L'essai au vingtième de charge ou à 20 watts est répété, sur les compteurs wattheuremètres à courant continu, en plaçant l'instrument dans deux orientations opposées à 180° et telles que l'axe du champ dû au fil principal soit dans le plan du méridien magnétique.

2° Essais au régime de demi-charge avec des écarts en plus et en moins d'un vingtième sur la valeur nominale de la fréquence.

3° Essais en surcharge d'un cinquième de la puissance maximum normale.

4° Epreuve de marche à vide.

Sur les compteurs pourvus d'un mécanisme à rouleaux, épreuve portant sur le fonctionnement simultané de tous ces rouleaux, au régime du dixième de charge.

5° Essai donnant le régime minimum qui assure un démarrage certain ;

6° Valeur des consommations internes dans chaque circuit ;

7° Essai de court-circuit d'une intensité légale à dix fois le courant maximum normal, limité dans sa durée d'application par le jeu d'un fusible fondant sous un courant double du maximum normal ; essai répété cinq fois ;

8° Les compteurs moteurs à collecteur qui ne sont pas munis d'un fil à plomb ou d'un organe de nivellement équivalent sont essayés à demi-charge, en donnant à l'appareil une inclinaison de 5° par rapport à la verticale. Le résultat de l'essai est consigné au certificat comparativement à celui de l'essai correspondant à la verticalité de l'axe.

Résultats à obtenir. — Art. 4. — Les résultats à obtenir et les tolérances sont fixés comme il suit :

1° Essai à pleine charge nominale : erreur relative ± 3 p. 100

2° Essai à demi-charge : erreur relative ± 3 p. 100

3° Essai au vingtième de charge : erreur relative ± 5 p. 100

4° Dans le cas où le compteur comporte un appareil accessoire, cette dernière limite seule est portée à ± 7 p. 100

5° Essai au régime de 20 watts : erreur absolue ± 2 watts

6° Compteurs à courants alternatifs essayés en demi-charge aux fréquences de 0,95 et 1,05 fois la normale : l'erreur relative ne doit pas différer d'une unité en plus ou en moins de celle obtenue à la fréquence normale ;

7° Essai en surcharge d'un cinquième : le compteur ne doit subir aucune détérioration par l'application de cette surcharge pendant une demi-heure ;

8° Essai de démarrage : les limites supérieures de démarrage franc sont :

a) Pour compteur de 5 hectowatts et au-dessous : 2 p. 100 de pleine charge ;

b) Pour compteurs supérieurs à 5 hectowatts : 1 p. 100 de pleine charge ;

9° Consommations internes : les limites supérieures sont :

a) Dans le fil de dérivation : sur un courant alternatif ;

1,5 watt par 100 volts.

Et sur courant continu ;

4,0 watts pour 100 volts de tension nominale ;

b) Dans les fils principaux :

Pour les compteurs ampèreheuremètres de tous calibres et pour les compteurs wattheuremètres de 5 hectowatts et au-dessous : 1,5 volt à pleine charge ;

Pour compteurs wattheuremètres supérieurs à 5 hectowatts : 1 volt à pleine charge ;

10° Essais de court-circuits. — Après l'application des

court-circuits la valeur de l'erreur relative à demi-charge ne doit pas avoir varié de plus d'une unité.

NOTA IMPORTANT. — L'inobservation de l'une quelconque des conditions ci-dessus indiquées entraîne le rejet de la demande d'approbation sans autre examen.

Instruction de la demande. — Art. 5. — Le dossier est déposé soit au ministère des travaux publics (secrétariat du comité d'électricité), soit entre les mains de l'ingénieur en chef du contrôle des distributions électriques du département. Après avoir vérifié que le dossier présenté satisfait aux conditions prescrites par l'article 2 ci-dessus, le secrétariat ou l'ingénieur en chef en donne reçu et le transmet pour examen au comité d'électricité. L'examen du comité porte, en outre, des conditions stipulées à l'article précédent, sur tous les points qu'il juge utile, et notamment sur les suivants :

Nature de l'isolation ;

Étanchéité de la fermeture ;

Facilité d'entretien ;

Possibilité de vérifier rapidement l'étalonnage sans ouvrir l'appareil ;

Nature des rouages enregistreurs, etc.

Forme de l'approbation. — Art. 6. — L'approbation est donnée, s'il y a lieu, après avis du comité d'électricité, par un arrêté ministériel qui est inséré au *Journal Officiel*.

Remplacement de l'arrêté du 2 juin 1909. — Art. 7. — Le présent arrêté annule et remplace l'arrêté du 2 juin 1909 (*).

Paris, le 13 août 1910.

A. MILLERAND.

HYDRAULIQUE

JAUGEAGES PAR TITRATION

Lorsqu'on désire connaître avec précision le volume ou la capacité d'un récipient, on n'arrive guère à un bon résultat par des mesurages directs, surtout si les formes ne sont pas simples (**).

On obtient plus facilement un meilleur résultat en pesant le récipient après l'avoir rempli d'un liquide de densité connue, et en faisant le tarage ensuite. Mais lorsqu'il s'agit de réservoirs d'une certaine capacité, on ne peut plus songer à recourir à la méthode des pesées.

Dans ce cas, il convient de recourir à la méthode des jaugeages par titrations, qui a le grand avantage de donner des résultats aussi précis qu'on le désire.

Cette méthode consiste à verser dans le réservoir un petit volume connu d'une liqueur contenant en dissolution une quantité connue d'une substance soluble, et à achever le remplissage avec un liquide ne renfermant pas la même substance soluble.

Pour l'intelligence de ce qui suit, nous conviendrons de désigner par l'expression *solution initiale* la liqueur qui a été la première mise dans le récipient, et nous désignerons par

(*) Dans le texte ci-dessus, les différences de fond avec le texte du 2 juin 1909 portent sur les articles suivants :

« Art. 2° § 2°. — Art. 3, § 1° : modification de la seconde phrase. — Art. 3, § 1° c) : addition du dernier alinéa. — Art. 3, § 4° : addition d'un alinéa. — Art. 3, § 8° : nouveau. — Art. 4, § 9° b) : réunion, en un seul, des deux premiers alinéas avec suppression de la limite de 0,5 volts.

(**) Extrait du *Bulletin technique de la Suisse Romande*.

solution finale le mélange de la solution initiale avec le liquide que l'on a ajouté pour achever le remplissage.

Étant donné qu'il y a la même quantité absolue de substance soluble spéciale dans la solution initiale et dans la solution finale, les volumes de ces deux solutions sont entre eux dans le rapport inverse de leurs titres, et connaissant ces deux titres, ainsi que le volume de la solution initiale, une simple proportion donne le volume de la solution finale et par conséquent celui du récipient ou réservoir.

Le degré de précision de la méthode est le même que le degré de précision des titrations et du mesurage du volume de la solution initiale.

Suivant la nature de la substance soluble employée, et surtout suivant la méthode de titration, on peut arriver à un degré de précision aussi grand qu'on peut le désirer.

La même méthode peut être employée avec la même précision pour déterminer, au lieu de *volumes*, des *débits* qui sont des volumes écoulés dans des temps déterminés.

Dans ce cas, on fait écouler, à débit constant, dans le liquide dont on veut déterminer le débit, une solution initiale renfermant une substance soluble titrable, et on titre les deux liquides mélangés, que nous appellerons aussi *solution finale*.

Comme dans le cas précédent, le rapport des titres est l'inverse du rapport des débits des solutions initiale et finale, mais le débit de la solution finale n'est pas le débit cherché, il est celui que l'on cherche augmenté du débit de la solution initiale, et comme celui-ci est connu, il suffit de le déduire.

Trois conditions sont nécessaires pour obtenir des résultats précis et d'un degré de précision quelconque qu'on peut se donner.

1° *Ecoulement à débit constant des solutions.* — Il va de soi que le débit à mesurer doit être maintenu constant pendant la durée de l'opération. De plus, le débit de la solution initiale doit aussi être maintenu constant, et cela doit être fait très rigoureusement, parce que la solution initiale étant une petite fraction de la solution finale, les erreurs se multiplient par le dénominateur de cette fraction.

On arrive facilement à maintenir ce débit très constant au moyen de différentes dispositions, dont une des plus simples consiste à faire débiter à travers un petit ajutage sous une pression relativement élevée, provenant d'un petit réservoir suralimenté de façon à maintenir constamment une légère surverse.

A titre de renseignement pratique, disons que, dans la plupart des cas, le débit de la solution initiale est dans l'ordre de grandeur du décilitre par seconde, et qu'en plaçant le réservoir alimenteur à quelques mètres de hauteur, il est facile de lui donner une surverse inférieure à 1 mm. et par conséquent d'assurer la constance du débit à moins d'un millième ou d'un dix-millième près.

2° *Mélange parfait avant le titrage final.* — Cette condition est plus difficile à remplir, et il y a même des cas où cela devient si difficile que le procédé cesse d'être pratique et qu'il convient mieux d'avoir recours à d'autres méthodes moins précises.

Un des cas où la méthode doit être écartée, c'est celui où on voudrait l'appliquer au jaugeage d'un grand cours d'eau à cours lent et régulier.

Pour se rendre compte de ce qui se passe dans ce cas spécial, on peut faire une expérience qui frappe immédiatement les yeux.

Si dans la solution initiale, on remplace la substance soluble dosable par une substance colorante telle que la fluorescéine, et qu'on fasse écouler à débit constant cette solution initiale colorée en la faisant tomber dans le milieu du cours d'eau, on observe les phénomènes suivants :

A proximité immédiate du point d'introduction de la liqueur colorée, l'eau du cours d'eau n'est colorée qu'au milieu, et, à mesure qu'on s'éloigne, le mélange devenant meilleur, on arrive à un endroit où on ne perçoit plus de différence de coloration entre le milieu et les bords. Si on s'arrête en ce point ; et si on recommence l'opération, on voit l'eau se colorer de plus en plus, rester un certain temps avec la même teinte, puis se décolorer plus ou moins vite, sans que l'on puisse dire avec précision à quel moment le phénomène a commencé et quand il a fini, mais on observe seulement qu'il a duré toujours plus longtemps que n'a duré l'introduction du liquide coloré.

Si au lieu d'un liquide coloré on avait employé une solution titrable, les choses se seraient passées absolument de la même manière, et quel que soit le moment où les échantillons auraient été prélevés, le rapport des titres aurait toujours donné un volume final trop grand.

Pour obtenir un résultat juste, il faut que la durée de la période pendant laquelle la coloration augmente et le titre s'enrichit, ajoutée à la durée de la période pendant laquelle la coloration et le titre diminuent, soit pratiquement négligeable par rapport à la durée du temps pendant lequel on fait débiter la solution initiale.

Ceci considéré, on voit que le procédé est théoriquement applicable dans tous les cas, mais que, pour les grands cours d'eau, l'opération durerait trop longtemps et le débit à mesurer varierait pendant le temps nécessaire à l'opération.

Par contre, pour le jaugeage des petits cours d'eau torrentueux et surtout pour le jaugeage des débits de turbines, le procédé est pratique et, croyons-nous, supérieur aux autres, dans la plupart des cas.

On aura soin, bien entendu, de toujours prélever plusieurs échantillons au cours d'une même opération et de les titrer séparément, et ce ne sera que lorsque ces différents dosages auront donné des résultats suffisamment rapprochés que l'on sera certain d'avoir bien travaillé.

3° *Procédé de titrage précis et pratique.* — Il faut un procédé qui ne demande pas des opérations trop compliquées tout en donnant des résultats très précis et en employant une substance qui soit bon marché et facilement soluble.

Cette substance est toute indiquée, c'est le chlorure de sodium, qui peut aussi être remplacé par du chlorure de calcium.

L'emploi des chlorures nécessite cependant une précaution spéciale, parce que, dans la plupart des cas, les eaux que l'on veut jauger renferment déjà du chlore combiné en quantité appréciable.

Il est facile d'éliminer cette cause d'erreur en dosant non seulement la solution initiale et la solution finale, mais aussi en titrant le chlore dans l'eau que l'on veut jauger.

En ce qui concerne le procédé de dosage proprement dit, il a été rendu précis, pratique et facile, par l'étude spéciale de M. Mellet, professeur et ingénieur-chimiste, étude qui est le complément important de la présente note, celle-ci devant être considérée principalement comme une introduction à cette étude.

A. BOUCHER,
Ingénieur hydraulicien.

APPLICATION DE LA TITRATION DES CHLORURES AU Jaugeage DE DÉBITS

La méthode la plus pratique pour titrer industriellement des solutions neutres de chlorures alcalins est la méthode de Mohr, basée sur l'emploi d'une solution titrée de nitrate d'argent, en utilisant comme indicateur une solution de chromate neutre de potassium. L'addition du sel d'argent au chlorure détermine la formation d'un précipité blanc de chlorure d'argent dans le liquide coloré en jaune-citron par le chromate. Dès que la réaction est terminée, c'est-à-dire dès que le chlorure est complètement précipité, l'excès de solution argentique réagit avec l'indicateur en formant un précipité rouge-brun de chromate d'argent, ce qui se traduit, dès la première goutte en excès, par un léger virage de la couleur du liquide jaune-citron, qui prend une teinte orangée.

On utilise généralement pour les titrations de ce genre une solution déci-normale de nitrate d'argent, c'est-à-dire une solution contenant par litre un dixième de l'équivalent de ce sel exprimé en grammes. Dans le cas qui nous occupe, la dilution des solutions à titrer peut être telle que l'emploi d'une liqueur déci-normale doit être exclu, sinon on risquerait de n'obtenir comme résultat qu'une approximation grossière du débit cherché. Par contre, une solution centi-normale de nitrate d'argent répondrait bien à l'approximation désirée, comme on le verra plus loin. Mais l'emploi d'une solution si diluée présente des difficultés par le fait que la fin de la réaction n'est pas assez nettement perceptible ; l'indicateur n'est plus assez sensible parce qu'une goutte en excès de la solution argentique ne suffit pas à faire virer la teinte de la liqueur.

Modification de la méthode de Mohr pour solutions très diluées. — Une étude approfondie de la titration des solutions très diluées de chlorures au moyen de la solution centi-normale en question nous a permis de vaincre cette difficulté. Nous avons reconnu, en effet, que l'excès de nitrate d'argent nécessaire pour faire virer *nettement* la teinte de la liqueur est proportionnel :

- 1° au volume total du liquide mis en œuvre ;
- 2° à la quantité du précipité formé qui, suivant les cas, reste plus ou moins longtemps en suspension ;
- 3° à la quantité de chromate de potassium en solution.

Pour que la titration devienne exacte, ou plutôt pour qu'elle puisse être rectifiée, il faut donc opérer toujours dans les mêmes conditions, savoir :

- 1° que la solution à titrer ait dans chaque cas le même volume initial ;
- 2° que sa concentration en chlorure soit pour chaque titration dans le même ordre de grandeur, par exemple dans l'ordre de grandeur de la concentration de la solution centi-normale, pour que, d'une part, le volume de solution d'argent nécessaire, d'autre part la quantité du précipité formé, soient dans chaque cas à peu près les mêmes ;
- 3° que la concentration du liquide en chromate soit aussi à peu près la même dans les différentes titrations.

Pour percevoir nettement le virage, nous titrons le liquide dans une capsule de porcelaine d'environ 10 cm. de diamètre. A côté de celle-ci, nous plaçons une seconde capsule de même grandeur contenant une liqueur témoin formée de 10 cm³ de solution centi-normale de chlorure de sodium, 2 gouttes de chromate de potassium et 9 cm³ de solution centi-normale d'argent. Ce liquide permet de reconnaître par

comparaison le moment précis où l'autre solution commence à changer de teinte.

En observant les précautions qui viennent d'être indiquées, l'excès de nitrate d'argent nécessaire pour obtenir un virage net est toujours le même, soit une fraction constante du nombre de cm³ employés. Il est donc facile de déterminer expérimentalement cette fraction, qu'on retranche alors, pour chaque titration, de la quantité de nitrate d'argent employée. Au cours des nombreux essais que nous avons faits dans le but de déterminer les conditions ci-dessus, cette fraction à retrancher était en moyenne de 1 pour 100.

Nous verrons plus loin que, pour les jaugeages de débits, il n'est pas nécessaire de tenir compte de cet excès constant, et qu'il n'est même pas nécessaire de connaître le titre de la solution d'argent.

Application de la méthode de Mohr au jaugeage du débit des turbines. — Les conditions indiquées plus haut sont faciles à réaliser dans le cas du jaugeage de débits. Occupons-nous d'abord de la titration de la solution finale.

Pour réaliser la première condition, il suffit d'évaporer le liquide à traiter jusqu'à ce qu'il occupe un certain volume, toujours le même, par exemple environ 10 cm³.

Pour réaliser la seconde condition, il faut d'abord évaluer approximativement le débit de la turbine, ce qui est toujours facile à faire. Connaissant, en outre, la concentration et le débit constant de la solution initiale, on prend pour l'évaporation la quantité convenable de la solution finale pour qu'on ait à titrer quelques centigrammes seulement de chlorure.

Supposons par exemple, pour fixer les idées, que la solution initiale contienne environ 300 gr. de chlorure de sodium par litre, et que cette solution ait coulé dans la turbine avec un débit voisin de 1 décilitre par seconde. Dans ce cas, il faudra prendre pour l'évaporation un nombre de cm³ égal au nombre de litres par seconde du débit supposé de la turbine, soit :

pour débit supposé de	100 litres,	on prendra	100 cm ³ .
»	500 »	»	500 »
»	1000 »	»	1000 »

En opérant avec ces quantités d'eau, on aura toujours à titrer, dans l'exemple choisi, à peu près la même quantité de chlorure de sodium, soit environ 0,03 gr. (si la solution initiale était à 300 gr. par litre).

Lorsque le débit présumé est supérieur à 1000 litres, il faudrait évaporer de trop grandes quantités de liquide. Il est préférable, dans ce cas, de modifier les conditions expérimentales en augmentant le débit de la solution initiale, qui peut être rendu facilement et à volonté deux fois, cinq fois, même dix fois plus fort, pourvu qu'il reste toujours rigoureusement constant pendant la durée de l'expérience.

Remarquons à cette occasion que l'emploi d'une solution de chlorure de calcium au lieu de celle de chlorure de sodium ne présente guère d'avantage. La solubilité du premier n'est qu'environ deux fois plus grande, et sa teneur en chlore n'est que légèrement supérieure. Cette différence du simple au double ne nous paraît pas suffisante pour justifier l'emploi du sel de calcium. Il nous paraît plus avantageux d'augmenter le débit de la solution initiale comme nous venons de le voir.

Enfin, pour réaliser la troisième condition, on ajoutera à la liqueur en travail un nombre de gouttes de chromate proportionnel au volume de la solution employée (par exemple une goutte par 10 cm³ de liquide).

Il va sans dire que la solution initiale doit être titrée dans les mêmes conditions de concentration. Il sera facile, pour cela, de la diluer au moyen de pipettes et de flacons jaugés, de façon à ce que 10 cm³ contiennent environ quelques centigrammes de sel.

Quant à l'eau d'alimentation, prélevée avant l'opération, elle ne contient généralement que des traces de chlorures, qui influent peu sur le résultat cherché. Il faut cependant les titrer, et pour éviter une trop longue évaporation, on pourra, en commettant une erreur négligeable, se contenter d'en évaporer un litre.

Précision de la méthode. — Pour pouvoir exprimer numériquement l'approximation que l'on est en droit d'attendre de cette méthode, supposons comme précédemment que la solution initiale soit une solution à peu près saturée de chlorure de sodium, qu'elle contienne par exemple 300 gr. de ce sel par litre. Supposons, en outre, qu'il s'agisse de jauger des débits inférieurs à 1000 litres. Dans ce cas, nous faisons couler la solution initiale dans la turbine avec un débit constant de 0,1 litre par seconde. On introduit donc dans les eaux à jauger 30 gr. de sel par seconde. Dans le cas du plus gros débit (1000 l.) chaque litre de solution finale contient donc 0,03 gr. de sel. C'est précisément cette quantité qu'il s'agit de titrer exactement, ainsi que l'exigent les conditions que nous avons précédemment établies pour la titration. Or, chaque cm³ de la solution centi-normale d'argent, lu sur la burette, indique 0,000585 gr. de chlorure de sodium. La burette volumétrique permet d'apprécier un demi-dixième de cm³, ce qui correspond à 0,0002925 gr. de sel (en chiffre rond 0,0003). On arrive donc à jauger le débit en question à 0,1 % près. En supposant même qu'on se soit trompé de 50 % (en moins) dans l'évaluation approximative du débit, et qu'on ait pris pour l'évaporation un volume d'eau deux fois trop faible, l'approximation obtenue n'en serait pas moins satisfaisante, puisqu'on obtiendrait le débit à 0,2 % près.

Lorsqu'il s'agit de débits supérieurs à 1000 litres, la même précision peut être obtenue, en augmentant, comme nous l'avons déjà dit, le débit de la solution initiale.

Calcul du débit. — Nous avons vu, dans l'étude des titrations en solutions très diluées, que, si l'on observe les conditions que nous avons établies, l'excès de nitrate d'argent nécessaire pour obtenir un virage net est une fraction constante du nombre de cm³ employés. Désignons par $1/p$ cette fraction.

Désignons en outre par : N_1 , le nombre de cm³ de solution centi-normale qu'il faut pour titrer 1 litre de solution initiale ; n , le nombre de cm³ qu'il faut pour titrer 1 litre de l'eau de la turbine prise avant l'opération ; et N_2 , le nombre de cm³ qu'il faut pour titrer 1 litre de solution finale.

Après déduction de la fraction constante, ces nombres de cm³ deviennent :

$$N_1 - \frac{N_1}{p} \text{ cm}^3 \text{ pour 1 litre de la solution initiale.}$$

$$n - \frac{n}{p} \text{ » » » l'eau d'alimentation.}$$

$$N_2 - \frac{N_2}{p} \text{ » » » la solution finale.}$$

L'équivalent du chlorure de sodium étant 58,5, chaque cm³ de la solution centi-normale indique donc 0,000585 gr. de sel. Par conséquent :

la solution initiale contient 0,000585 $\left(N_1 - \frac{N_1}{p}\right)$ gr. /l. de sel

l'eau d'alimentation » 0,000585 $\left(n - \frac{n}{p}\right)$ »

et la solution finale » 0,000585 $\left(N_2 - \frac{N_2}{p}\right)$ »

Les débits étant inversement proportionnels aux concentrations, on a, en représentant par x le débit de la solution finale, et par d le débit de la solution initiale :

$$\frac{x}{d} = \frac{\text{concentration de la solution initiale}}{\text{conc. de la sol. finale} - \text{conc. de l'eau d'alimentation}}$$

Le débit de la solution finale est donc :

$$x = d \frac{0,000585 \left(N_1 - \frac{N_1}{p}\right)}{0,000585 \left(N_2 - \frac{N_2}{p}\right) - 0,000585 \left(n - \frac{n}{p}\right)}$$

$$\text{soit : } x = d \frac{N_1}{N_2 - n}$$

et la formule du débit cherché Q est donc :

$$Q = d \left[\frac{N_1}{N_2 - n} - 1 \right]$$

Il résulte de cette formule que, si l'on opère dans les conditions mentionnées précédemment :

1° il est inutile de retrancher, du nombre de centimètres cubes employés, l'excès de solution d'argent ayant servi à faire virer la teinte, et cela pour les trois titrations ;

2° il n'y a pas lieu de tenir compte du facteur volumétrique ; il n'est donc pas nécessaire de calculer la quantité de sel des trois solutions. Bien plus, la solution de nitrate d'argent n'a pas besoin d'être normale, et il n'est même pas nécessaire d'en connaître le titre. Il suffit que cette solution soit assez diluée pour qu'elle ait la précision de la solution centi-normale. Il faut donc que sa concentration soit dans le même ordre de grandeur, et que cette même solution soit employée, cela va sans dire, pour titrer les trois liquides.

On notera donc seulement les nombres de centimètres cubes employés, et on calculera le débit au moyen de la formule ci-dessus.

Les considérations précédentes nous permettent d'élaborer la méthode suivante :

Titration du débit d'une turbine

I. *Débit de la solution initiale.* — Le débit nécessaire pour la précision indiquée est de $\frac{1}{10000}$ du débit de la turbine, estimé approximativement. Toutefois, pour de petites turbines, on emploiera, pour plus de commodité, uniformément un débit de 0,1 litre environ.

II. *Préparation des liqueurs-réactifs.* — 1° Solution de nitrate d'argent : 1,5 à 2 gr. par litre (pesée approximative).

2° Solution de chlorure de sodium (pour préparer la liqueur témoin) : environ 1 gr. de sel ordinaire par litre.

3° Solution de chromate de potassium (indicateur) : environ 5 gr. pour 100 cm³ d'eau.

III. *Dilution et concentration des solutions à titrer.* —

1° Solution initiale. — On la dilue de façon à ce que 10 cm³ contiennent quelques centigrammes de sel. Pour cela, on en pipette 10 cm³ qu'on étend à 1 litre, et on prend à l'aide d'une pipette, pour la titration, 10 cm³ de cette solution diluée.

2° Eau d'alimentation de la turbine. — On en évapore 1 litre, dans une capsule de porcelaine de 10 cm. de diamètre, dans laquelle on verse le liquide au fur et à mesure qu'il s'évapore. L'évaporation se fait au bain-marie, jusqu'à ce que la totalité soit ramenée à environ 10 cm³.

3° Solution finale. — L'évaporation se fait de la même façon pour que, sous un volume de 10 cm³ environ, on ait à titrer quelques centigrammes de sel. Quant au volume à prendre pour l'évaporation, il se déduit du débit de la solution initiale et du débit approximatif de la turbine. Suivant les instructions données sous I, il faut prendre, pour des débits évalués inférieurs à 1000 litres/seconde, un nombre de centimètres cubes égal au nombre des litres par seconde et, pour des débits supérieurs à 1000 litres par seconde, invariablement un litre de solution.

IV. *Titration des trois solutions.* — La titration se fait dans une capsule en porcelaine (pour les solutions évaporées, dans la capsule même qui a servi à l'évaporation). Aux 10 cm³ de liquide à titrer on ajoute d'abord 2 gouttes de solution de chromate, puis on laisse couler de la burette la solution d'argent. Si la teinte n'a pas viré après addition de 10 cm³ de cette solution, on rajoute une goutte de chromate, et ainsi de suite, jusqu'à virage.

Cette titration se fait à côté d'une seconde capsule de même grandeur, contenant un liquide témoin. Ce dernier se prépare au moment du besoin avec 10 cm³ de solution de chlorure, 2 gouttes de chromate et 10 cm³ de solution d'argent.

V. *Calcul du débit.* — La titration fait connaître le nombre de cm³ de la solution d'argent correspondant à un certain volume des trois liquides qui ont été titrés. On en déduit par le calcul le nombre de cm³ correspondant à 1 litre de ces liquides, nombres que nous avons désignés par N_1 , n et N_2 .

Il étant le débit en litres par seconde de la solution initiale, le débit Q , de la turbine, en litres par seconde, sera :

$$Q = d \left[\frac{N_1}{N_2 - n} - 1 \right]$$

Exemple

TITRATION DU DÉBIT D'UNE DES TURBINES DE L'USINE DU DAY. — La solution initiale a été introduite par l'ouverture supérieure de la turbine, avec un débit constant de 0,1211 litre par seconde.

On a prélevé un échantillon de cette solution, et un échantillon de l'eau de la turbine avant l'introduction de l'eau salée. Pendant l'opération, des échantillons ont été prélevés au sortir de la turbine au bout de la sixième et de la neuvième minute.

1. *TITRATION DE LA SOLUTION INITIALE.* — On a pris 10 cm³ de cette solution, qu'on a dilués à 1 litre, et 10 cm³ de ce litre ont été prélevés pour la titration.

Il a fallu pour cette fraction 35,5 cm³ de la solution d'argent, d'où : $N_1 = 355\ 000$.

2. *TITRATION DE L'EAU D'ALIMENTATION DE LA TURBINE.* — On en a évaporé 1 litre.

Après réduction du volume à 10 cm³ environ, il a fallu 3,8 cm³ de solution d'argent, d'où : $n = 3,8$.

3. *TITRATION DE LA SOLUTION FINALE.* — Débit supposé : 100 à 300 litres par seconde.

Il faut donc évaporer 100 à 300 cm³ pour la titration.

Echantillon 1, prélevé au bout de la sixième minute.

On en a évaporé 200 cm³. Il a fallu, pour cette fraction, 33,5 cm³ de la solution de nitrate d'argent, soit par litre 167,5 cm³, d'où $N_2 = 167,5$.

Echantillon 2, prélevé au bout de la neuvième minute.

On en a évaporé 150 cm³. Il a fallu, pour cette fraction, 25,15 cm³, soit par litre 167,67 cm³, d'où $N_2 = 167,67$.

CALCUL DU DÉBIT. — En appliquant la formule du débit pour les deux échantillons de la solution finale, on trouve :

Pour l'échantillon 1 :

$$Q = 0,1211 \left[\frac{355\ 000}{167,5 - 3,8} - 1 \right] = 262,4965 \text{ litres.}$$

Pour l'échantillon 2 :

$$Q = 0,1211 \left[\frac{355\ 000}{167,67 - 3,8} - 1 \right] = 262,2241 \text{ litres.}$$

Moyenne des débits trouvés = 262,36 litres par seconde.

Les débits obtenus, correspondant aux deux échantillons de la solution finale, diffèrent entre eux, comme on le voit, d'environ 0,104 pour 100, ce qui est conforme à l'approximation prévue.

D^r R. MELLET,

Privat-docent à l'Université de Lausanne.

AU PAYS DES CHUTES D'EAU

(Suite)

Les Usines hydro électriques

Nous avons vu que la Norvège comptait, en 1909, le nombre respectable, pour une population qui dans l'ensemble du pays n'atteint même pas celle de Paris, de 219 usines hydro-électriques existantes ou en voie d'installation, représentant un total de 712.830 chevaux.

Un rapport officiel (*) répartit ainsi cette puissance pour chacune des régions de rivières distinguées sur la carte hydrographique de la Norvège.

Un rapide voyage à travers la Norvège nous fera connaître les plus intéressantes de ces usines.

Arrêtons-nous d'abord à *Sarpsborg*, qui est une station du chemin de fer de Gothenbourg à Christiania, la voie la plus directe pour se rendre d'Europe en Norvège par la Suède méridionale.

La curiosité de cette petite ville industrielle est toute entière dans le *Sarpsfos*, chute de 21 m. de hauteur, où le Glommen déverse ses eaux torrentueuses avec le débit très variable que nous avons indiqué. Comme l'a montré la photographie (fig. 1), la cascade est située sous le double viaduc qui livre passage à la route et au chemin de fer superposés, entre la ville de *Sarpsborg* et le faubourg d'*Hafslund* (**).

Le *Sarpsfos* fournit la force motrice des usines suivantes qui se font vis-à-vis sur les deux rives du Glommen.

1° *Borregaards elektricitetsverk traesliperi og papirfabrik* de 16 000 HP. C'est le groupe important de bâtiments que l'on voit sur la gauche de la photographie (fig. 1), rive droite du Glommen, du côté de *Sarpsborg*. Cette fabrique primitivement créée par une Société allemande qui fit faillite, fut rachetée à bon compte par des Anglais qui ont créé la Société *The Kellner Partington Paper Pulp Co*, au

(*) Ot. prp. nr. 1. (1909). Kristiania. Bet Mallingske bogtrykker.
« Fortegnelse over vandkraftanlæg i Norge ».

(**) Voir le précédent numéro, page 267.