

formation à certaines industries : celles de la verrerie, du caoutchouc, par exemple.

Le mélange gazeux d'hydrogène sulfuré, d'hydrogène et d'oxygène qui s'échappe de chaque électrolyseur est aspiré, dans une tuyauterie spéciale en plomb et, par une combustion réglée avec soin, il restitue le soufre qu'il contient ; la quantité en varie suivant le degré de transformation où se trouve le sulfure de plomb traité ; elle est maxima après les 24 premières heures, puis diminue. On isole ainsi entièrement les parties constitutives de la matière première.

Entre deux cuvettes voisines s'établit, sous l'intensité choisie, une différence de potentiel de 2 volts g. Quatre piles d'électrolyseurs sont donc reliées en série, les génératrices développant 125 volts. L'usine possède 220 de ces piles, traitant 10 tonnes de plomb par jour, c'est-à-dire donnant par cheval-heure environ 900 grammes de plomb.

L'énergie nécessaire y est apportée des stations hydro-électriques du Niagara, en courant alternatif de 2250 volts, jusqu'à deux moteurs Westinghouse de 300 chevaux ; ceux-ci entraînent deux dynamos continues de 250 chevaux, qui maintiennent le voltage nécessaire aux bornes des séries d'électrolyseurs.

Cette métallurgie simplifiée, due à l'esprit d'observation américain, semble, sans doute, ne s'accommoder que de minerais très purs ; mais il est possible qu'elle puisse s'adapter, en dehors des galènes, à nombre d'autres sulfures métalliques, et de tous côtés des essais sont faits, depuis l'apparition du procédé Salom, pour en généraliser la méthode. Suivant toute probabilité ils ne resteront pas infructueux et conduiront à de nombreuses innovations dans la métallurgie des minerais sulfurés.

(A suivre)

P. PIERRON,

Chef des travaux

à l'Ecole de Chimie industrielle de Lyon.

JAUGEUR DIFFÉRENTIEL POUR DÉVERSOIR

Incertitude des jaugeages par déversoirs. — On sait que le débit Q d'un déversoir de longueur L est donné par la formule :

$$Q = m \times L \cdot h \sqrt{2gh}$$

dans laquelle m est un coefficient empirique qui renferme : le rapport entre l'épaisseur de la nappe déversante sur le seuil et la charge h , mesurée entre le seuil et le niveau tranquille à l'amont ; les corrections relatives à la contraction latérale, à la forme et à l'épaisseur du seuil s'il n'est pas en mince paroi.

Poncet, Lesbros, Boileau, Hirn, Grœff, Bazin, ont déterminé un certain nombre de valeurs de m sur des déversoirs de longueur, d'épaisseur, de formes et nature différentes, et sous des charges variables. Si l'on fait des jaugeages en reproduisant exactement leurs conditions d'expérience, on peut utiliser avec chance de précision les coefficients trouvés. Hors de ces conditions, difficilement réalisables en pratique, on n'obtient que des résultats inexacts. Dans tous les cas l'erreur possible dans la mesure de h , opération délicate

qui suppose un seuil parfaitement horizontal et porte sur une quantité généralement faible — ce qui grandit l'erreur relative — introduit une incertitude dans les résultats.

Ces raisons font qu'on emploie peu les jaugeages par déversoir. Une méthode de mesure précise utilisant ce dispositif présenterait cependant de l'intérêt car le déversoir est d'une installation facile sur les barrages qui existent déjà partout où des forces sont aménagées, et sur les rivières où l'on veut créer des chutes on hésiterait moins devant la dépense de ces ouvrages s'ils permettaient d'obtenir avec certitude leurs débits.

Principe du procédé. — Le dispositif suivant, représenté schématiquement fig. 1, permet, en faisant déplacer un appareil de mesure devant la nappe déversante, d'en évaluer directement le débit comme le ferait un compteur volumétrique.

Le principe consiste à isoler entre deux lames minces verticales a et b une largeur déterminée e de la nappe déversante, sans en troubler le régime, de telle sorte que la tranche prise est bien celle qui passerait entre deux plans théoriques distants de e . C'est à l'aide de cette tranche élémentaire dont le volume est mesuré par un compteur C ou un enregistreur E , comme on le verra plus loin, que l'on calcule le débit total du déversoir.

Dans le cas théorique d'une nappe régulière, l'appareil étant mis en un point quelconque, si U est le volume qui l'a traversé pendant le temps T , le débit à la seconde de la tranche prise de largeur e sera $\frac{U}{T}$ et le débit Q du déversoir de largeur L :

$$Q = \frac{L}{e} \times \frac{U}{T}$$

Cela étant vrai pour une position quelconque de l'appareil, serait encore exact s'il se déplaçait successivement devant tous les points du déversoir en le parcourant pendant ce même temps T .

Ce déplacement, indifférent pour connaître le débit d'une nappe théorique, est obligatoire en pratique où la nappe est irrégulière et la tranche prise e variable d'un point à un autre. Il est donc nécessaire, dans ce cas, de faire déplacer l'appareil d'un mouvement uniforme le long du déversoir pour qu'il fasse la sommation des débits de tous les points. On comprend, en effet, que restant un même temps devant chaque point la quantité d'eau qu'il reçoit est proportionnelle au débit en ce point et la quantité totale prise sur son parcours devant le déversoir proportionnelle au débit de ce dernier.

D'une façon générale, l'appareil étant en mouvement uniforme le long du déversoir, si l est sa distance du point de départ au bout du temps t et u le volume qui l'a traversé pendant ce temps, $\frac{du}{dt}$ sera le débit du déversoir au point considéré pour une largeur e de la prise, et $\frac{dl}{e} \times \frac{du}{dt}$ exprimera le débit du déversoir en ce point pour une longueur dl , c'est-à-dire dQ .

$$dQ = \frac{dl}{e} \cdot \frac{du}{dt}$$

Le cylindre enregistreur est actionné par une ficelle qui tend un ressort placé à l'intérieur, lorsque la translation a

lieu dans un sens, lequel se détend en entraînant le cylindre quand elle a lieu en sens inverse.

La prise **ab** est formée de deux lames très minces, fortement tendues entre deux pinces par une vis de rappel. Comme le montre une coupe verticale et à plus grande échelle, suivant **ab** du plan, ces lames ne touchent pas les parois du réservoir, taillées en biseau, et s'y raccordent par des membranes élastiques en clinquant par exemple. On forme ainsi une prise à parois tranchantes, sans épaisseur, absolument planes et bien parallèles qui prendront toujours avec précision une même largeur e de la nappe. Comme cette dimension est connue avec une très grande exactitude, le procédé ne comporte pas d'erreur possible en ce premier point.

Quant au compteur, s'il n'y avait pas de jeu entre la roue et son curseur, il serait rigoureusement volumétrique, c'est-à-dire précis et proportionnel dans toute l'étendue de ses débits. Ce jeu n'a pas pour effet de fausser les indications, car à un même débit correspond toujours un même nombre de tours, mais seulement d'altérer, d'une façon insensible, la proportionnalité; il n'intervient, d'ailleurs, que pour une part excessivement faible dans la marche du compteur, il est petit par rapport à la section de l'aubage et ne débite que sous la faible dénivellation nécessaire à l'entraînement de la roue. Cette dernière, en effet, n'actionne qu'une minuterie sans résistance, elle est creuse pour que la poussée de l'eau équilibre son poids sur ses paliers à billes, sur lesquels elle tourne alors sans frottements. On verra, du reste, que si faible que soit l'influence du jeu, il en est tenu compte par le tarage.

Ce compteur a l'avantage d'être simple, toujours identique à lui-même et de débiter de grands volumes; d'ailleurs, il en existe du même genre qui donnent d'excellents résultats.

Les graviers, feuilles et autres corps entraînés par l'eau et qui pourraient fausser les indications, soit du compteur, soit de l'enregistreur, sont arrêtés dans le réservoir R par des grillages verticaux qui ont, en même temps, pour effet de régulariser la vitesse des filets liquides et de faciliter le dégagement des bulles d'air avant la grille de fractionnement.

Fonctionnement. — Pour effectuer une mesure, l'appareil étant placé à une extrémité du déversoir et hors de la nappe, on trace la ligne zéro du diagramme par une rotation du cylindre enregistreur, ce qui est fait, le réservoir R vide et le flotteur appuyé par son poids sur un repère invariable. L'appareil est ensuite amené en une position telle que la prise pénètre juste de son épaisseur sous la nappe déversante. En ce point, un petit levier d'enclenchement, poussé suivant la flèche 1, immobilise le pendule et maintient au zéro le chronomètre destiné à la mesure du temps T , ainsi que la minuterie du compteur qui tourne alors à vide.

Lorsque le régime est établi dans l'appareil, on fait osciller légèrement le flotteur pour bien marquer l'origine du diagramme. Cela fait, on pousse le levier d'enclenchement dans le sens de la flèche 2; le pendule est abandonné et, au même instant, l'appareil se met en marche ainsi que la minuterie et le chronomètre.

La translation se fait lentement le long du déversoir; au

moment précis où la prise va quitter la nappe et n'est plus que de son épaisseur sous celle-ci, un arrêt convenablement disposé sur le rail, pousse automatiquement l'enclenchement suivant la flèche 1 (dispositif non figuré), ce qui arrête au même instant l'appareil par son pendule, la minuterie et le chronomètre.

Comme au départ, une légère oscillation du flotteur marque la fin du diagramme.

On lit alors le volume U et le temps T . Sans ramener au zéro la minuterie ni le chronomètre — en procédant par différences — on peut effectuer une seconde mesure en faisant repartir l'appareil en sens inverse, par une simple manœuvre du changement de marche. Ce retour de l'appareil permettra une vérification intéressante: si le débit du déversoir n'a pas changé pendant les deux trajets, les courbes tracées sur le même diagramme se superposeront et les valeurs de U et de T seront concordantes.

A l'une des extrémités du déversoir, la roue motrice, par suite de sa position sur l'appareil, sera hors de la nappe un court instant pendant lequel on l'entraînera à la main.

Précision et tarage. — Quelles sont les erreurs inhérentes à la réalisation de la méthode?

On a vu que la prise comporte toute la précision désirable: la distance e des lames minces peut être mesurée au 1/10 de millimètre, et en admettant même un écart — impossible — de 1/2 millimètre pour une prise de 100 m/m, cela ne ferait encore qu'une erreur de $\frac{1}{200e}$ due à la prise.

La longueur L de la nappe peut être connue exactement et par suite, le premier terme $\frac{L}{e}$ de l'expression du débit.

On sait par ce qui précède que la grille de fractionnement et le compteur donnent aussi avec précision la mesure du volume U , et qu'à un même débit correspond toujours un même nombre de tours du compteur. La proportionnalité entre les débits et les nombres de tours (autrement dit, le volume correspondant à une division de la minuterie) peut tout au plus varier légèrement dans l'étendue de l'échelle, ce qui peut résulter d'une grille à fentes inégales entre elles et surtout pas bien calibrées, et du fait que le compteur n'est pas absolument volumétrique. Il est tenu compte de cette petite variation de proportionnalité par le tarage qui est fait de la manière suivante:

Afin que les conditions de marche soient réalisées aussi fidèlement que possible, l'eau est amenée dans l'appareil par un petit canal, de même largeur que la prise, et reproduisant le déversoir.

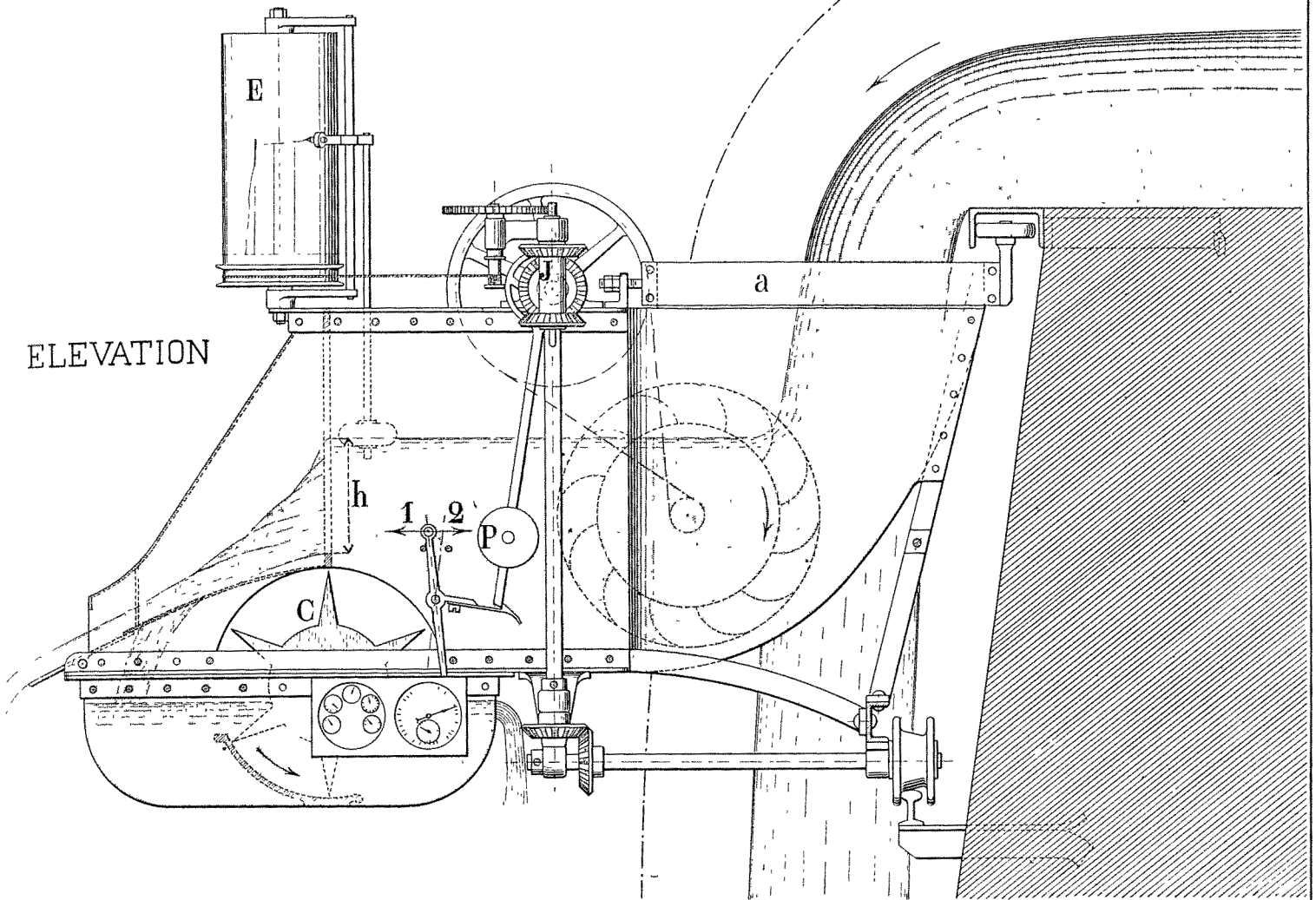
Un dispositif approprié (pompe ou réservoir à niveau constant) permet de maintenir un certain temps, un régime bien constant dans l'appareil et cela, pour des débits qu'on peut faire varier de zéro au maximum. Lorsqu'un régime est établi, on conduit le volume écoulé dans un réservoir gradué, par une manœuvre qui enclanche aussi, et au même instant, la minuterie et le chronomètre. Au bout d'un certain temps, tout est arrêté par la manœuvre inverse.

On connaît alors exactement le volume U passé, le nombre n de divisions de la minuterie et le temps T correspondant, éléments qui donnent le débit réel $\frac{U}{T}$ et le débit indiqué $\frac{n}{T}$.

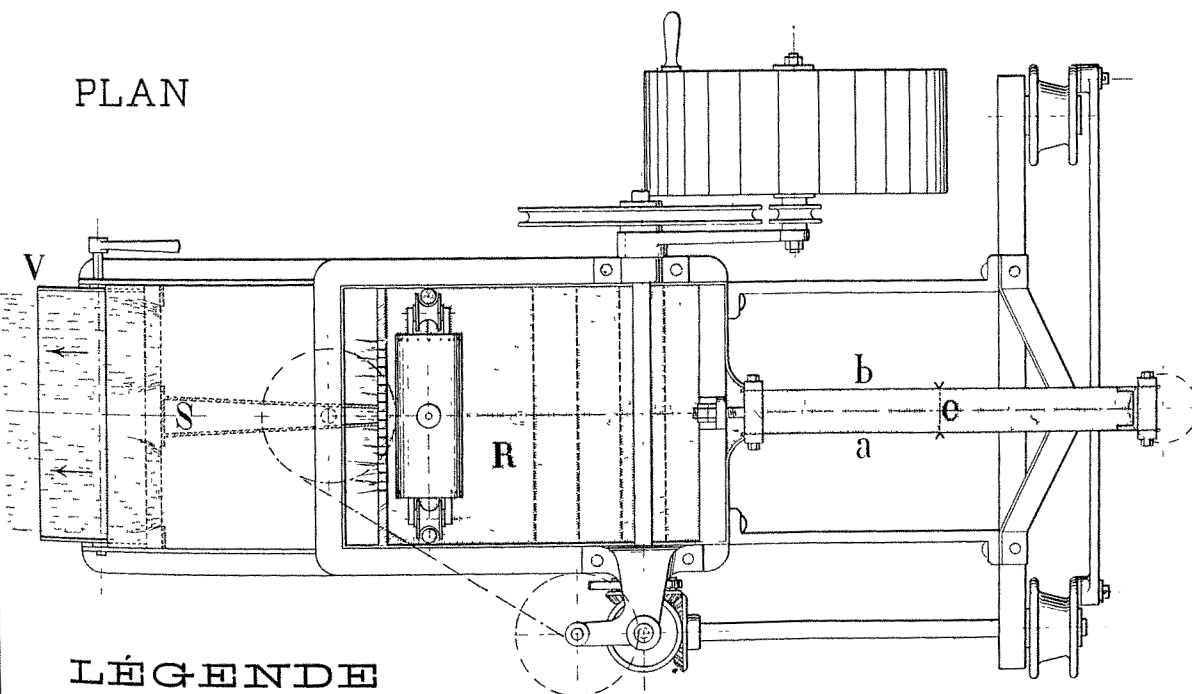
JAUGEUR DIFFÉRENTIEL POUR DÉVERSOIR

Procédé BARRAL et COTE

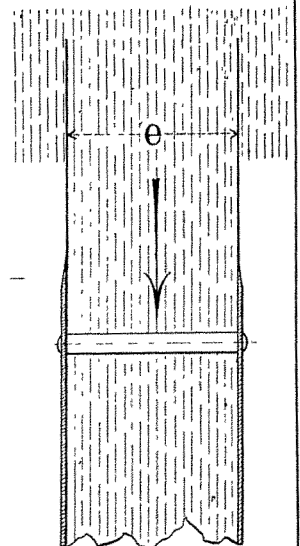
ELEVATION



PLAN



Coupe de la prise ab



LÉGENDE

ab, lames minces tendues isolant une tranche **e** de la nappe diversante. — **R**, réservoir d'où la tranche prise s'écoule par une grille de fractionnement sous la charge variable **h**, reportée sur un cylindre **E** commandé par la translation de l'appareil. — **C**, compteur où l'on peut conduire, par un registre **V** (suivant l'épaisseur de la nappe), toute la grille, ou seulement une fraction connue, isolée par le tambour **S**. — **P**, pendule qui régularise la translation de l'appareil, produite par une petite roue à augets actionnant les galets moteurs accouplés. — **1.2**, enclenchement de mise en marche ou arrêt simultané : de l'appareil, du compteur et du chronomètre. — **J**, inversion du mouvement de translation.

En appelant K leur rapport, on a : $\frac{U}{T} = K \frac{n}{T}$

D'où $K = \frac{U}{n} =$ volume correspondant à une division de la minuterie pour un débit indiqué $\frac{n}{T}$.

Ce coefficient, par lequel il faut multiplier le débit indiqué pour avoir le débit réel, peut être connu, avec une grande précision, pour une série de débits $\frac{n}{T}$ convenablement espacés, en opérant de la même manière.

Comme on l'a vu, ce coefficient K varie peu dans l'étendue de l'échelle ; on fait en sorte qu'il oscille légèrement autour de l'unité, par une minuterie à réduction de vitesse convenablement choisie, de telle façon qu'une division corresponde sensiblement à un litre.

Dans un trajet de l'appareil, sur un déversoir, le coefficient K varie à chaque instant avec le débit de la prise, mais les nappes sont assez régulières et les variations de K assez petites pour que l'on ne commette pas d'erreur en prenant le coefficient correspondant au *débit moyen* indiqué par l'appareil.

Il y a lieu de remarquer que cette détermination, des valeurs de K au tarage, autorise une construction moins méticuleuse de la grille et du compteur, tout en assurant plus de précision.

On profite des expériences de tarage pour faire tracer sur la feuille du cylindre enregistreur, entraîné d'un mouvement uniforme, une série de lignes qui sont alors horizontales et permettent de construire l'abaque donnant la relation entre les ordonnées et les débits. Le tarage étant ainsi fait, l'enregistrement graphique ne comporte pas d'erreur et à une même ordonnée correspond toujours un même débit.

On pourrait tarer plusieurs appareils simultanément en les plaçant en série, de telle façon qu'ils soient tous traversés par le même débit.

Le mouvement de translation, le long du déversoir, doit être d'autant plus uniforme que la nappe est plus irrégulière, puisque pour une nappe régulière, l'appareil pourrait rester au même point. Or, les déversoirs à mesurer sont assez réguliers pour que l'uniformité due au pendule soit plus que suffisante.

On remarquera que les indications du diagramme et celles du compteur se contrôlent mutuellement.

Il est évident que, sans sortir de la méthode, la mesure du volume U qui traverse la prise, pourrait être faite de toute autre façon, par exemple, en divisant assez, par une série de grilles de fractionnement, pour que la dernière fraction prise (connue au tarage) puisse être récoltée pendant un trajet et mesurée ou pesée avec précision. On pourrait encore, par un chéneau, conduire la tranche prise e dans un réservoir jauge à poste fixe.

Avantages et applications. — 1° La précision est l'avantage essentiel de la méthode qui revient en définitive à faire passer toute la nappe déversante dans un compteur volumétrique.

2° Ce procédé dont la précision ne dépend pas des formes et dimensions des déversoirs, mais seulement d'appareils toujours identiques à eux-mêmes, et qui seront aux jau-

geages ce que le mètre est aux longueurs, donnera ainsi des mesures prises avec la même unité et, par suite, rigoureusement comparables entre elles.

3° Le procédé peut s'appliquer à tous les barrages pourvu que leur hauteur permette d'y sceller les deux ferures qui portent l'appareil (mesurant 0m80 environ). Le jaugeage des rivières où il n'existe pas de barrages n'exigerait donc que des ouvrages relevant peu le niveau.

4° L'opérateur n'ayant aucune manœuvre difficile ni mesure délicate à faire, le coefficient d'erreur personnelle n'intervient pas, ce qui a pour avantage sur les autres méthodes d'écarter les chances d'erreur.

5° Pour un déversoir, l'appareil permettra d'établir rigoureusement la relation entre les débits et les niveaux à l'amont, en un point convenablement choisi. Il sera donc possible de graduer sur place les appareils qui donnent le débit en fonction du niveau et dont les indications seront alors précises, savoir :

Limnimètres qui, par un flotteur, indiquent les variations de niveau en les amplifiant ;

Limnigraphes qui inscrivent ces variations sur un enregistreur tournant en fonction du temps ;

Compteur ou intégrateur enregistreur J. Richard qui, à la fois, trace la courbe du limnigraphe et totalise par un mécanisme d'intégration actionnant une minuterie, le volume écoulé.

Par ces appareils, installés à poste fixe, on obtiendrait des graphiques qui donneraient, à chaque instant et avec certitude, le débit des cours d'eau, c'est-à-dire leur régime, ce qui est d'une si grande importance pour leur étude hydrologique et ne peut être fait par les méthodes actuelles.

6° L'appareil permet de mesurer le débit des turbines, point actuellement si difficile à préciser dans la détermination des rendements. Les installations hydrauliques comportent toujours un déversoir laissant échapper l'excédent du canal de prise ainsi que le volume correspondant aux turbines arrêtées. L'appareil étant placé sur ce déversoir, et toutes les turbines en marche, on fera une mesure ; en arrêtant une ou plusieurs unités ou la totalité, et en faisant une seconde mesure, on aura par différence, le volume correspondant aux unités arrêtées. On se rendra compte, par un dispositif approprié, que la prise d'eau n'a pas varié pendant ces expériences.

7° Enfin la méthode servira commodément, soit à établir de nouveaux coefficients m , soit à vérifier ceux que l'on possède.

L. BARRAL et E.-F. CÔTE.

A propos des stations d'essai de turbines.

La Direction de la *Revue* a reçu des demandes de renseignements sur la suite donnée au vœu du Congrès de la Houille blanche, relatif à la création d'une station d'essai de turbines.

Nous n'avons pu y répondre, car nous savons seulement que des appareils destinés à des mesures de rendement *sur les turbines une fois installées*, sont à l'étude ; nous en donnerons la description lorsque leurs inventeurs jugeront à propos de les présenter au public.

Bien que la création d'une station centrale d'essais paraisse peu pratique, nous publierons néanmoins, dans un prochain numéro, le projet d'un dispositif extrêmement ingénieux qui permettrait de faire, rapidement et avec précision, des essais de turbines de plus de 1000 chevaux et sous des pressions élevées, sur un emplacement très restreint, sans réservoirs ni volumes d'eau encombrant ou coûteux.