

solution de chlorure de sodium. Verser un excès de solution d'azotate d'argent titrée. Filtrer et laver le précipité sur le filtre.

Les liqueurs réunies, contenant l'excès d'azotate d'argent, sont titrées colorimétriquement, comme il a été indiqué au 3<sup>e</sup> cas.

De la quantité totale d'azotate d'argent versée, on retranche cet excès : la différence correspond au chlorure d'argent précipité.

Un simple calcul chimique déterminera la quantité de chlorure de sodium qui existait dans la solution.

On pourra titrer par un procédé semblable les sulfates, à l'aide du chlorure de baryum, en liqueur neutre (1). L'excès de réactif versé sera titré en le précipitant par un réactif coloré (Bromate de potassium et d'ammonium ou bichromate de potasse), comme ci-dessus.

NOTA. — Il peut arriver que, pour titrer l'excès de réactif versé dans la solution primitive, il soit possible d'utiliser un réactif auxiliaire qui, au lieu de précipiter l'excès du premier, le transforme en un produit coloré. On retombe alors dans le deuxième cas, et la manipulation en est simplifiée d'autant.

CONCLUSION

Il est facile de concevoir, par ce simple aperçu, quels services peut rendre la *méthode colorimétrique* dans la chimie industrielle.

De très remarquables travaux ont été faits sur la question par plusieurs savants. Mais il reste à mettre cette précieuse méthode à la portée des essais journaliers de l'ingénieur.

Il serait certainement possible d'en obtenir une application raisonnée à presque tous les dosages qui sont à effectuer dans les laboratoires industriels. Le nombre des réactions colorées des divers corps chimiques ne manque certainement pas pour cela. Il suffirait d'en rassembler un choix convenable pour les cas variés qui se présentent dans la pratique.

Nous osons espérer qu'un pareil travail sera entrepris dans un avenir prochain et nous serions heureux d'avoir contribué, si peu que ce soit, à préparer ce progrès de demain.

P. MOUNIER,  
Chimiste.

Sur l'étude graphique des Moteurs à courant continu

Nous interrompons, pour ce numéro, la publication en cours du travail de notre collaborateur M. BETHENOD, afin de donner sans plus de retard, l'intéressante étude suivante du même auteur, de toute actualité, et dont il a d'ailleurs fait des applications qu'on retrouvera dans la suite de ses articles sur le freinage électrique.

Lorsque l'on a déterminé, à une certaine vitesse constante  $n_0$ , la courbe d'excitation OM (fig. 1) d'un moteur en série, l'on peut par une construction graphique bien connue, que nous rappellerons brièvement, connaître les courbes de fonctionnement du moteur.

Prenons une ordonnée OE égale à la tension U d'alimentation supposée constante, et portons sur l'axe des I une longueur  $OB = \frac{U}{R} = I_0$ , R étant la résistance totale du circuit ;  $I_0$  est le courant de démarrage correspondant à la résistance R. Pour chaque valeur OH du courant I, la longueur  $HK = U - RI$  pourra représenter la force contre-électromotrice

(1) La présence d'un acide fort empêchant la précipitation du bichromate de baryum.

du moteur correspondant à ce régime ; par suite, les forces électromotrices étant proportionnelles aux vitesses, pour un flux inducteur donné, la vitesse n sera donnée par le rapport :

$$\frac{n}{n_0} = \frac{HK}{HM} \quad \text{d'où :} \quad n = n_0 \times \frac{HK}{HM} \quad (1)$$

Quant au couple brut, il est proportionnel au produit du courant I par le flux inducteur, c'est-à-dire à la surface du triangle rectangle OMH.

La représentation précédente de la vitesse par le rapport de deux lignes HK et HM a l'inconvénient de ne pas permettre l'emploi commode de cette vitesse même comme variable ; de plus, on n'obtient pas ainsi une lecture directe sur l'épure des quantités cherchées.

Dans ce qui suit, nous nous proposons de montrer com-

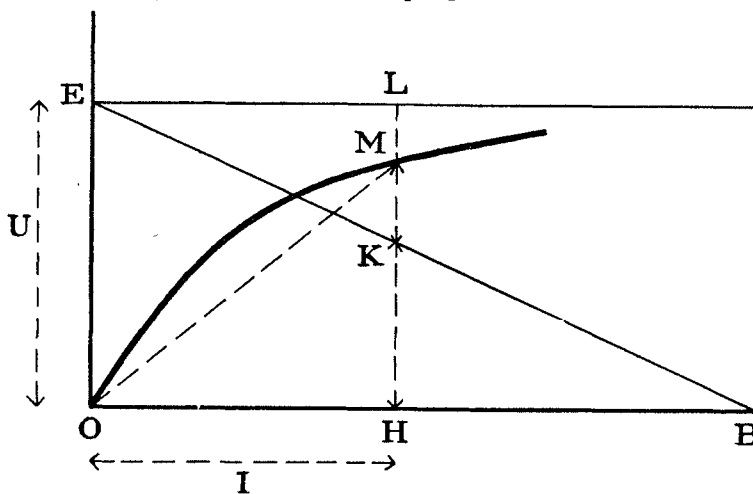


Fig. 1.

ment les représentations de la vitesse et du couple peuvent être mises très facilement sous forme linéaire, comme pour les épures circulaires de moteurs à courants alternatifs par exemple.

**Représentation linéaire de la vitesse.** — Remarquons que les triangles semblables OBE, HBK donnent la proportion :

$$\frac{HK}{OE} = \frac{HB}{OB}$$

d'où :  $HK = \frac{OE}{OB} \times HB = \frac{U}{I_0} \times HB = R \times HB$

Si l'on remplace HK par cette valeur dans l'égalité (1), il vient :

$$n = n_0 \times \frac{R \times HB}{HM} \quad (2)$$

$$= \frac{HB}{HM} \times \text{constante} \quad (3)$$

Si l'on mène alors une droite AV (fig. 2), parallèle à l'axe OB à une distance quelconque AB, le segment AS, déterminé en prenant le point S d'intersection de BM avec AV, sera proportionnel à la vitesse n et pourra servir à la représenter. L'on a, en effet, la proportion :

$$\frac{SA}{HB} = \frac{AB}{HM} \quad \text{d'où :} \quad SA = AB \times \frac{HB}{HM}$$

et en comparant avec l'égalité (2), l'on obtient finalement :

$$SA = \frac{AB}{n_0 R} \times n = \text{constante} \times n \quad (4)$$

On obtiendra ainsi très facilement par une simple lecture le courant  $OH$  correspondant à une vitesse  $SA$ . Enfin, on déterminera l'échelle des vitesses une fois pour toutes en calculant la vitesse  $n$  pour une valeur du courant  $I$ , par la formule :

$$n = n_0 \times \frac{U - RI}{e_0}$$

$e_0$  étant la force électromotrice  $HM$  relative à ce courant sur la caractéristique à vide (fig. 1). Nous ne nous arrêterons pas à ce calcul très simple.

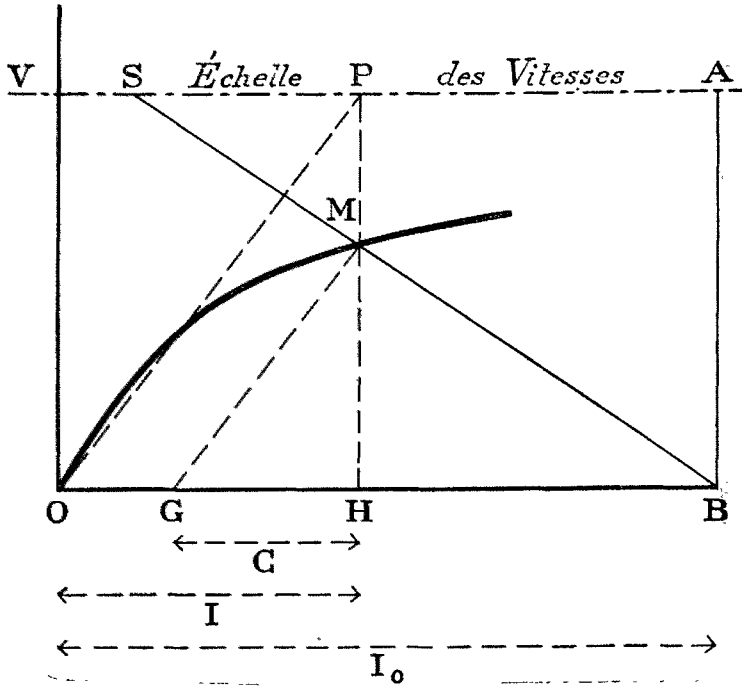


Fig. 2.

**Représentation linéaire du couple.** — Prolongeons  $MH$  jusqu'à sa rencontre en  $P$  avec  $AV$ . Si l'on joint le point  $P$  à l'origine et si l'on mène par  $M$  une droite  $MG$  parallèle à  $OP$ , les triangles semblables  $OPH$ ,  $GMH$ , donnent :

$$\frac{GH}{MH} = \frac{OH}{PH}$$

d'où : 
$$GH = \frac{I}{PH} \times OH \times MH \quad (5)$$
  

$$= OH \times MH \times \text{constante.}$$

Le couple  $C$  étant aussi proportionnel au produit  $OH \times MH$  peut donc être représenté par la longueur  $GH$ . Nous nous servons ici de la droite  $AV$  déjà tracée, mais il est évident que l'on peut se servir d'une parallèle quelconque à  $OB$ ; l'échelle du couple seule est ainsi changée.

Pour déterminer celle-ci, on calculera  $C$  pour une valeur donnée de  $I$  par la formule bien connue du moteur-série à courant continu :

$$C = I \times \frac{e_0}{2 \pi n_0}$$

Le couple utile s'obtiendra enfin en retranchant de  $C$  le couple résistant dû à l'hystérésis, aux courants de Foucault et aux divers frottements.

**Influence de  $R$ .** — Les moteurs-série sont surtout employés pour la traction, et il est intéressant dans ce cas

de pouvoir se rendre compte de l'effet produit en intercalant des résistances supplémentaires dans le circuit du moteur.

Les constructions graphiques exposées ci-dessus se prêtent aisément à cette étude.

Supposons par exemple, pour fixer les idées, que l'on ait augmenté  $R$  (fig. 2), la longueur  $OB = \frac{U}{R}$  va diminuer. Si l'on veut conserver la même échelle que précédemment pour les vitesses, l'on doit avoir la relation :

$$\frac{AS}{n} = \text{constante}$$

En comparant avec l'égalité (4), il vient :

$$\frac{AB}{n_0 R} = \text{constante}$$

$$AB = R \times \text{constante} \quad (6)$$

La longueur  $AB$  doit donc varier proportionnellement à  $R$ . On en conclut immédiatement que la surface du triangle  $ABO$  reste constante lorsque  $R$  varie ; cette surface a en effet pour expression :

$$\frac{AB \times OB}{2} = \frac{AB}{R} \times \frac{U}{2} = \text{constante}$$

Ainsi, si l'on conserve l'échelle des vitesses, le lieu du point  $A$  lorsque  $R$  varie est une hyperbole équilatère  $XY$  (fig. 3) rapportée aux axes  $OB$ ,  $OE$ . On la construira facilement, connaissant un seul point  $A$  ; quant aux longueurs  $OV = AB$ , elles sont, d'après la relation (6), proportionnelles aux résistances  $R$  et peuvent par suite servir à les mesurer. Dans ces conditions, si l'on veut étudier la mar-

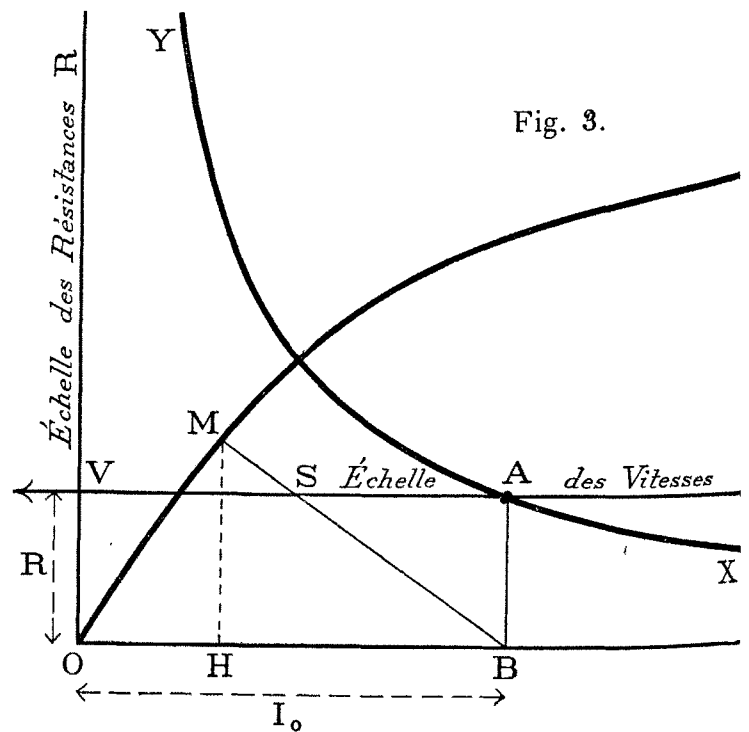


Fig. 3.

che du moteur pour une valeur de  $R$  donnée, on porte cette valeur en  $OV$ , on mène  $VA$  parallèle à  $OB$ , ce qui détermine le point  $A$ , à gauche duquel on portera sur  $AV$  l'échelle constante des vitesses. On aura alors, par une simple lecture, le courant  $BO$  correspondant à une vitesse  $AV$  quelconque.

Enfin, pour que l'échelle des couples reste aussi constante, on prendra pour la détermination graphique du couple une parallèle située à une distance constante de  $OB$ , au lieu de se servir de la droite  $AV$  (fig. 2) qui ici se déplace parallèlement à  $OB$ , à mesure que  $R$  varie.

#### Extension de la méthode aux autres modes d'excitation.

— Dans les raisonnements précédents, nous n'avons fait aucune restriction sur la forme de la caractéristique à vide ; nous avons supposé seulement que  $e_0$  ne dépendait que de  $I$  pour une vitesse  $n_0$  déterminée. La méthode s'appliquera donc également à l'étude de la marche à potentiel constant dans les cas suivants :

##### 1° Moteurs à excitation séparée ou en dérivation.

— La caractéristique est alors une droite parallèle à  $OB$  ; le courant s'annule pour une valeur finie de la vitesse, puis change de sens ; c'est une propriété bien connue du moteur en dérivation sur laquelle nous n'insisterons pas.

##### 2° Moteurs à excitation composée additionnelle.

— On a affaire ici à la combinaison des deux excitations série et dérivation ; on peut donc obtenir la courbe d'excitation en déplaçant l'axe  $OE$  (fig. 1) vers la droite d'une quantité correspondant aux ampères-tours en dérivation, la courbe  $OM$  restant fixe. La courbe alors ne passe plus par l'origine et il en résulte que, comme pour l'excitation en dérivation, le courant s'annule pour une valeur finie de la vitesse.

##### 3° Moteurs à excitation composée différentielle.

— Dans ce cas, l'enroulement-série est démagnétisant ; cette disposition s'emploie, comme on le sait, pour maintenir la vitesse de rotation sensiblement constante, malgré de fortes variations de charge. La courbe d'excitation s'obtiendra évidemment en déplaçant à gauche l'axe  $OE$ , comme dans le cas précédent, mais on considèrera seulement, dans la marche en moteur, la portion à gauche de l'axe  $OE$  ; la longueur  $I_0$  sera portée à gauche et le sens des vitesses croissantes sera de gauche à droite.

Comme cela était évident *a priori*, le flux s'annule pour une certaine valeur de  $I$  et est maximum pour  $I = 0$ . L'étude de ce genre d'excitation est très intéressante ; la marche du moteur change tout à fait d'allure suivant que  $I_0$  est plus grand ou plus petit que la valeur du courant  $I$  annulant le flux. Nous laissons au lecteur le soin d'étudier ces divers cas qui ne présentent aucune difficulté.

J. BETHENOD,  
Ingénieur E. C. L.

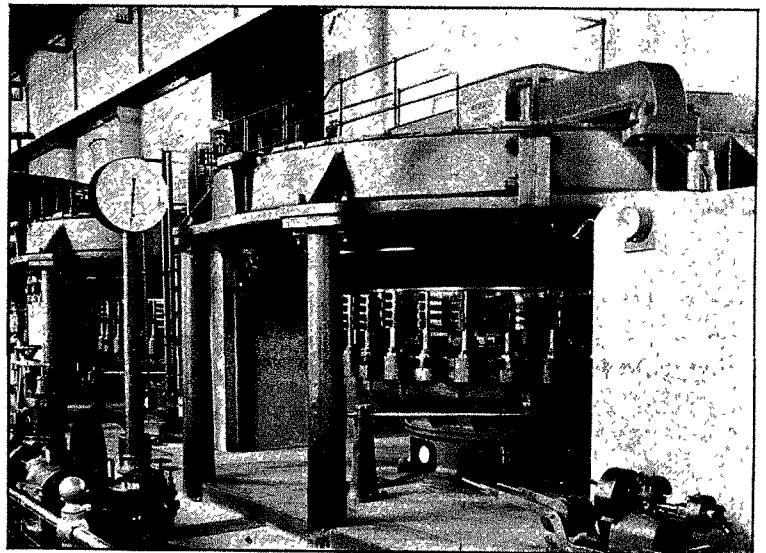
## NOTE SUR L'USINE DE RHEINFELDEN

### TRANSPORT DE FORCE ET ELECTROCHIMIE

Nous avons cru intéressant de dire ici quelques mots sur cette usine qui réalise le problème de la meilleure utilisation des chutes d'eau, indiquée par M. Côte dans son article : « Transport de Force et Electrochimie » (1). A la théorie de M. Côte, à savoir que ces deux utilisations simultanées de la houille blanche ne sauraient convenir

qu'aux hautes chutes des Alpes, nous opposons l'exemple suivant d'une usine alimentée par une basse chute et qui fait à la fois, dans d'excellentes conditions économiques, du transport de force et de l'électrochimie. Il convient, toutefois, de remarquer que cette usine se trouve dans une situation exceptionnelle sous le rapport du prix de revient du cheval-an, ce qui lui a permis d'établir des tarifs très rémunérateurs pour la partie de son énergie qu'elle vend sous forme de force motrice et d'éclairage, et de livrer à bon marché le courant pour l'électrochimie.

Cette situation tient d'abord à ce fait que le Rhin, alimenté l'été par des glaciers et l'hiver par les régions basses de la Suisse et de la Forêt Noire, présente un régime *régularisé*, participant à la fois du régime alpestre et de celui des rivières de plaines, ensuite à ce que, grâce au cours rapide du fleuve en cet endroit, on a pu aménager à peu de frais un gros débit. Il ne s'agit donc pas ici d'une usine à puissance très variable n'utilisant que ses « chevaux périodiques » ou à peu près, à l'électrochimie, mais bien d'une usine à puissance sensiblement constante qui trouve, néanmoins, intérêt à utiliser une partie de son énergie, de ses « chevaux permanents », résultant d'un gros débit sous basse chute, à des opérations électrochimiques et cela parce que les dites opérations lui assurent l'emploi de chevaux de 24 heures. Si cette solution de la meilleure



Vue d'une génératrice à courant continu.

utilisation des chutes n'est pas générale, ce cas particulier — et il doit s'en présenter d'autres — n'en offre pas moins beaucoup d'intérêt.

**Aménagement de la chute.** — Cette usine est située sur la rive badoise du Rhin, à deux kilomètres au-dessus de la petite ville de Rheinfelden. Elle est alimentée par une chute obtenue au moyen d'un barrage établi en travers du fleuve, à un kilomètre en amont. Ce barrage de 197<sup>m</sup>70 de longueur formant déversoir et muni de deux échelles à poisons, relève le plan d'eau de la quantité voulue pour assurer la prise du canal de dérivation, laquelle est commandée par huit grandes vannes à glissières laissant passer aux basses eaux une lame d'eau de 1 mètre d'épaisseur sur 22 mètres de largeur. Le canal, large de 80 mètres, présente une pente régulière de 60 centimètres sur la totalité de sa longueur qui est de 1 000 mètres. La profondeur de l'eau y varie de 3<sup>m</sup>70 en basses eaux à 5<sup>m</sup>30 en hautes eaux. Il n'est séparé du Rhin que par une digue en maçonnerie.

(1) Voir *La Houille Blanche*, 2<sup>e</sup> année, n° 11 (novembre 1903).