous les aménagements importants des Alpes, du Massif Central et des Pyrénées. Le contrôle hydrologique ainsi réalisé permettra d'effectuer à l'avenir dans de bonnes conditions les études nécessaires à l'exploitation ou au réaménagement des installations hydroélectriques des divers bassins.

DISCUSSION

Président : M. DUFFAUT

M. le Président remercie M. ANDRÉ de sa communication extrêmement intéressante et exposée d'une façon très claire.

M. REMENIERAS, très intéressé par l'exposé de M. ANDRÉ, intervient à propos de la station du Plan de l'Alpe, dont il a établi les plans en 1942; c'est une station à ressaut, qu'il n'y avait pas lieu en principe de jauger, puisque son débit est donné par une formule quelque peu analogue à celle des déversoirs.

L'une des difficultés d'implantation de ce type de station réside dans la fixation de la cote du radier de l'ouvrage, en vue d'éviter tout dépôt de sédiments dans l'emprise de celui-ci. A cet effet, le radier de la station du Plan de l'Alpe avait été arasé très légèrement au-dessous du lit naturel du torrent; il en est résulté, au début de l'exploitation, une érosion régressive du lit à l'amont et quelques légers dépôts à l'entrée de la station; ceux-ci ont disparu bientôt pour se reformer, sporadiquement semble-t-il, ensuite.

M. REMENIERAS est très intéressé par les résultats obtenus qui montrent une période d'envasement, une période idéale et de nouveau d'envasement.

M. ANDRÉ précise que des jaugeages ont été faits, bien que cette station ait été connue comme station à ressaut, car plutôt qu'un envasement, ce sont des modifications des conditions amont qui avaient été constatées : vitesses d'approche différentes en grandeur et en direction, d'où modifications de la récupération d'énergie de vitesse au droit de la prise.

M. REMENIERAS observe qu'il est facile d'établir la correction à apporter aux résultats de mesure pour tenir compte d'une épaisseur uniforme de dépôts, car le débit est lié à la charge hydraulique $H + (V^2/2g)$ à l'entrée de la station. On a d'ailleurs proposé de mesurer directement cette charge par une sorte de Pitot dynamique.

M. ANDRÉ indique que des changements de fond, tels que remblaiements aval très importants dus à une énorme crue, ont provoqué des détarages de 20 %. Le seul moyen de lutter contre de tels remblaiements serait d'abaisser le seuil de contrôle.

M. REMENIERAS souligne l'intérêt de l'exposé de M. ANDRÉ qui relate les difficultés rencontrées au cours d'une quinzaine d'années d'exploitation d'un jaugeur à ressaut établi sur un torrent à fort débit solide.

M. ANDRÉ ajoute que cette expérience a réussi, parce qu'une station de ce genre permet de se contenter d'un nombre de jaugeages relativement réduit.

M. REMENIERAS signale que la courbe de tarage de la station, établie au moyen d'une série de jaugeages exécutés au moulinet par des opérateurs qui ignoraient qu'il s'agissait d'un « jaugeur à ressaut », coïncide quasi parfaitement avec la courbe prédéterminée théoriquement lors de l'établissement du projet de la station.

M. ANDRÉ confirme cette coïncidence, qui ne paraît pas due à une heureuse compensation des erreurs. Les jaugeages ont confirmé la courbe chaque fois que les conditions d'origine étaient remplies.

NOTRE FRONTISPICE

AUGUSTE RATEAU (1863-1930)

Né à Royan en 1863, élève de l'Ecole Polytechnique, ingénieur au Corps des Mines, professeur à l'Ecole Nationale des Mines de Saint-Etienne, puis à l'Ecole Supérieure des Mines de Paris, il entra en 1919 à l'Académie des Sciences où il occupa un des premiers fauteuils de la division réservée aux savants qui se consacraient aux applications de la science. Sa carrière eut, en effet, le caractère particulier de s'être développée à la fois dans le domaine de la pensée pure et dans celui de la technique.

Il transposa aux turbomachines les principes de la mécanique rationnelle en établissant leurs calculs sur des bases théoriques qui sont, depuis lors, demeurées inchangées. Il a donné, en outre, à certains emplois de la similitude, la forme qui est encore maintenant universellement connue et appliquée.

Il fut, en particulier, le créateur des turbines multicellulaires à action et, d'une façon générale, des turbomachines multicellulaires (pompes et compresseurs centrifuges notamment).

Il eut également le grand mérite de réaliser, au cours de la guerre 1914-18, sa remarquable invention du turbocompresseur de suralimentation destiné à augmenter la puissance spécifique et le plafond d'utilisation des moteurs d'aviation; cette nouvelle technique, qui reçut ainsi ses premières applications dès 1917, connut par la suite un retentissement considérable et fut étendue à d'autres domaines d'utilisation des moteurs à combustion interne, principalement à ceux de la propulsion navale et de la traction ferroviaire.

Il créa en 1903, pour l'application industrielle de ses brevets, la Société qui porte son nom.

AUGUSTE RATEAU (1863-1930)

Born at Royan in 1863, Auguste Rateau was a graduate of the Ecole Polytechnique. He later became a mining engineer and successively taught at the Ecole Nationale des Mines de Saint-Etienne and at the Ecole Supérieure des Mines de Paris. In 1919 he became a member of the Academy of Sciences and was one of the first applied scientists to do so. A special aspect of his work is that he was equally active in the fields of theoretical and applied engineering.

He applied the principles of theoretical mechanics to turbomachinery by giving a theoretical basis to design calculations in this field which have not been changed since. He was also responsible for certain applications of similitude theory which are now universally known and used in the form he gave them.

He invented the multicellular impulse turbine and other multicellular turbomachinery such as centrifugal pumps and compressors.

His most famous invention was the turbo-compressor used for supercharging aero-engines to increase their power-to-weight ratio and operational ceiling during the 1914-1918 war. Superchargers, which were first used in 1917, had far reaching effects and their use was subsequently extended to other internal combustion engine applications such as ships and railway locomotives.

The company which bears his name was set up by Auguste Rateau in 1903 to deal with industrial applications of his patents.