

caractéristiques multiples, par des fermetures ou des ouvertures, lentes ou rapides, et d'étudier les répartitions de ces pressions le long des conduites.

Ils ont été amenés à mettre en évidence trois cas remarquables de répartition des pressions :

1° La transmission intégrale qui a lieu dans une conduite à caractéristique constante entièrement purgée dans le cas de fermeture très rapide ; 2° La répartition linéaire qui se produit dans les conduites purgées, dans les conditions qu'a indiquées M. DE SPARRE et qui se produit également dans les conduites munies à leur extrémité aval d'un réservoir d'air ; et 3° la répartition sinusoïdale qui se produit au bout d'un certain temps, dans les conduites entièrement purgées, et qui provient de la déformation des ondes, a été mise en évidence par l'un d'eux.

III. — Les phénomènes de résonance présentent le plus grand intérêt. L'un des auteurs a imaginé un procédé d'analyse harmonique des conduites (robinet tournant), qui lui a permis d'étudier dans les conduites à caractéristique unique et à caractéristiques variables, la résonance du fondamental et de ses divers harmoniques, il a établi théoriquement et vérifié par l'expérience que pour les harmoniques impairs la résonance double la pression et rend le débit minimum.

La méthode du robinet tournant a été appliquée par les auteurs aux conduites industrielles à caractéristiques variables où ils ont mis également en évidence la résonance de la période apparente et celle des harmoniques impairs de la période  $4 \sum \frac{L_i}{a_i}$ . La résonance de la période apparente est particulièrement dangereuse : dans l'une de leurs expériences, ils ont pu, au moyen d'un robinet ayant une lumière de 10 centimètres carrés environ, produire, dans une conduite de 1<sup>m</sup>20 de diamètre alimentant une turbine de 3.500 chevaux, des surpressions égales à trente pour cent de la pression statique.

IV. — L'influence de la perte de charge dans les coups de bélier n'avait jamais été abordée, les auteurs ont montré que, dans les conduites industrielles de longueur moyenne et pour les durées de fermeture ordinairement réalisées, les formules de MM. ALLIÉVI et de SPARRE s'appliquaient à condition de prendre comme pression initiale, la pression statique diminuée de la perte de charge.

V. — Les oscillations en masse ont donné lieu à des études de M. EXPDOUX, relatives aux cheminées d'équilibre, pour lesquelles il a donné un ensemble de formules applicables dans la pratique, il s'est également occupé des accumulateurs hydrauliques, conduites d'eau sous pression, pare chocs, etc., utilisés dans les usines métallurgiques, et il a donné une théorie de ces appareils. M. CAMICHEL a étudié les oscillations en masse qui prennent naissance dans les conduites munies d'un réservoir d'air, il a étendu les résultats trouvés par M. RATEAU, dans son mémoire classique (*Revue Générale de Mécanique*, 1900), au cas de  $n$  poche d'air ; il a donné également un mode de calcul des grands coups de bélier provenant d'oscillations en masse.

VI. — M. Gariel s'est particulièrement attaché à l'étude des maxima de surpression qui se produisent, dans une conduite forcée, sous l'influence du fonctionnement du régulateur de la turbine alimentée ; il a donné des règles simples permettant de résoudre cette question sans avoir recours aux formules théoriques qui exigent des calculs compliqués.

## L'ÉCONOMIE DE LA HOUILLE NOIRE

DANS

### LA FABRICATION DES ÉLECTRODES

#### I. — LES PROCÉDÉS ACTUELS

Les conditions dans lesquelles se trouve actuellement notre Industrie nous font une impérieuse obligation d'économiser les combustibles. L'un des meilleurs moyens d'y arriver est de multiplier les procédés électrothermiques et électrochimiques. On réalisera, de ce fait, au profit de la Nation, une économie de charbon, d'argent, de main-d'œuvre, de transports et de temps : économie de houille, qui ne sera point brûlée dans l'usine ; économie d'argent, car les procédés électriques transportent l'énergie thermique à meilleur compte que les chemins de fer ; économie sur les frais d'extraction de la houille, par réduction de la main-d'œuvre pour extraire cette houille et pour la transporter ; économie de main-d'œuvre aussi pour le convoyeur ; et de tout cela, économie résultante de temps pour l'usine de fabrication.

\*\*

A la base des Industries électrométallurgiques et électrochimiques, il y a la fabrication des Electrodes. Cette industrie a fait, en ces derniers temps, de notables progrès, grâce à l'application de procédés nouveaux, *entièrement électriques*.

Pour que le lecteur puisse nous suivre, et comprendre les avantages des nouveaux procédés, nous allons donner dans la première partie de cette étude, un résumé de la fabrication des électrodes par les méthodes actuelles ; la seconde partie exposera le principe de la méthode électrique.

Le procédé actuellement employé pour préparer les électrodes est dérivé de celui qui a été autrefois imaginé par CARRÉ.

L'opération se fait en quatre phases : 1° Préparation des matières premières ; 2° Agglomération de la pâte ; 3° Pression et Moulage ; 4° Cuisson des pièces.

#### I. — LA PRÉPARATION DES MATIÈRES PREMIÈRES

Les matières premières employées sont : en première ligne la houille, l'antracite, le charbon de cornues, le coke de pétrole, auxquels il faut ajouter, mais seulement, comme accessoires, le graphite naturel, le graphite artificiel et le noir de fumée.

Les charbons arrivent ordinairement à l'usine en blocs assez gros. La première opération à leur faire subir est le broyage, de façon à les amener en morceaux de la grosseur de noisettes. On emploie, dans ce but, des concasseurs formés essentiellement de quatre cylindres accouplés deux à deux et garnis d'étoiles en acier moulé, entre lesquels passe le charbon. Des coussinets, à déplacement réglable, permettent de varier l'écartement des cylindres et, par conséquent, la grosseur des produits du concassage.

Les charbons concassés sont amenés dans des appareils laveurs où les cailloux, schistes, pyrites et autres impuretés sont enlevés par un courant d'eau. Les charbons lavés sont séchés à l'air libre et envoyés au dégazage.

LE DÉGAZAGE ou Cokification enlève aux charbons leurs matières volatiles. Il s'opère dans des cornues réfractaires placées verticalement dans un four chauffé par un gazogène. Ce n'est autre opération qu'une distillation pyrogénée, effectuée à peu près comme s'il s'agissait de fabriquer du gaz d'éclairage. A la sortie des cornues de dégazage, les charbons sont jetés dans des étouffoirs montés sur wagon-

nets et sont ainsi refroidis, à l'abri du contact de l'air, afin d'empêcher les pertes par combustion.

La matière première dégazée est donc en fragments gros comme des noisettes. Avant de l'agglomérer, on la concasse jusqu'à la réduire en poudre fine. Les appareils employés pour ce travail sont : les désintégrateurs avec leurs bluteries ; les broyeurs à boulets ; ou encore les broyeurs avec séparateur à air.

LES DÉSINTÉGRATEURS sont des appareils composés de tambours tournant à grande vitesse et dans lesquels le charbon est broyé par sa projection contre l'enveloppe de l'appareil sous l'effet de la force centrifuge ; le produit est alors envoyé dans des bluteries qui séparent les grains selon leur grosseur.

LES BROYEURS à boulets sont des machines où le charbon est introduit avec de lourds boulets métalliques, dans des caisses cylindriques tournant autour de leur axe ; ces boulets sont continuellement projetés sur la matière, qui est ainsi broyée.

Dans les broyeurs *avec séparateur à air*, l'introduction de la matière à broyer se fait au centre d'un ventilateur disposé horizontalement, qui aspire les parties fines arrivant au centre et les projette contre une enveloppe en tôle, qui entoure l'ensemble de l'appareil. Comme les fragments de poussière possèdent une densité plus grande que l'air, ils sont projetés à une plus grande distance et viennent frapper contre cette enveloppe ; ils tombent à la partie inférieure, tandis que l'air débarrassé de la poussière qu'il contenait, retourne à l'aspiration du ventilateur où il se recharge de poussière, et ainsi de suite. L'air décrit, par conséquent, un mouvement circulaire continu. Les fragments non réduits en poussière et séparés de celle-ci retournent au broyeur.

## II. — L'AGGLOMÉRATION ET LE MOULAGE DES MATÉRIAUX

L'AGGLOMÉRATION comprend le mélange et malaxage de la poudre de charbon avec le goudron, de façon à former une pâte homogène. Cette opération comprend elle-même deux phases distinctes : mélange du goudron et du charbon ; malaxage ou pétrissage.

A l'atelier d'agglomération, les goudrons préparés dans des cuves munies d'agitateurs mécaniques et chauffés à la vapeur, descendent par une canalisation spéciale dans les appareils où ils sont mélangés à la poussière de charbon.

Le mélange s'effectue au moyen d'appareils pétrisseurs-mélangeurs, composés d'une auge placée sur un solide bâti, dont la partie supérieure est en forme de caisse carrée et la partie inférieure composée d'un demi-cylindre, dans lequel se meuvent deux agitateurs à palettes, à axe horizontal. L'auge est à double enveloppe avec circulation de vapeur et elle est reliée par des tuyaux flexibles au générateur de vapeur, afin de permettre le renversement de la caisse malaxeuse pour le vidage.

La pâte obtenue est versée sous des meuletons à *meules valseuses*, qui doivent la triturer pendant un certain temps, afin d'unir intimement le goudron au charbon et rendre la masse plus homogène.

La matière, au sortir des meules à triturer, a l'apparence de plaques homogènes. Elle est alors envoyée à l'atelier de moulage.

LE MOULAGE DE LA MATIÈRE AGGLOMÉRÉE doit être effectué de façon que cette matière soit à la fois foulée et moulée. Ce double effet est obtenu, dans les petites installations, par pilonnage dans des moules, et dans les grandes usines en forçant, par l'emploi de très puissantes presses hydrauliques, la matière à passer à travers une filière. Dans ce dernier

cas, le filage des électrodes étant continu, un couteau spécial les coupe aux longueurs voulues.

## III. — LA CUISSON DES PIÈCES MOULÉES

L'électrode est faite : reste à la cuire, à l'abri de l'air, pour la débarrasser des produits volatils et transformer en carbone de liaison le goudron qui a servi à l'agglomérer.

Pour cela, les électrodes sont enfermées, soit dans des creusets, soit dans des cazettes en brique réfractaire, l'espace vide entre l'électrode et les parois intérieures étant rempli de poussière de coke. Ces cazettes sont disposées en grand nombre dans les chambres d'un four à gazogène et à récupération, du type des fours à feu tournant et continu. Sous l'influence de la chaleur, une partie du goudron distille, mais une grande partie de cet agglomérant est dissociée en hydrogène et carbures volatils d'une part et, d'autre part, en un résidu de carbone, sorte de pâte liant les grains de charbon de l'électrode.

L'électrode cuite, sortie du four et refroidie, est portée à l'atelier de découpage où des scies et machines perforatrices, permettent de lui faire une tête en rapport avec les procédés de suspension adoptés dans les diverses applications.

L'électrode terminée est soumise à des épreuves qui renseignent sur sa qualité ; c'est d'abord la mesure de sa *résistivité* électrique, qui indique immédiatement si elle répond à l'usage auquel elle est destinée ; c'est encore *le son* qu'elle donne lorsqu'on la frappe avec un marteau : une bonne électrode, bien cuite, sans fissures, doit *sonner* « comme une cloche ». La bonne qualité d'une électrode dépend encore de son poids spécifique, de sa teneur en cendres *et surtout* : de sa *structure* et de l'homogénéité de sa cuisson.

Pour les électrodes destinées à la fabrication électrique des aciers, les dosages du soufre et du phosphore sont de la plus grande importance. Les dosages de la silice et du fer sont importants pour les électrodes destinées à plusieurs opérations électrométallurgiques, notamment la fabrication de l'aluminium.

Avant d'employer les électrodes à certaines opérations *électrochimiques*, on leur fait subir un *graphitage*, qui consiste, comme cette expression l'indique, à transformer en graphite la surface extérieure du charbon constituant l'électrode. Le but est d'augmenter la résistance des charbons aux agents chimiques et de les rendre plus compacts et plus denses.

On arrive à transformer superficiellement les électrodes en graphite, en les portant au rouge blanc par un courant électrique.

Telle est dans ses grandes lignes la fabrication des électrodes ainsi qu'elle se pratique actuellement.

Comme nous l'avons déjà dit, les procédés électriques vont, non seulement permettre d'obtenir les mêmes produits *sans dépense de houille noire* qui est considérable, mais encore améliorer la qualité des électrodes par le principe même de la cuisson électrique.

Toutefois, nous tenons, avant d'aborder l'étude de cette nouvelle fabrication, à signaler les trois grands perfectionnements réalisés dans les procédés actuels par la Société Française des Électrodes avantageusement connue en France et à l'étranger par les électrométallurgistes et électrochimistes.

## II. — LES PROCÉDÉS ÉLECTRIQUES

Au début de cette étude, nous avons dit l'impérieuse nécessité qui s'impose à tous les employeurs de notre houille noire d'en restreindre leurs achats à l'étranger, en étudiant

toutes les applications où notre houille blanche doit se substituer avec une notable économie *aux gouffres de charbon que sont les fours à mouffles en certaines fabrications*, notamment celle des électrodes. Nous commençons donc, puisque c'est l'élément capital à considérer, par l'étude comparative du coût des calories dépensées par tonne d'électrode fabriquée dans les deux méthodes de fabrication.

Les chiffres suivants résultent d'essais concluants que la pratique industrielle améliorera certainement. Nous n'indiquons ci-après que les données expérimentales des procédés électriques, la réalisation des appareils industriels étant l'objet de brevets en instance sur lesquels il nous est interdit jusqu'à nouvel ordre de donner aucune indication.

**CALCUL DE LA DÉPENSE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE**

Ce calcul est fait pour une production de *cinq tonnes par 24 heures, soit de 1.500 tonnes par an.* — Il est basé, avons-nous dit, sur des faits d'expérience.

Tant pour le dégazage des charbons constituants que pour la cuisson des électrodes moulées, on se bornera à l'obtention de 1200° C. *au sein de la masse.* Dans les fours à houille, la température peut atteindre 1.400° C. à l'extérieur des mouffles, mais elle ne dépasse pas 1.200 C. à l'intérieur et, dans ce cas, *les calories passent progressivement de la surface au centre du corps chauffé.* Avec le courant électrique chauffant ce corps par *Effet Joule*, les calories sont dégagées simultanément *dans tous les points de la masse* et cette homogénéité de chauffage donne de bien meilleurs résultats.

**FOUR A DÉGAZER LA HOUILLE ET L'ANTHRACITE**

Pour porter en 24 heures à 1200° C. 5.000 kilos de houille, ou d'antracite dont la chaleur spécifique est au maximum de 0,6, il faut employer :

$$5.000 \text{ kilos} \times 0,6 \text{ calories} \times 1.200^\circ \text{ C.} = 3.600.000 \text{ gr}^{\text{des}} \text{ calories.}$$

En 24 heures, cette dépense correspond à la production de :

$$\frac{3.600.000 \text{ calories}}{24 \text{ heures} \times 60 \text{ min.} \times 60 \text{ sec.}} = 41,67 \text{ calories à la seconde.}$$

Or, une grande calorie ayant pour équivalent thermique 4 kw. 2, pour avoir cette quantité de calories par seconde, il faut employer théoriquement :  $4,2 \times 41,67 = 175$  kilowatts, en marche continue pendant 24 heures.

Les divers appareils qui vont recevoir cette énergie ont des rendements thermiques différents.

Considérons d'abord le four à dégazer les charbons :

Du type « à Cuve », à charges coulantes, chauffées dans la partie médiane de la cuve et refroidies au fur et à mesure de leur descente vers la sortie, ce four à charge et décharge mécaniques, à marche continue, ayant ses parois très calorifugées dans la zone de chauffe, est susceptible d'un très bon rendement thermique. Il ne sera cependant évalué qu'à 60 pour 100. L'appareil alimenté par du courant alternatif fonctionnera avec un *cosinus* au moins égal à 0.85.

Dans ces conditions, pour dégazer cinq tonnes d'antracite à 1.200° C., cet appareil devra avoir une puissance de :

$$\frac{175 \text{ kilowatts}}{\text{cosinus } 0,85} \times \frac{100}{60} = 343 \text{ kilowatts}$$

pendant 24 heures : ce qui représente une consommation d'énergie de :  $343 \times 24 = 8.232$  kilowattheures soit, en comptant largement, 8.250 kilowattheures.

Cette énergie, comptée à raison de 0 fr. 025 le kilowattheure, donne une dépense journalière de :

$$8.250 \times 0,025 = 206 \text{ fr. } 25 \text{ (soit } 41 \text{ fr. } 25 \text{ par tonne).}$$

**APPAREIL A MOULER ET FOUR A CUIRE.**

LE MOULAGE de la pâte d'électrode, qui est préparée comme dans les procédés actuels est, ici, obtenu par pilonnage électromécanique, agissant d'une façon très énergique sur des couches minces tenues chaudes et se superposant dans des moules verticaux, ce qui produit une compacité bien supérieure à l'ancien pilonnage à main, et réalise une homogénéité de l'agglomération dans la section transversale des pièces ainsi moulées bien meilleure qu'à la presse à tréfiler.

LE FOUR A CUIRE est, en principe, formé d'un ensemble de compartiments de chauffe susceptibles de contenir chacun 1.250 kilog. d'électrodes qui sont, dans un ordre méthodique, alternativement vides et à la température de 50 à 60° C. aux temps de leur déchargement et de leur recharge, puis amenés progressivement à la température de 1.200° C. dans la masse des électrodes contenues, *directement traversées par le courant* qui en opère bien régulièrement la cuisson dans tous les points à la fois de la section, ce qui constitue une très grande supériorité sur la cuisson dans les mouffles des fours à houille et permet d'obtenir des produits de plus grande qualité.

Le cycle des opérations comporte le processus suivant : la température de 1.200° C. étant progressivement atteinte en quarante-huit heures, puis maintenue pendant un temps égal, l'ensemble des opérations de chargement, chauffe, cuisson, refroidissement et défournement a lieu en quatorze jours, huit compartiments à la fois y participant, de façon à réaliser la production journalière de cinq tonnes.

LA DÉPENSE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE sera dans ces conditions :

1° Pendant les 24 premières heures de chauffe, la température étant amenée seulement à 500° C., et le rendement du four n'étant, en moyenne, pendant cette durée, que de 30 pour 100, la puissance à fournir devra être :

$$\frac{5.000 \text{ kilos} \times 0,6 \text{ calorie} \times 500^\circ \text{ C.} \times 4,2}{0,85 \times 24 \text{ heures} \times 60 \text{ min.} \times 60 \text{ sec.}} \times \frac{100}{30} = 286 \text{ kw. h.}$$

pendant 24 heures, ce qui représente :

$$286 \text{ kw. h.} \times 24 \text{ heures} = 6.864 \text{ kilowattheures, soit } \dots \dots \dots 6.864 \text{ kw.h.}$$

2° Pendant les 24 heures suivantes, la température est portée de 500° à 1.200° C., et le rendement du four passe à 50 pour 100. En faisant les mêmes calculs que ci-dessus, on trouve une puissance à fournir de 240 kilowatts, pendant 24 heures, qui représente... 5.760 kw.h.

3° Dans les 48 heures de marche suivantes durant lesquelles on se borne à tenir la température à 1.200° C., il n'y a plus à fournir d'énergie électrique que pour compenser les pertes, par rayonnement calorifique extérieur des parois du four. Elles représentent approximativement... 8.600 kw.h.

La dépense totale est donc, en chiffres ronds, de... 21.000 kw.h.

qui, à raison de 0 fr. 025 le kilowattheure, fait ressortir, pour les 5 tonnes journalières, le prix de 525 francs (soit 105 fr. par tonne).

Finalement, le coût total par tonne de dégazage et cuisson ressort à :  $41 + 105 = 146$  francs.

RÉCUPÉRATIONS THERMIQUES. — Dans les calculs précédents, il n'est pas tenu compte de la récupération des calories à provenir : des 400 kilog. environ d'hydrocarbures gazeux

que l'on peut recueillir au gueulard du four à dégazer, ainsi que des 200 kilog. de gaz du brai agglomérant les électrodes qui sortent du four à cuire.

Ces récupérations représentent un nombre de calories non négligeables compensant les pertes thermiques du four de cuisson.

**FRAIS DE PREMIER ÉTABLISSEMENT**

C'est en tenant compte de ce procédé de fabrication, que les tableaux suivants groupent des chiffres qui permettent de comparer :

1° Le coût d'établissement, d'abord avant la guerre et actuellement, d'une fabrique de 1.500 tonnes d'électrodes par an ;

2° Les prix de revient actuels dans la fabrique travaillant au charbon, avec ceux de l'usine n'employant que le courant électrique.

**DÉPENSES COMPARATIVES D'INSTALLATION**

APPAREILS DE FABRICATION	ANCIEN SYSTÈME		Procédé électriq.
	Avant guerre	Aujourd'hui	Actuellement
MATÉRIEL DE			
Broyage, malaxage, moulage.....	35.000 fr.	145.000 fr.	130.000 fr.
Four à dégazer les charbons.....	25.000 »	75.000 »	70.000 »
Four de cuisson des électrodes.....	40.000 »	120.000 »	180.000 »
Appareillage électrique.....			120.000 »
Bâtiments (prix moyens).....	250.000 »	600.000 »	460.000 »
<b>TOTAL</b> .....	<b>350.000 »</b>	<b>940.000 »</b>	<b>960.000 »</b>

**PRIX DE REVIENT COMPARATIFS**

ÉLÉMENTS du PRIX de REVIENT	ANCIEN SYSTÈME		Procédé électriq.
	Avant guerre	Aujourd'hui	Actuellement
Anthracite et Houille.... 1.400 T.	70.000 fr.	210.000 fr.	210.000 fr.
Brai et Agglomérants.... 350 T.	28.000 »	70.000 »	70.000 »
Dégazage, Cuisson au coke 2.500 T.	75.000 »	420.000 »	contre 220.000 »
Dégazage et Cuisson électriques ...			
Main d'Œuvre, Entretien, Divers ..	65.000 »	140.000 »	120.000 »
Frais généraux d'administration....	40.000 »	90.000 »	80.000 »
<b>TOTAUX</b> .....	<b>278.000 »</b>	<b>930.000 »</b>	<b>700.000 »</b>
Prix de revient par tonne.....	186 »	620 »	466 »

**PUISSANCE ÉLECTRIQUE ET EMBLEMES NÉCESSAIRES**

Pour le four à dégazer....	400 kw.	400 m <sup>2</sup>
Pour le four de cuisson...	800 kw.	800 m <sup>2</sup>
Pour les services accessoires	150 kw.	1.200 m <sup>2</sup>

Total minimum.... 1.350 kw. 2.400 m<sup>2</sup>

La construction ci-dessus prévue des fours et l'organisation mécanique des opérations de la fabrication est supposée faite avec toutes les conditions de solidité et de perfection voulues, aux prix actuels.

La capacité de cette usine a été choisie pour correspondre à une usine électrométallurgique employant 12 à 15.000 kilowatts dans des fours électriques.

Cette fabrication sur place économiserait donc d'abord le transport d'un très gros tonnage de charbon et, ensuite, en ferait l'économie. Ce que nous voulions démontrer dans l'intérêt de la prospérité de l'industrie française.

Isidore BAY, Ingénieur.  
Electrochimiste

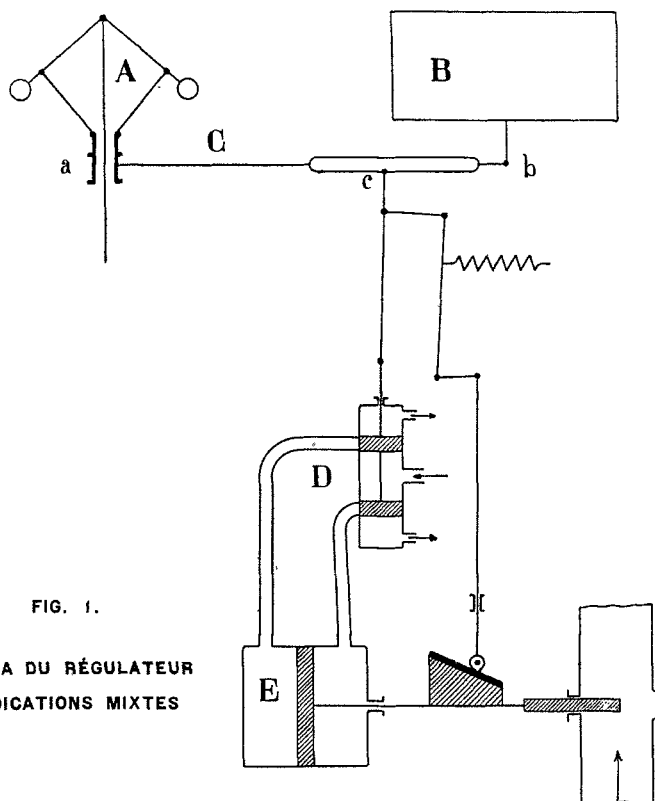
**NOUVEAU RÉGULATEUR**

**A ACTION INDIRECTE ET A INDICATION MIXTE**

par MM. BARBILLION et CAYÈRE

Dans ce régulateur (fig. 1), le tiroir du servo-moteur de vannage est lié à un point c du levier C, les extrémités du levier C sont liées : l'une a à un tachymètre A qui donne à a une levée proportionnelle à l'écart de vitesse, l'autre b à un indicateur d'accélération B qui donne à b une levée proportionnelle à l'accélération.

Le levée de c dépend donc à la fois de l'écart de vitesse et de l'accélération.



1° Si la vitesse est trop grande et augmente, a et b sont soulevés, c aussi par conséquent, le servo-moteur est actionné pour fermer le vannage ;

2° Si la vitesse est trop grande mais diminue, a est soulevé, b est abaissé ; il arrive donc un moment où c revient à sa position moyenne, ce qui immobilise le servo-moteur de vannage à un moment où la vitesse encore trop grande se rapproche de sa valeur de régime ;

3° Si la vitesse est trop petite et diminue, a, b, c, sont tous trois abaissés et le servo-moteur ouvre le vannage ;

4° Si la vitesse est trop petite mais augmente, le servo-moteur, en raison des déplacements inverses de a et b se trouve débrayé à un moment où la vitesse encore trop faible a tendance à se rapprocher d'elle-même de sa valeur de régime.

Ces quelques considérations permettent de voir que le régulateur décrit a un fonctionnement bien supérieur à celui d'un régulateur indirect où le tiroir du servo-moteur serait conduit directement par le tachymètre. L'indicateur d'accélération produit le même effet que l'asservissement utilisé dans les régulateurs indirects ordinaires, il avance l'instant du débrayage.