

~~B~~

Nr. 5212

Politechnika Warszawska

PARIS. EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ. 1881.

# DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ

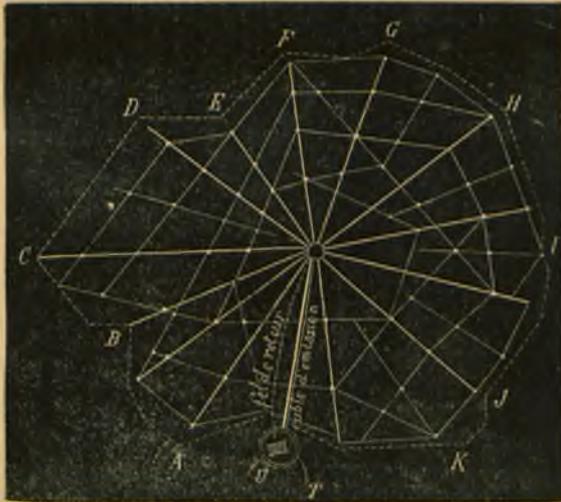
à domicile

PAR CANALISATION

POUR TOUTES LES APPLICATIONS

PAR

A. GRAVIER.



24 figures dans le texte.

VARSOVIE.

IMPRIMERIE DE JOSEPH UNGER.

Rue Nowolipki N° 2406 (3).

1881.

21027.

~~B~~

Nr ~~5212~~

Politechnika Warszawska

BIBLIOTEKA  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ  
Warszawa, Plac Politechniczny 1

~~B. 5212~~

Дозволено Цензурою.

Варшава, 21 Августа 1881 года.



№ 162

~~264-890-542~~

BZ07PK/010-24

# DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ

PAR CANALISATION.

---

Notre distribution de l'électricité comprend:  
les moyens de production  
„ de distribution  
et de transformation de l'électricité.

---

## 1. GÉNÉRATEUR D'ÉLECTRICITÉ. (1)

Les appareils créés par M. Gravier sont le résultat de longues études, de nombreuses expériences. Ils n'ont reçu la forme définitive que nous présentons ici qu'après des changements et des modifications innombrables. Aussi croyons-nous qu'il n'y a plus rien d'important à y ajouter. On en jugera.

---

---

(1) Le mot générateur n'est employé ici que dans un sens figuratif; on sait parfaitement qu'on ne produit pas plus l'électricité qu'on ne produit de l'eau ou de l'air lorsqu'on pompe et qu'on fait passer par ce moyen, ces deux corps d'une pression  $p$  à une pression  $P$ .

## Type élémentaire de 4 chevaux.

---

**Inducteur.** Le plus petit modèle que nous construisons, se compose de deux électro-aimants hémicirculaires réunis par leurs pôles de même nom (fig. 1). C'est un anneau en fer fondu sur lequel on enroule 30 kilogrammes de fil de cuivre de  $\frac{35}{10}$  de millimètre. Il est fixé au moyen de boulons sur piédestal en fer fondu portant les deux paliers.

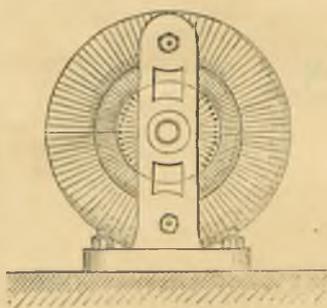


Fig. 1.

Ces deux paliers n'ont rien de particulier si ce n'est qu'ils n'ont pas besoin de graissage.—A l'occasion des frotteurs que nous décrirons plus loin nous indiquerons les dispositions qui ont été prises pour atteindre ce but.

**Induit.** La bobine induite qui ressemble à celle de M. Gramme n'a qu'un trait commun avec celle-ci c'est l'enroulement du fil induit, disposition indiquée par le professeur Pacinoti. *Son noyau n'est pas en fil de fer mais fait d'une seule pièce en fer fondu et tourné.* Cette simplification importante est la conséquence de la forme rationnelle de l'inducteur, fig. 1.—Un tel cylindre, placé, et tournant au milieu de l'inducteur annulaire AB, est magnétisé. Les courants induits sont particuliers. On n'y retrouve pas les courants de Foucault,—de tels courants ne peuvent se fermer.

On le couvre du plus grand nombre possible de bobines. Pour ce type élémentaire, nous en mettons 54, en fil de  $\frac{15}{10}$ , qui donnent une longueur totale de 270 m. et une résistance de 0,60 ohms.

Pour les dimensions et le poids de l'inducteur, l'expérience nous a démontré que le diamètre de  $\frac{15}{10}$  de  $\frac{m}{m}$  est le meilleur pour le fil induit.

Son montage sur l'arbre est des plus simples, des plus sûrs et des plus soignés. La fig. 2, ci-contre, à l'aide de la légende qui suit, le fera parfaitement ressortir.

a. b.—Anneau garni de son fil.

1. 1.—Cylindre en bois formé de 6 pièces tournées coniquement à l'intérieur.

2. 2.—Bague en caoutchouc pour maintenir ensemble les 6 parties du cylindre 1. 1.

3. 3.—Feutre garnissant toute la surface du cylindre pour donner aux fils de l'anneau un contact moelleux.

4. 4.—Deux cônes en bois qui servent à presser les 6 parties du cylindre 1. 1. contre les fils et à rendre le tout solidaire de l'axe 5 au moyen d'écrous et contre-écrous 6. 6.

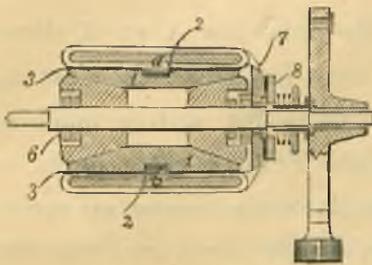


Fig. 2.

7.—Disque en ébonite fixé sur les cônes 4.—Il porte 54 pièces en cuivre rayonnantes auxquelles viennent se fixer par soudures le bout d'entrée et le bout de sortie de deux bobines consécutives. Ce disque et les 54 pièces collectrices qu'il porte constituent le collecteur.

8. 8.—Recueilleurs de courant.—Ce sont deux pièces de cuivre fixées, mais isolées entre-elles, sur un disque métallique. Un fort ressort d'acier les presse sur les collecteurs. Deux collecteurs ou même trois sont toujours en prise avec leur recueilleur. Ce contact étant relativement très grand,  $600\text{m}^2$  ou  $900\text{m}^2$ , il n'y a pas d'étincelles et non plus d'usure des parties frottantes.

Voici les dispositions qui ont été prises pour obtenir ce résultat.

Les frotteurs sont disposés comme l'indique la fig. 3.—Plusieurs rangées d'alvéoles sont pratiquées dans le métal et remplies par des chevilles de carbone. La surface est ensuite parfaitement dressée et nivelée suivant la plaque 8.

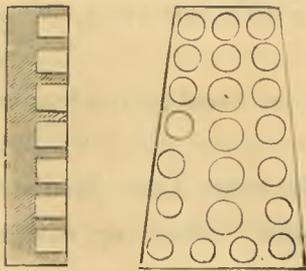


Fig. 3.

La bobine, en tournant, fait que les deux surfaces en contact se recouvrent de carbone et se polissent réciproquement. Cette surface n'est aucun obstacle pour le courant et empêche l'échauffement mais surtout l'usure.

C'est ce même moyen, breveté, que nous employons pour les coussinets qui reçoivent des axes légers et à grande vitesse.

Une machine dynamo-électrique placée dans ces conditions de fonctionnement n'a besoin d'aucun graissage—bien mieux,—le graissage est interdit—d'aucun entretien ni d'aucune surveillance. Elle peut marcher indéfiniment sans arrêt.

## Modification des inducteurs.

Dans le dispositif ci-dessus indiqué (fig. 1). les polarités A et B, déterminées par le passage du courant, rayonnent dans tous les sens. Ce n'est pas un inconvénient, mais c'est une perte représentée dans les autres machines par, au moins, trente kilogrammètres. Il est possible d'éviter cette perte. — Pour y arriver, tout en conservant la forme annulaire, la seule bonne et rationnelle, nous avons pris les dispositions suivantes représentées fig. 4 qui ont pour

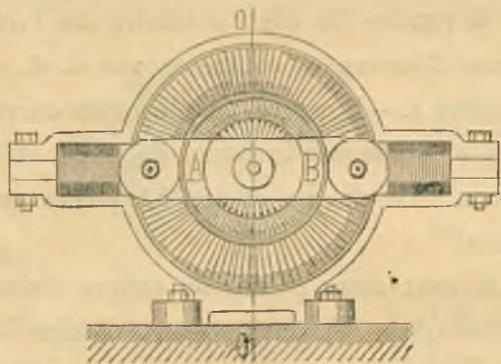


Fig. 4.

effet de concentrer sur l'induit tout le champ magnétique de l'inducteur. Dans ce dernier dispositif, tout aussi bien que dans le premier, non seulement les pôles A et B sont mis à contribution, mais encore toutes les parties et notamment la ligne neutre O O', résultante de toutes les actions électro-magnétiques du système.

Comme l'action inductrice devient plus puissante, par suite de l'arrangement décrit, nous avons trouvé qu'il est possible de faire travailler d'avantage la machine. En conséquence, pour l'induit, au lieu de fil de  $15/10$ , nous mettons du fil de  $21/10$  sous une longueur égale; ce qui donne, avec un travail double, une intensité, deux fois plus grande. Le type de 3 chevaux devient, par ce fait, notre type normal de 6 chevaux.

Ces machines donnent une force électro-motrice de 80 à 100 volts, ce qui est suffisant pour la lumière électrique.

Elles peuvent être employées individuellement ou en nombre quelconque qu'on est maître de grouper comme on veut.

Lorsqu'elles sont employées isolément, leurs inducteurs sont garnis de 30 kilogrammes de fil ayant une résistance de 15 ohms. Dans ce cas les inducteurs sont alimentés par la distribution.

Employées en groupe de 6 au moins, les inducteurs conservent le fil de  $35/10$ , sont réunis en tension et alimentés par la distribution. Les induits qui, seuls, doivent être considérés comme Source, sont groupés suivant les besoins.

## Types B. 2B. 3B.

Lorsqu'il s'agit de grandes installations, le type de six chevaux, que nous venons de décrire, devient assez coûteux à cause de sa multiplicité et de la complication des mouvements. Nous avons dû créer un type plus puissant que nous représentons en vue de face, fig. 5, laquelle suffit pour le faire comprendre.

Il se compose d'un anneau inducteur en fer fondu, à 6 points consécutifs, enveloppé de 90 kilogrammes de fil ayant une résistance totale de 6,66 ohms.

Chaque point consécutif A, B, A', B', A'', B'', est disposé d'après le plan de la fig. 4, de façon à ramener sur l'induit tout le rayonnement magnétique des pôles A, B, A', B', A'', B''.

Extérieurement les prolongements de ces pôles sont réunis par des culasses C, C', C'', C'''... qui enveloppent l'anneau en formant une figure hexagonale et deux étoiles à 6 branches qui forment en même temps paliers.

Les électro-inducteurs sont réunis en tension et alimentés par la distribution. Les courants induits sont recueillis par six frotteurs disposés de la manière que nous avons dite. L'anneau induit, dont ils proviennent, ne diffère en rien, si ce n'est par ses dimensions, de l'anneau du type 6 chevaux. Il emploie un travail de 20 chevaux.

Après ce type nous avons le type C à 10 points consécutifs qui emploie une force de 30 chevaux.

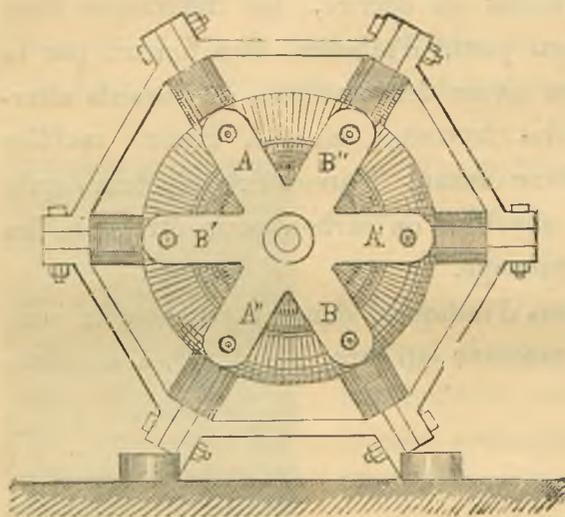


Fig. 5.

Remarque: Mais comme les types B et C peuvent être doublés, triplés, et disposant sur le même axe un deuxième, un troisième anneau, nous avons, avec ces deux types le 2B, le 3B, le 2C, le 3C, qui auront besoin respectivement de 40, 60, 60 et 90 chevaux.

---

Notons bien que les courants induits de ces machines peuvent être recueillis comme s'il s'agissait d'éléments voltaïques.

---

## Machines à courants alternatifs.

---

Avec les machines que nous venons de décrire, les inducteurs étant entretenus par une source extérieure, qui peut, d'ailleurs, être fournie par la machine même, rien de plus simple pour avoir des machines à courants alternatifs. Il suffit de fixer la position des frotteurs, de les rendre mobiles avec l'anneau induit et d'ajouter sur l'axe autant d'anneaux collecteurs qu'il y a de frotteurs. Ces anneaux seront chevillés de carbon pour être dans les mêmes conditions de frottement sans graissage.

Si les dispositions que nous venons d'indiquer, dans ce paragraphe, sont prévues d'avance, on aura, en fait, une machine qui sera, à volonté, à courants continus ou à courants alternatifs.

---

## Machine sans frotteurs pour courants continus.

---

Nous avons défini cette machine dans divers mémoires qui ont été déposés, sous pli cacheté, au secretariat de la société d'encouragement, au commencement de l'année 1880, et qui ont été annexés à une demande de brevet en date du 21 Avril de la même année.

Nous en donnerons ici une description nouvelle.

Cette machine est représentée fig. 6, en coupe, suivant l'axe. La légende ci-après la fera parfaitement comprendre.

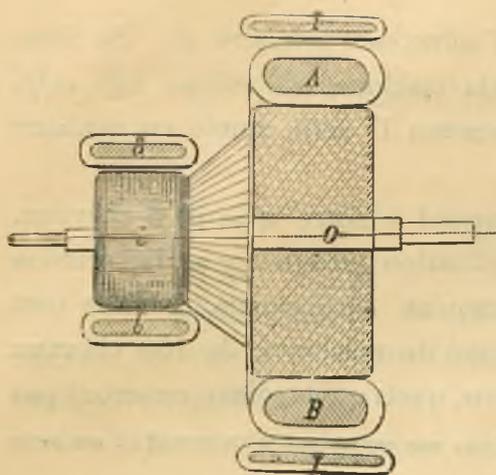


Fig. 6.

a. b. Electro-aimant inducteur annulaire à 2 points consécutifs au milieu duquel tourne un anneau  $i$  induit, le tout disposé comme une des machines simples que nous avons décrite plus haut, mais sans frotteurs d'aucune espèce.

A. B. Electro-aimant annulaire à deux points consécutifs, monté et fixé sur l'arbre  $o$ , tourne avec l'anneau  $i$ . Son noyau, qui est, comme tous les autres en fer fondu ou en tôle mince juxtaposée, est armé de dents comme l'in-

dique la fig. 7. Il a des dimensions suffisantes pour pouvoir y placer 30 kilogrammes de fil ayant une résistance de 10 ohms, cinq fois plus grande que celle de la bobine  $i$ .

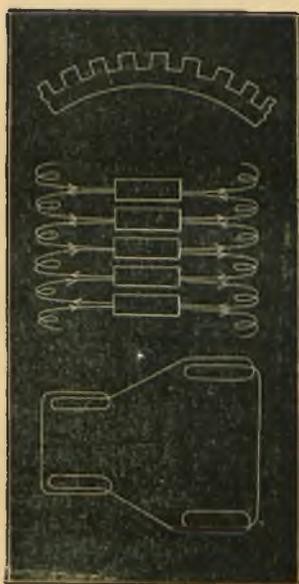


Fig. 7. 8. 9.

c. Collecteurs rayonnants, cylindriques ou coniques. A chacune des pièces du collecteur viennent, d'un côté, le bout d'entrée et le bout de sortie de deux hélices consécutives de l'anneau induit  $i$  et, du côté opposé, le bout d'entrée et le bout de sortie de deux hélices consécutives de l'anneau inducteur A B. La fig. 8 montre cette disposition et la marche des courants de l'induit primaire à l'inducteur secondaire.

La fig. 9. montre une deuxième disposition; chaque hélice de l'anneau  $i$  est réunie à l'hélice correspondante de l'anneau A B, en sorte que chaque paire d'hélices de l'anneau  $i$  forme, avec chaque paire d'hélices correspondantes de l'anneau A B, un circuit complet toujours fermé. Les hélices sont ici en quantité.

Cela étant, dans l'un ou l'autre des deux systèmes, le courant induit de l'anneau  $i$  passe à l'anneau inducteur A B justement aux points où se trouveraient placés les balais, frotteurs, dans le cas ordinaire.

I I, anneau extérieur fixe couvert de 7,5 kil. de fil présentant une résistance de 0,35 ohms. Par le fait de la rotation du double système, l'anneau fixe I I est induit de courants continus dont la distribution dispose à son

gré; une partie de ce courant est fourni à l'inducteur primaire *ab*. Sa force électro-motrice sera, d'après la puissance de la machine, de 80 ou 100 volts à 160 ou 200 volts, suivant que le fil de l'anneau II sera couplé en quantité ou en tension.

La grandeur de l'appareil décrit correspond à notre type de 6 chevaux.

Cette disposition entraîne quelque complication puisqu'il y a, là, réunion de 2 machines; mais elle aura son utilité lorsqu'on sera amené, comme tout le fait espérer, dans un temps prochain à l'emploi de machines, de 100 chevaux par exemple, et au delà, où les systèmes à frotteurs, quels qu'ils soient, ne seront pas employables. Le frotteur quel qu'il soit, représente toujours une consommation de travail et une perte ou affaiblissement du courant.

---

## Machine sans frotteurs

### pour courants alternatifs.

---

Pour obtenir des courants alternatifs il suffit de faire passer le courant de l'anneau *i* dans l'anneau A B, en employant la 2-e disposition et en alternant les courants, dans celle-ci, par leur mode d'attachement; le diagramme fig. 10 fera comprendre notre pensée.



Fig. 10.

La commutation magnétique et la commutation électro-magnétique, qui sont la base de ce système, ont amené des conséquences inattendues mais d'une importance majeure.

Nous sommes arrivé, par ce moyen, à la création d'un appareil transformateur de courants, lequel est indispensable dans une distribution d'électricité.

---

## 2. TRANSFORMATEUR DE COURANTS.

---

### Définition.

Le transformateur de courants est un appareil qui a pour but, un courant de valeur  $EI$  étant donné, de modifier  $E$  ou  $I$ , suivant le besoin sans changer le produit.

Dans une distribution d'électricité à domicile, l'usine ne peut fournir toutes espèces de courants. Pourtant, les usages variés de la consommation ne pourront se contenter d'un courant de 100 volts, par exemple: les uns auront besoin d'une force électro-motrice considérablement plus grande, d'autres ne seront satisfaits qu'avec une force électro-motrice considérablement plus petite.

Le transformateur était donc une chose indispensable.

Il est venu en son temps et complète d'une façon très-heureuse notre distribution.

Un courant étant donné, il peut le transformer en courant de tension ou de quantité, continu ou alternatif.

Si l'appareil en question fonctionne automatiquement, le courant donné sera simplement transformé.

Si, au contraire, une force extérieure intervient, le courant donné n'est pas seulement transformé, le courant produit a une valeur  $EI$  proportionnelle au courant donné et au travail consommé.

Cet appareil étant absolument nouveau, sans précédent, nous entrerons ici dans des détails plus grands.

---

## Inducteur et transformateur de courants.

### Démonstration.

Soit, fig. 11, un aimant annulaire à deux points conséquents A et B.

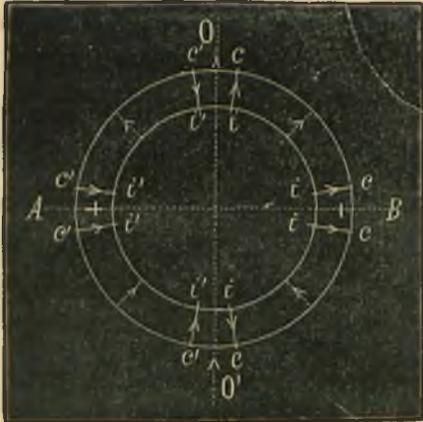


Fig. 11.

Supposons qu'une petite hélice enveloppant l'aimant AB se déplace circulairement de O en B, de B en O' de O' en A et enfin de A en O.

Ces mouvements successifs et de même sens donnent lieu:

de O en B à un courant induit	$c\ i$
	←
de B en O'                   "           "	$c\ i$
	←
de O' en A                   "           "	$c'\ i'$
	→
et de A en O               "           "	$c'\ i'$
	→

courants recueillables, en tension, aux points O et O' ou en quantité à gauche de la ligne OO' d'une part, et à sa droite d'autre part.

Il est bien visible, dans cette disposition, que le champ magnétique et la résultante OO' sont totalement utilisés au profit de l'induction puisque l'induit, comme dans la bobine de Rumkorff, enveloppe l'inducteur.

Là est le type idéal de l'induction magnéto-et dynamo-électrique.

Mais, pratiquement, la construction que nous venons de supposer est irréalisable.

On y parvient pourtant en employant la

### Commutation électro-magnétique

que nous avons définie ailleurs et dont nous avons été l'initiateur. (Brevet français du 21 Avril 1880).

Voici comment:

## Construction

### 1<sup>o</sup> pour la production des courants continus.

Nous formons un anneau en fer: fil de fer, comme dans la bobine de Rumkorff ou l'anneau de Gramme; tôle de fer enroulée comme le fil ou bien découpée avec la forme voulue et juxtaposée ou plus simplement en fer fondu.

Cet anneau est ensuite enveloppé d'une série d'hélices en cuivre disposées d'après les méthodes connues. Elles auront la résistance nécessaire pour utiliser au mieux un courant donné et le poids qui convient pour obtenir le plus grand effet magnétique sur la masse de fer de l'anneau.

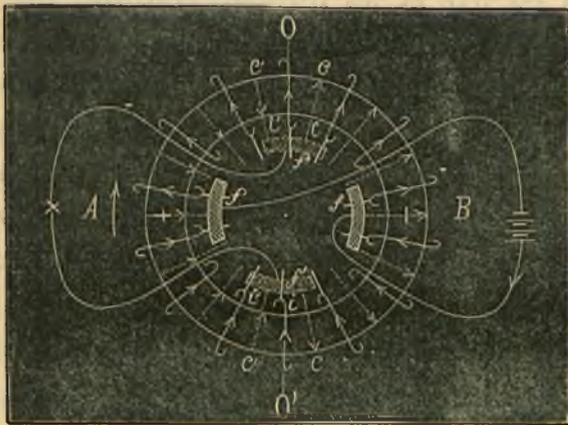


Fig. 12.

Si, à l'aide de deux frotteurs ff, fig. 12, nous faisons passer, dans le système, le courant d'une source extérieure, nous aurons, cela est visible, un électro-aimant annulaire régulièrement constitué avec deux points conséquents A et B et une ligne neutre O O'.

Les deux frotteurs étant fixes, si nous faisons tourner le système, les deux points conséquents A et B et la ligne neutre seront fixes dans l'espace.

Si, au contraire, l'anneau est fixe et les frotteurs mobiles, nous aurons deux points conséquents A et B et une ligne neutre O O' tournant autour du centre c.

Enveloppons maintenant cet électro-aimant annulaire d'une seconde série d'hélices en cuivre disposées, de la même façon, avec collecteurs et frotteurs placés de l'autre côté de l'anneau, mais les frotteurs sur un diamètre faisant un angle de 90° avec les premiers. Ce second circuit et les frotteurs f' f' sont indiqués en ponctué sur la fig. 12.

Considérons une hélice secondaire pendant la rotation du système; prenons-la après le passage de la résultante OO', à droite de celle-ci.

Puisque la résultante OO' est fixe dans l'espace, l'hélice considérée, évidemment s'éloigne de cette résultante lorsque l'anneau tourne dans le sens indiqué par la flèche.

De ce déplacement continu, il résulte que:

de O en B on a un courant induit		ci
		→
de B en O' " " "		ci
		→
de O' en A " " "		ci
		←
et de A en O " " "		ci
		←

Continuant son mouvement, emportée par l'anneau, l'hélice considérée recommence les diverses phases que nous venons de décrire.

Il en est de même pour toutes les autres hélices.

Et, comme résultat, nous avons un courant recueillable aux frotteurs  $f' f'$ . Nous avons supposé que l'anneau tournait et que les frotteurs étaient fixes.

Supposons le contraire: l'anneau est fixe et les frotteurs tournent. Nous avons, comme dans le 1-er cas, un courant continu dans le circuit secondaire.

Bien que le système soit, en lui-même, complet, nous profitons du bâtis, indispensable d'ailleurs, pour placer devant les pôles A et B une certaine masse de fer et obtenir ainsi la surexcitation de ces pôles voy. fig. 13 et 14.

La fig. 13 convient lorsque l'anneau est mobile; la fig. 14, au contraire, lorsque l'anneau est fixe.

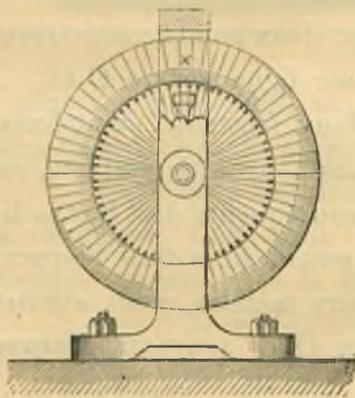


Fig. 13.

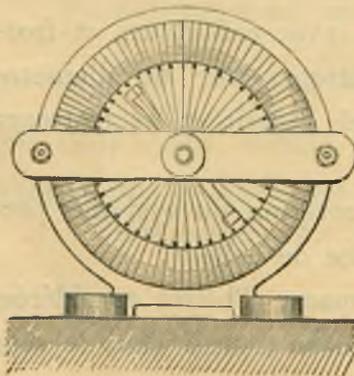


Fig. 14.

Cet appareil est naturellement réversible mais seulement dans le premier cas, c. à. d. lorsque l'anneau est mobile.

Si en effet, nous envoyons un courant dans le circuit primaire, les frotteurs étant convenablement placés pour l'effet que nous nous proposons d'obtenir, l'anneau tournera pour arriver à la position d'équilibre stable devant la masse de fer disposée comme surexciteur.

Cela étant, que va-t-il se passer dans le 2-e circuit?

Evidemment, il n'y a aucun doute, il sera induit d'un courant qui sera la *transformation* du courant primaire.

Suivant que celui-ci sera formé de fil fin ou de fil gros par rapport au fil du circuit primaire,

il fournira un courant dans lequel E ou I domineront dans le produit EI, nécessairement plus petit que le produit EI qui traverse le circuit primaire puisque celui-ci agit à la fois comme moteur et comme inducteur.

---

## 2°. Production des courants alternatifs et transformation d'un courant continu en courants alternatifs.

---

Nous avons vu, plus haut, que, par la commutation électro-magnétique, nous obtenons un aimant annulaire à 2 points conséquents, fixes dans l'espace. Dans ce cas, si nous fixons la position des frotteurs secondaires sur deux points quelconques de l'anneau, c. a. d. si nous rendons les deux frotteurs secondaires mobiles avec l'anneau, le circuit secondaire fournira des courants alternatifs que l'on recueillera, à la manière ordinaire, sur deux anneaux en cuivre fixés et isolés entr'eux sur l'arbre.

D'un autre côté, nous avons vu que, si l'on rend fixe l'anneau et si l'on rend mobiles les deux paires de frotteurs  $ff$ ,  $f'f'$ , dans la fig. 14, on a un courant continu.

Si nous rendons fixe l'une des deux paires de frotteurs le circuit secondaire fournira des courants alternatifs.

Un aimant permanent annulaire tournant recouvert de fil avec collecteur et frotteur donnera la même solution.

Lorsque le mouvement de l'anneau est dû à une action mécanique extérieure le courant induit résultant rentre dans le cas ordinaire de l'induction.

Lorsqu'il est dû à l'action électro-dynamique du courant primaire le courant induit résultant est une simple transformation du courant inducteur.

Dans chaque cas, on les recueille sur deux anneaux en cuivre montés et isolés sur l'axe.

---

## Excitation des inducteurs.

---

Nous avons supposé, pour le raisonnement, que les inducteurs étaient alimentés par une source extérieure; mais comme il est absolument indifférent à l'inducteur de recevoir le courant de telle ou telle source, nous pourrions lui fournir soit un courant extérieur, comme nous l'avons supposé, soit le courant induit lui-même entier ou partiel.

---

## A v a n t a g e s.

---

Dans cette nouvelle construction, inducteurs et induits s'enveloppent mutuellement et, de plus, sont en contact. De cette façon, le champ et la résultante magnétiques des inducteurs sont utilisés au mieux au profit de l'induction. Il résulte de cette meilleure utilisation que le poids de l'appareil, pour le même effet d'induction, peut être réduit de plus de moitié et, conséquemment, son prix diminue dans la même proportion.

En examinant de près, les actions et les réactions, on reconnaît qu'elles sont réciproques. On a donc, dans le double système d'hélices qui s'enveloppent deux courants que l'on peut utiliser ensemble ou séparément.

Nous considérons qu'il sera généralement préférable de les employer séparément laissant à chacun d'eux son rôle propre.

Supprimant généralement l'inducteur extérieur fixe qui doit envelopper l'induit le plus près possible, on n'a plus à craindre les effets d'un trop grand rapprochement par suite de l'usure des coussinets. Il est vrai que l'emploi des coussinets chevillés de „carbon“ enlève toute crainte à cet égard.

On pourra monter le système, composé d'une pièce unique, sur n'importe quel axe de rotation qui aura une vitesse suffisante ou pour lequel axe l'inducteur aura été disposé.

On pourra du volant d'un moteur dans une usine faire un excellent générateur d'électricité dont on n'aura à s'occuper d'aucune façon puisque des

soins spéciaux sont assurés au moteur. Ce poids supplémentaire, qui viendra s'ajouter à celui du volant, ne sera qu'un avantage pour la régularité du moteur.

---

## Revendication relatives à nos appareils de production et de transformation de courants.

---

Nous revendiquons pour les types A. B. 2B. 3B. C. 2C. 3C décrits, plus haut:

- a. l'inducteur annulaire à deux points conséquents au moins,
  - b. l'inducteur annulaire avec les dispositions qui permettent de concentrer sur l'induit, tout le rayonnement magnétique de l'inducteur,
  - c. l'utilisation totale de toutes les parties de l'inducteur,
  - d. l'emploi d'un anneau en fer fondu pour induit au lieu de fil de fer,
  - e. l'emploi de frotteurs métalliques carbonés,
  - f. l'emploi de coussinets carbonés.
- 

Nous revendiquons pour le générateur dynamo-électrique sans frotteurs conditions exposées dans un brevet français 21 Avril 1880, en outre des conditions a, b, c, d, e, f, ci-dessus, toutes dispositions qui permettent de réaliser le cercle suivant sans aucune liaison mécanique entre les organes fixes et les organes mobiles.

*Inducteur, aimant ou électro-aimant fixe agissant sur un induit mobile dont le courant résultant excite un inducteur mobile, pour influencer magnétiquement l'induit fixe voir la fig. 6.*

---

Nous revendiquons pour l'inducteur et le transformateur à commutation électro-magnétique:



toutes dispositions d'inducteur **portant** son induit dans lesquelles intervient la commutation magnétique et électro-magnétique telle que nous l'avons définie et caractérisée, (brevet français du 21 Avril 1880)  
en outre, les dispositions *e* et *f*.

---

Voilà pour nos moyens de production et de transformation de courant.  
Il ne nous reste plus qu'à décrire notre procédé de distribution.

---

### 3°. DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ.

---

#### Définitions.

L'industrie du gaz nous donne une idée exacte, parfaite de la distribution.

S'il s'agit de l'éclairage d'une ville, on remarque:

Une ou plusieurs usines à gaz dont les gazomètres, par leur poids, déterminent le mouvement du gaz dans les tuyaux ou ce que l'on pourrait appeler, par analogie la force gazo-motrice.

Une canalisation s'étendant depuis l'usine, sous les rues, de la ville jusqu'aux compteurs des abonnés.

Un compteur qui mesure le gaz que chaque abonné consomme.

Une canalisation particulière pour chaque abonné, qui se divise en divers branchements et qui se termine par des becs brûleurs commandés chacun par un robinet.

Dans une bonne distribution, on voit que chaque abonné est indépendant des autres, comme chaque bec chez celui-ci est indépendant des autres becs. Il résulte de cette indépendance qu'un abonné quelconque peut allumer, éteindre quand il lui plaît, qu'il peut chez lui, disposer son éclairage comme il l'entend, brûler peu ou beaucoup sans troubler le régime des autres.

Mais remarquons-le bien de suite, cela ne peut avoir lieu et n'a lieu en réalité, que lorsque l'usine est disposée pour fournir, instant par instant, <sup>le gaz</sup> nécessaire à la consommation et, au moment même de la consommation.

Plusieurs moyens sont employés dans ce but; mais le plus sûr, le plus simple et même le plus économique, consiste à avoir une canalisation fonctionnant comme réservoir, c. à. d, présentant au mouvement du gaz la plus petite résistance possible. (Voir à ce sujet le traité de la pression du gaz de H. Giroud).

Voilà bien, ce nous semble, le type et les conditions d'une distribution parfaite.

---

## Analogies qui conduisent directement à la division d'une source d'électricité.

---

Lorsqu'on a besoin d'augmenter l'intensité d'un éclairage fourni par la bougie, on double, triple... décuple le nombre des bougies. Dans ce fait de multiplication on voit augmenter dans la proportion même de l'éclairage la matière à lumière et, en même temps, diminuer la résistance capillaire totale de la mèche.

Mêmes observations pour les lampes à l'huile, à la naphte et autres.

Mêmes observations pour l'éclairage au gaz: multiplication du volume de la matière à lumière et diminution de la résistance à l'écoulement.

Dans les cas contraires, c'est l'inverse qu'on remarque.

Ces analogies indiquent clairement, sans avoir besoin de faire intervenir d'autres connaissances, que, pour l'éclairage à l'électricité, les choses doivent se passer exactement de même. C'est, au reste, ce que l'expérience démontre.

---

## Distribution d'une source d'électricité.

---

Distribuer le courant d'une source d'électricité, n'offre pas plus de difficultés que la distribution d'un courant de gaz.

Il y a les mêmes conditions à remplir:

Une source étant donnée, (*une ou plusieurs usines à l'électricité*) il faut comme pour le gaz, une canalisation (*conducteurs fonctionnant comme réservoir*) s'étendant depuis l'usine jusqu'aux compteurs des abonnés (*mesureurs d'énergie*.)

Des compteurs pour mesurer l'énergie électrique qui passe chez chaque abonné, quand celui-ci le juge à propos.

Des canalisations d'abonnés (*conducteurs distributeurs fonctionnant comme canaux d'écoulement*) ayant la résistance nécessaire pour qu'une quantité voulue d'électricité, sous la tension constante de l'usine, passe par le récepteur que le courant est appelé à faire fonctionner.

Chaque abonné doit être indépendant de tous les autres ainsi que chaque récepteur chez un même abonné. Le courant qui entre chez un abonné doit pouvoir être utilisé au mieux suivant les besoins. La mise en circuit ou la suppression d'un récepteur ne doit troubler en rien le régime des autres, l'usine devant être établie de façon à fournir, instant par instant, l'électricité suivant les besoins et au moment même de ces besoins.

Pour préciser et rendre tout-à-fait claire notre pensée nous dirons que *chaque fois et au moment même qu'un récepteur est mis en circuit, le travail de l'usine augmente dans la proportion du travail du récepteur et, au contraire, diminue dans la même proportion lorsque ce récepteur est enlevé du circuit.*

---

## Lois de la distribution de l'électricité.

---

Les lois de Joule et d'Ohm confirment les possibilités qu'ont fait entrevoir les analogies ci-dessus et, de plus, fournissent les moyens simples de réaliser une distribution parfaite.

En effet, d'après Joule, la quantité de travail que peut fournir, par le courant, une usine à électricité est:

$$W=IE, \text{ en k. m. s. } \frac{IE \times 10^2}{981} \text{ ou pratiquement } \frac{IE}{10} \text{ k. m. s.}$$

W, exprimant le travail de l'usine

I, le nombre de webers du courant considéré

E, sa force électro-motrice.

Évidemment, pour diviser ce produit sur  $n$  récepteurs égaux, il suffit de faire que chacun ait

$$(2) \quad \frac{W}{n} = \frac{I E}{n}$$

d'où

$$(3) \quad W = n \frac{I E}{n}$$

Les lois d'Ohm donnent entre I et E la relation suivante :

$$(4) \quad I = \frac{E}{R}$$

Si dans l'expression (1) nous remplaçons I par son équivalent  $\frac{E}{R}$  nous aurons

$$(5) \quad W = \frac{E^2}{R}$$

par suite, les expressions (2) et (3) deviennent respectivement

$$(6) \quad \frac{W}{n} = \frac{E^2}{n R}$$

$$(7) \quad W = n \frac{E^2}{n R}$$

Or, R représente la résistance totale que traverse l'énergie IE, résistance qui est composée :

1°	de la résistance des générateurs que nous désignerons par	$R_g$
2°	„ „ conducteurs d'émission „	$R_e$
3°	„ „ „ distributeur „	$R_d$
4°	„ „ des récepteurs, lampes, moteurs, travail électro chimique „	$R_r$

D'après cela, l'équation qui représente la  $\frac{1}{n}$  partie de l'énergie totale, devient :

$$(8) \quad \frac{W}{n} = \frac{E^2}{n (R_g + R_e + R_d + R_r)}$$

et indique, en donnant la mesure, qu'il faut, comme dans la distribution du gaz, *diminuer le volume ou la quantité d'énergie en augmentant la résistance à l'écoulement.*

Il n'y a pas d'autres conditions à remplir pour satisfaire la formule (8).

Si elle est remplie, la division est parfaite et sans perte, de plus, chaque récepteur alimenté par l'énergie  $\frac{W}{n}$  est absolument indépendant.

L'expérience nous a montré l'exactitude de la théorie pour un—deux—trois—quatre régulateurs Serrin alimentés suivant les conditions de la formule (8) par le courant unique d'une machine Gramme A.

Remarque.—La formule (8) indique formellement que pour avoir exactement la  $\frac{1}{n}$  partie de l'énergie d'une source d'électricité il faut que chacune des résistances  $R_g$ - $R_e$ - $R_d$ - $R_r$  devienne  $n$  fois plus grande. Or, on ne peut modifier  $R_g$  ni  $R_e$ . La nécessité de ces deux résistances apportera donc forcément un certain trouble dans la distribution; mais remarquons-le de suite, ce trouble sera d'autant plus petit que  $R_g$  et  $R_e$  seront elles-mêmes plus petites. C'est donc en s'approchant le plus possible de zéro, pour ces deux résistances, qu'on obtiendra le meilleur résultat. C'est, en outre, en remplissant ces conditions pour l'usine et pour le réseau d'émission que la *fonction réservoir*, (fonction si bien définie et étudiée par M. H. Giroud dans son traité de la pression du gaz) sera réalisée.

En se renfermant dans ces conditions, la distribution est d'une simplicité admirable. On va en juger par la description ci-après. L'usine travaille, produit et émet l'électricité suivant les besoins de la consommation et, au moment même de la consommation, *sous tension constante*.

L'abonné recevant un courant ayant une force électro-motrice constante n'a pas besoin de régler ses appareils. Il lui suffit de fermer le circuit pour que l'appareil correspondant à ce circuit fonctionne avec l'ordre et la régularité pour lesquels il a été disposé. La mise en circuit ou la suppression des autres appareils n'altère son indépendance que dans une proportion infiniment minime.

Cette régularité de fonctions a lieu tant que dure l'état réservoir dans le réseau.

Mais aussitôt que la consommation se développe, qu'elle arrive à dépasser la mesure pour laquelle la distribution a été faite, les conducteurs d'émission cessent de fonctionner comme *réservoirs*; ils deviennent de *véritables canaux d'écoulement* où, forcément, la tension est plus forte en amont qu'en aval.

Dans ce cas, comme pour le gaz, l'usine doit travailler, produire et émettre l'électricité non plus *sous tension constante* mais *sous tension variant*

*exactement* et cela, instant par instant, suivant les besoins de la consommation et au moment même des besoins de la consommation. Pour cela, comme pour le gaz, l'usine aura besoin d'un régulateur d'émission agissant, d'après les indications automatiques et électriques venant de la ville, des points les plus faibles, pour faire varier la force électro-motrice des générateurs. L'abonné, lui aussi, aura besoin d'un régulateur agissant automatiquement sur le courant pour que celui-ci ait la tension constante voulue.

Voir, à la suite, la deuxième partie du mémoire relatif à la distribution.

---

## RÉALISATION.

### DESCRIPTION D'UNE USINE A ÉLECTRICITÉ

avec distribution,

exécutée par les soins de **Mr. A. GRAVIER**, ingénieur français résidant à Varsovie, et avec le concours commercial du bureau technique

de **MM. KUKSZ, LUEDTKE & GREYER**

à Varsovie rue Leszno Nr. 25,

dans la manufacture de tissus de la société par actions „Zawiercie“  
à Zawiercie — Pologne.

---

La distribution électrique, telle que nous l'avons définie, décrite et dont nous avons donné la loi simple, est réalisée et mise en pratique industrielle depuis le mois de Mars de l'année 1880.

Celle dont la description va suivre est terminée et mise en fonction depuis le 1-er Novembre. Elle donne des résultats qui ne laissent rien à désirer et qui sont attestés par les certificats annexés.

Cette distribution a été faite avec un matériel existant mais délaissé depuis 3 ans environ. Ce matériel, 8 machines Gramme A, conducteurs, commutateurs, 8 lampes Serrin, a été fourni en son temps par la maison Bréguet. Mentionnant le nom de M. Bréguet, nous devons ajouter que M. Bréguet,

constructeur et fournisseur des dits appareils n'a pris aucune part à leur installation. Les mauvaises dispositions employées, qui ont motivé l'abandon de ce matériel, ont été prises par l'administration de Zawiercie elle-même, qui, par motifs d'économie a cru pouvoir se passer des gens spéciaux.

Voici les conditions que l'on trouve réalisées dans cette petite usine:

1. Production et émission de l'électricité, instant par instant, suivant les besoins réglés, une fois pour toutes, dans cet établissement, et suivant le nombre des appareils en fonction.

2. Travail moteur proportionnel à la consommation.

3. Distribution analogue à celle du gaz. La seule manœuvre d'un commutateur interrupteur suffit pour demander à l'usine et pour déterminer ce qu'exige et que permet le circuit distributeur.

4. Réglage de l'intensité lumineuse au moyen d'un robinet à résistance variable que nous appelons *niveleur*, par analogie avec un appareil employé dans le même but par l'industrie du gaz.

5. Enfin, indépendance complète des appareils récepteurs, qui sont ici des appareils à lumière.

On peut, en effet, éteindre, rallumer un nombre quelconque de lumières de cette distribution sans troubler le régime des autres. Cet effet est obtenu simplement par la manœuvre du commutateur qui est le robinet de chaque lampe. La production de l'usine, le travail étant à l'instant modifiés automatiquement dans la même proportion que l'éclairage.

La plus grande variation observée, et dans le cas le plus défavorable, c. à. d. lorsqu'on éteint toutes les lampes, sauf une, est de 1 pour 13 ou environ 7%.

On peut toutefois se rapprocher davantage de zéro; car les machines Gramme, qui, telles qu'elles ont été fournies, ont été employées, ne sont pas tout-à-fait dans les conditions de *réservoir* que nous avons définies.

---

## Description et détails

### des dispositions employées dans cette usine.

---

#### 1<sup>o</sup>. U s i n e.

Elle se compose de quatre machines Gramme A, réunies quant à la production, en batterie de quantité.

Les électro-aimants inducteurs sont indépendants des induits; ils sont réunis en tension et alimentés par la distribution elle-même.

Les induits, qui sont réunis en quantité, tournent ensemble à la vitesse modérée de 850 tours par minute, et cela, parceque, pour le moment, on n'a pas besoin de plus d'électricité.

Elles produisent, pour le nombre de lampes employées, un courant d'énergie, en kilogrammètres.

$$W = \frac{95 \text{ webers} \times 100 \text{ volts}}{9,81} = 950 \text{ kil. m. s.}$$

Le diagramme ci-après, fig. 15, fera bien comprendre les explications ci-dessus.

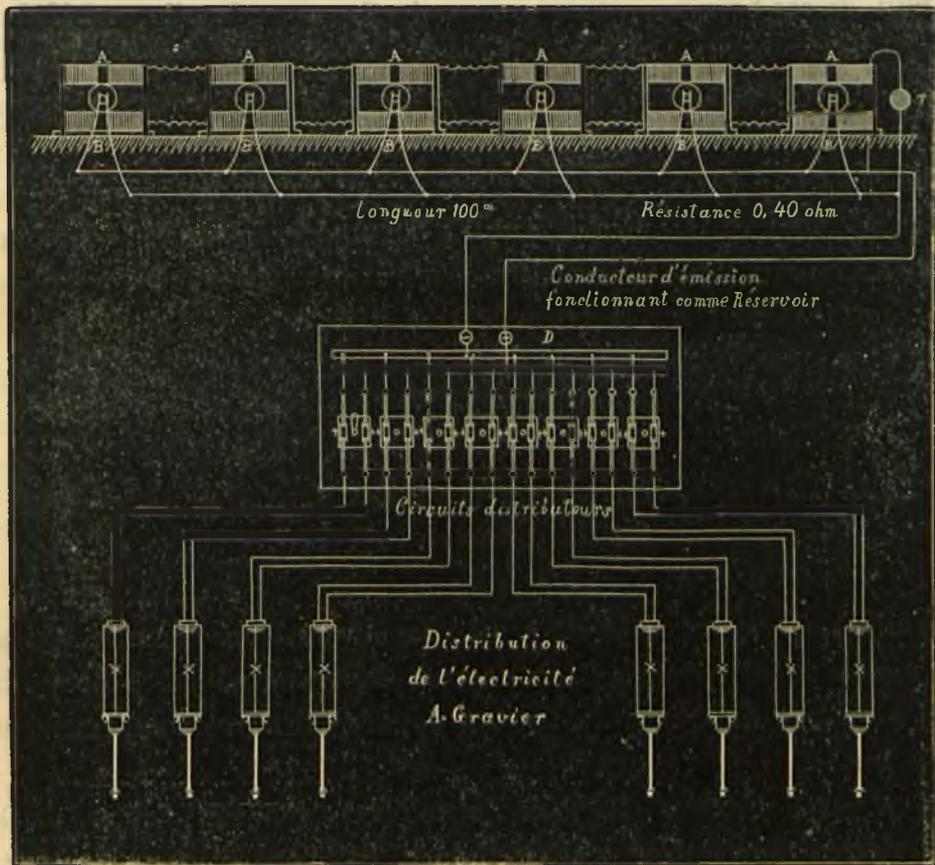


Fig. 15.

## 2<sup>o</sup>. Distribution.

---

Les salles à éclairer étant à une centaine de mètres de l'usine électrique, un *câble d'émission* souterrain, parfaitement isolé, a été disposé pour réunir ces deux localités. Sa résistance est de 0,40 ohms.

La distribution commence à l'usine même; sur le câble d'émission, une prise de courant a été faite pour alimenter les inducteurs. A l'autre extrémité du câble d'émission, se trouve le distributeur D auquel il est fixé au moyen de deux bornes marquées + et —

Ce distributeur est un tableau en bois d'acajou portant 16 bornes en cuivre; huit de ces bornes sont en communication avec le pôle positif de l'usine et les huit autres avec le pôle négatif.

A ces 16 bornes sont attachés les circuits distributeurs correspondant à huit lampes Serrin.

On remarque encore sur ce tableau huit commutateurs qui ont pour but, lorsqu'on veut éteindre une lampe, de supprimer de la distribution la lampe et son circuit tout entier. Cette disposition a pour résultat d'empêcher l'effet de l'extra-courant sur le reste de la distribution.

---

## 3<sup>o</sup>. Niveleurs.

---

Le niveleur est un appareil à résistance variable à la main qui a pour objet de mettre le récepteur qui en dépend, dans une situation déterminée et invariable pour une différence de tension donnée. Il a son analogue dans l'industrie du gaz.

Cet appareil n'existe pas dans l'installation qui fait l'objet de la présente description parcequ'on n'a pas besoin de faire varier l'intensité des appareils d'éclairage.

---

## 4°. Récepteurs.

Les récepteurs sont, ici, des appareils d'éclairage au nombre de huit. Ce sont des lampes Serrin qui ont été modifiées uniquement dans la grosseur du fil de l'électro-aimant. Ces lampes sont renfermées dans des lanternes à vitres dépolies qui possèdent intérieurement deux réflecteurs pyramidaux à bases carrées et dont les sommets sont dirigés du côté du foyer.

Ces lampes n'exigent qu'un seul réglage. Cela fait, elles fonctionnent dans la perfection. On n'a jamais eu, jusqu'à présent, d'extinction. La vitesse du moteur et, par suite, celle des machines étant très-régulières, la force électromotrice est, aussi très constante, toutes conditions favorables.

Voici dans quelles proportions l'énergie électrique de l'usine est distribuée dans le réseau d'éclairage.

Désignation des salles éclairées	Longueur	Largeur	Surface	Webers	Volts aux bornes de la machine	Volts aux bornes de la lampe	Rapport du travail dans l'arc au travail total (*)
1. Laboratoire du chimiste.	16 <sup>m</sup> 36	17	=278 <sup>m</sup> 2	12	76	55	0,72
2. Salle des machines.	19—	11	=209 <sup>m</sup> 2	13	76	55	0,72
3. Salle des apprêts.				12	76		
4. " "	44 <sup>m</sup>	17 <sup>m</sup>	=748	8	76		
5. " "				12	76		
6. Salle des presses.	10.5	17	178	12	76		
7. " du pliage.	13	17	221	12	76		
8. " "	13	17	221	13	76		

(\*) Par travail total, nous entendons le travail électrique total disponible aux bornes de la machine.

Primitivement l'intensité fournie à chaque lampe était un peu plus forte. On a jugé à propos de la réduire à celle ci-dessus. Il résulte de cela que l'usine électrique a une puissance de réserve capable d'allumer encore, quand on le voudra, 3 ou 4 lampes, dans les conditions ci-dessus.

L'éclairage est excellent dans tous les points, puissant, tranquille et fixe ainsi que l'atteste le certificat de l'établissement, ci-après annexé.

Nous sommes obligés de laisser dans cette description une lacune regrettable, c'est la constatation de la lumière produite, par de bonnes mesures photométriques.

Nous croyons toutefois pouvoir dire, d'après la consommation du charbon, consommation que nous avons toujours trouvée proportionnelle à la lumière produite, que cette lumière est:

pour les lampes à 13 webers	225 becs carrels
"          12      "	230      "      "
"          8      "	150      "      "

Dans des expériences plus récentes nous avons constaté que ce rendement est plus élevé.

Voilà la distribution que nous avons réalisée, mise en pratique industrielle. Nous croyons qu'on ne peut demander plus ou mieux.

---

Nous n'avons pas besoin de machines spéciales, de lampes spéciales, de récepteurs spéciaux. Tous les systèmes peuvent trouver dans notre distribution leur emploi utile.

---

En résumé, nous avons, dans ce travail, établi les conditions nécessaires et suffisantes d'une distribution d'électricité;

1°. dans le cas simple où générateurs et conducteurs d'émission fonctionnent comme réservoirs,

2°. dans le cas, où, par suite de l'extension de la distribution les conducteurs d'émission cessent de fonctionner comme réservoir.

Nous avons dit, en effet:

que les générateurs d'électricité doivent avoir la plus petite résistance possible;

qu'ils doivent fournir des volumes variables sous tension constante;

que le réseau, lui aussi, doit avoir la plus petite résistance possible;

que les conducteurs distributeurs doivent, au contraire, fonctionner non plus comme réservoir mais comme canaux d'écoulement ayant la résistance

nécessaire pour le passage d'une quantité voulue d'électricité sous la tension constante de l'usine.

Nous avons indiqué l'emploi des niveleurs, appareils à résistance variable à la main, pour mettre un conducteur distributeur dans une situation déterminée de résistance.

Et, enfin, l'emploi de l'interrupteur double pour mettre dans la distribution ou les supprimer, le récepteur et son circuit tout entier.

Dans le cas où les conducteurs d'émission cessent de remplir la fonction réservoir, nous avons dit que l'usine doit avoir un régulateur d'émission pour faire varier la force électro-motrice de l'usine et que l'abonné doit avoir un régulateur de consommation agissant sur le courant pour conserver la tension constante.

---

## Distribution de l'électricité,

### 2<sup>me</sup> partie.

---

Dans notre brevet principal du 3 Juin 1880 n° 137033 nous avons considéré un cas seulement de la distribution de l'électricité, celui qui correspond à *l'état réservoir* du réseau. Nous avons fait voir, en nous appuyant sur des chiffres que *l'état réservoir* du réseau est la condition nécessaire et suffisante pour avoir une distribution d'électricité aussi simple que celle du gaz (quand la condition de réservoir est remplie pour celui-ci) et plus parfaite. L'usine, dans ce cas, produit et émet l'électricité sous tension constante mais en quantité variant exactement comme les besoins de la consommation.

En pratique un deuxième cas se présente, c'est celui qui correspond à une situation toute différente de celle que nous avons définie et caractérisée sous le nom de réservoir.

Le réseau commence à fonctionner comme *réservoir*, puis la consommation augmentant, il arrive un moment où partie du réseau *cesse d'être réservoir* et devient *véritable canal d'écoulement* dans lequel, nécessairement, la tension est beaucoup plus faible en aval qu'en amont.

Si, dans ces conditions, l'usine continue à produire sous tension constante, la partie du réseau, devenue canal d'écoulement, sera insuffisamment

desservie et ce déficit sera d'autant plus accentué que la partie considérée du réseau sera plus éloignée de l'état réservoir.

Dès que cette situation commence à se produire, l'usine doit changer son allure, modifier l'émission pour arriver à combler les déficits qui tendent à se produire; elle devra donc faire varier sa force électro-motrice de façon à faire arriver aux points les plus faibles la somme d'énergie qui y manque.

Ce résultat peut être atteint à la main ou automatiquement, en faisant varier, soit la vitesse des induits pour un champ magnétique constant, soit le champ magnétique inducteur pour une vitesse constante des induits.

Mais, dans tous les cas, l'usine, pour opérer sûrement, en temps opportun, et dans la mesure utile, doit être informée de l'instant précis où se produit cette perturbation et de l'importance de celle-ci. Sans cela rien. L'usine à électricité serait condamnée à suivre les errements des usines à gaz qui n'emploient pas le régulateur d'émission de M. H. Giroud.

Ce renseignement, naturellement, doit émaner de la partie du réseau affectée d'insuffisance et l'électricité, ici, a son rôle marqué pour ce message d'importance. Le point faible étant reconnu, on fait à ce point une prise de courant que l'on ramène à l'usine, au moyen d'un fil spécial, et que l'on fait passer dans un galvanomètre Deprez à fil fin. La tension de régime étant bien déterminée lorsque tout le réseau fonctionne comme réservoir, le galvanomètre montrera toutes les variations qui se produisent au point de départ du fil de retour.

Nous appelons ce courant, *courant de retour*, et le fil qui l'amène à l'usine, *fil de retour*. Ce fil n'a pas d'autre mission que celle de rapporter à l'usine ce qui se passe dans le réseau. C'est là ce qui le caractérise et le distingue des autres fils.

Si l'on se contente des indications du courant de retour pour faire varier la force électro-motrice de l'usine, ce sera fort simple, comme appareil, mais il faudra une surveillance des plus attentives pour faire les corrections demandées.

Pour éviter cette attention soutenue sur laquelle d'ailleurs on ne peut compter, nous employons le dispositif suivant, que nous allons décrire et que nous appelons *régulateur d'émission*.

## Régulateur d'émission.

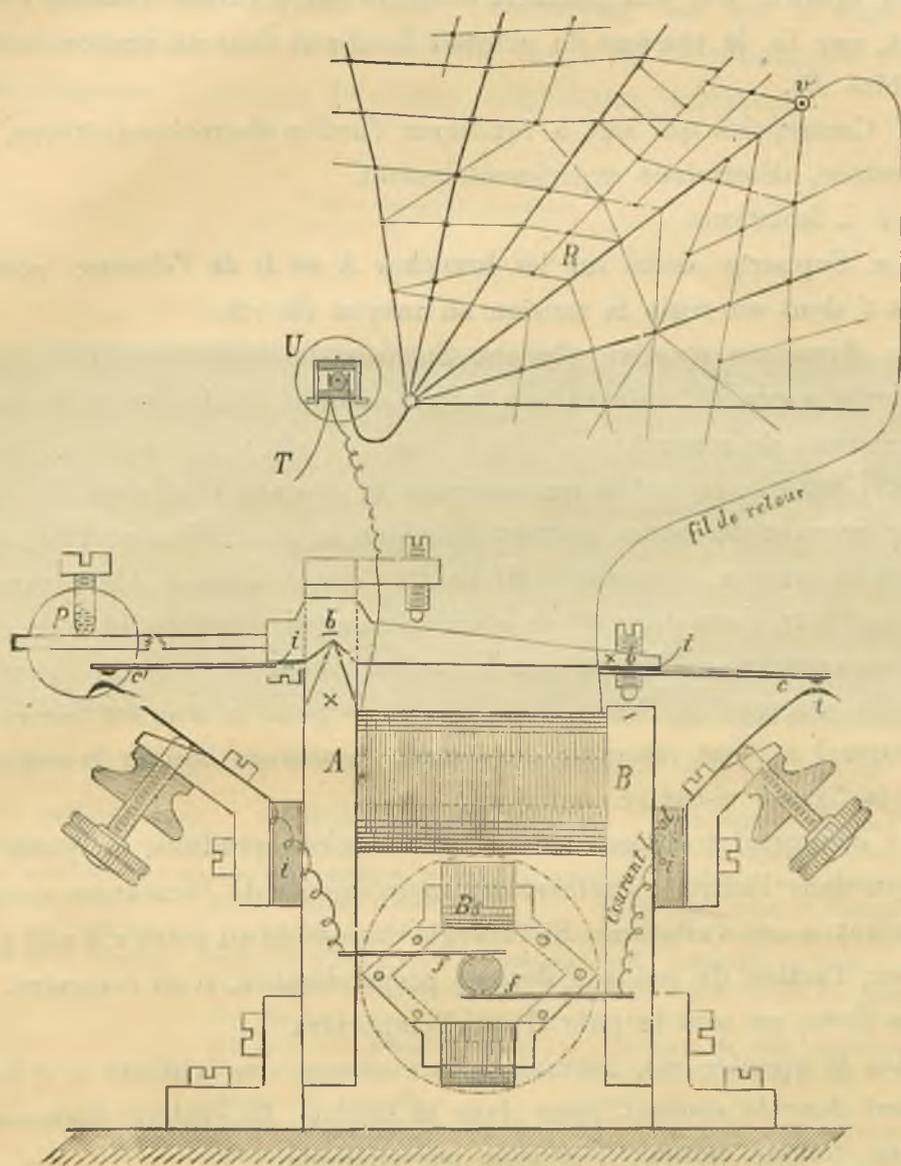


Fig. 19.

### Légende du plan et du régulateur d'émission.

U. Usine représentée par une machine dynamo-électrique quelconque.  
R. Réseau de fantaisie indiquant le point *v* d'où part le fil de retour.

A. B. Electro-aimant en fer à cheval dont le fil est embobiné sur la culasse. Les branches A et B sont les épanouissements de pôles + et —

*b. a.* Armature basculante du dit électro-aimant; elle porte à gauche et à droite des ressorts  $c c'$  qui prennent contacts sur d'autres ressorts  $t t'$  et déterminent, par là, le passage du courant local soit dans un sens ou dans l'autre de la bobine  $B_s$ .

*P.* Contrepoids qui sert à équilibrer l'action électro-magnétique, du courant de retour, déterminée expérimentalement.

*i. i. i.* Isolations.

*s. s.* Supports isolés sur les branches A et B de l'électro; portent les ressorts  $t t'$  dont on règle la tension au moyen de vis.

*B\_s.* Armature rotative (bobine Siemens ou autres) tournant, tantôt à droite, tantôt à gauche, suivant le sens du courant local, déterminé par la valeur du courant de retour.

*ff.* Frotteurs ou balais qui amènent le courant local dans  $B_s$ .

Le courant de retour partant du point le plus faible en ville, que nous appellerons le point  $v$ , traverse le fil fin de l'électro-aimant AB, magnétise celui-ci et agit sur l'armature  $ab$  disposée comme un fléau de balance et basculant sur un couteau en fer qui est le prolongement du pôle A.

Si le contrepoids  $P$  équilibre l'armature pour le courant normal, celui qui correspond à l'état réservoir du réseau, l'armature occupe la position indiquée sur la fig. 19 ci-contre.

On comprend très-bien que toute variation produite au point  $v$ , dans un sens ou dans l'autre, entraînera des mouvements de l'armature dans le sens correspondant à ces variations. Si l'énergie disponible au point  $v$  a une tendance à s'abaisser, l'action du poids  $P$  devient prépondérante, si au contraire, elle devient plus forte, ce sera le pôle B qui l'emportera.

Dans le premier cas, l'armature, au moyen des contacts  $c' t'$  ferme un circuit local dont le courant passe dans la bobine  $B_s$  (bobine Siemens) et la fait tourner, comme moteur, à gauche, par exemple.

Dans le deuxième cas, l'armature, au moyen des contacts  $c t$ , ferme le même circuit local, mais de façon à faire passer le courant en sens inverse dans la bobine  $B_s$ , ce qui la fait tourner à droite.

C'est cette rotation en sens inverses, obtenue par les variations mêmes du courant de retour, que nous utilisons pour faire varier la force électro-motrice d'émission.

Voici comment:

La bobine  $B_s$  porte à une de ses extrémités une vis sans fin qui actionne une roue dentée, laquelle agit directement, soit sur le moteur pour augmenter ou diminuer sa vitesse, soit sur une série de résistances pour augmenter ou diminuer l'intensité du champ magnétique inducteur.

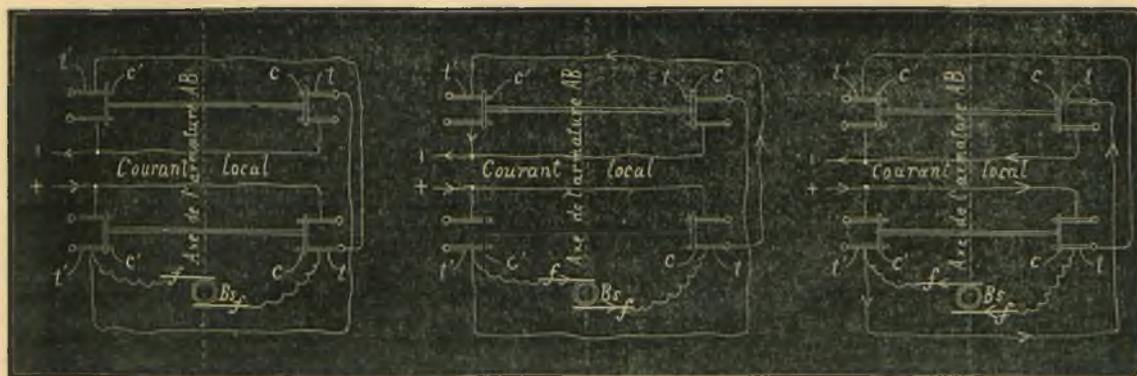


Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

Diagramme indiquant le premier cas de l'émission, c. a. d. lorsque le réseau fonctionne comme

**Réservoir**  
la bobine  $B_s$  est immobile car aucun courant ne la traverse.

Diagramme indiquant le 2-me cas de l'émission c. a. d. lorsque le réseau devient insuffisant et cesse de fonctionner comme réservoir.

Un déficit tend à se produire au point  $v$  du plan, fig. 19, le courant de retour s'affaiblit; le contre-poids  $P$  fait basculer l'armature  $ab$  et ferme le circuit local sur l'armature  $B_s$  en  $c' t'$ ; les flèches de la fig. 17 indiquent la marche des courants.

La bobine  $B_s$  tourne à droite et agit pour faire tourner plus vite les induits ou pour supprimer du circuit inducteur la résistance nuisible.

Diagramme indiquant le fonctionnement du régulateur pour le 3-me cas de l'émission c. a. d. lorsque le réseau, après avoir cessé de fonctionner comme

réservoir a une tendance à revenir à cet état. L'énergie au point  $v$  a une tendance à s'élever et par suite, dans le fil de retour. L'armature  $ab$  bascule sous l'influence du pôle B et ferme le circuit local sur l'armature  $B_s$  en  $ct$ . Les flèches montrent la direction des courants.

La bobine  $B_s$  tourne à gauche et agit pour ralentir la vitesse du moteur et par suite des induits, ou pour ajouter dans le circuit inducteur la résistance nécessaire pour augmenter l'intensité du champ magnétique.

## Fonctionnement.

---

Trois cas se présentent dans le fonctionnement du système:

1°. — Le réseau fonctionne comme réservoir.

2°. — Le réseau, dans la partie faible, s'éloigne de la fonction réservoir, le point  $v$  est mal desservi, la tension en ce point tend à baisser.

3°. — Le réseau, dans la partie faible, se rapproche de la fonction réservoir, la tension au point  $v$  tend à s'élever.

Dans le 1-er cas, tout étant normal au point  $v$ , l'énergie du courant de retour est constante et équilibrée par le poids  $P$  de l'armature. Celle-ci ne bouge pas. L'usine fait son émission sous tension constante.

Dans le 2-me cas, la consommation générale augmentant, il arrive un moment où certaines parties du réseau deviennent insuffisantes. On voit alors l'énergie du courant de retour s'abaisser; l'armature  $a b$ , cessant d'être équilibrée, bascule sous l'influence du poids  $P$  ferme le circuit local en  $c' t'$  sur la bobine  $Bs$  et la fait tourner en sens convenable pour augmenter la vitesse des induits ou l'intensité du champ magnétique inducteur. La force électro-motrice d'émission prend une plus grande valeur et rétablit l'équilibre de tension au point  $v$ , ce qu'on voit bientôt par le rétablissement de l'équilibre de l'armature  $a b$ , jusqu'à un nouvel abaissement de la tension au point  $v$ .

Dans le 3-me cas, la consommation générale tendant à diminuer et l'usine émettant toujours sous la dernière tension qui lui a été demandée, l'énergie de retour tend à s'élever, alors l'action de l'électro-aimant devient prédominante, fait basculer l'armature  $a b$  et ferme le circuit local sur les contacts  $c t$ , ce qui fait tourner la bobine  $Bs$  en sens contraire pour diminuer la force électro-motrice d'émission soit en faisant tourner moins vite les induits, soit en diminuant l'intensité du champ magnétique inducteur. L'équilibre de la tension se rétablit au point  $v$  et, par suite, celui de l'armature  $a b$ , et cela, jusqu'au moment où le réseau tout entier redevient réservoir.

C'est alors que l'usine reprend son allure primitive, fonctionnant sous tension constante jusqu'à la cessation de toute consommation, ce qu'indiquent parfaitement les compteurs d'énergie placés, l'un sur le conducteur d'émission,

à la sortie de l'usine, l'autre sur *le circuit de retour*. Lorsqu'il n'y a plus de consommation en ville, s'il n'y a pas de pertes, leurs indications doivent être identiques.

Nous venons de voir que, lorsque le circuit ou le réseau d'émission cesse partiellement de fonctionner comme réservoir, il est nécessaire que l'usine modifie sa force électro-motrice d'émission dans le sens indiqué par le *courant de retour* pour faire arriver au point *v* la somme d'énergie qui y manque.

Mais cette correction nécessitée par le point *v* n'apportera-t-elle pas un certain trouble dans les autres points?

Évidemment, et il n'en peut être autrement, car si l'on relève la force électro-motrice pour ce point qui est le plus faible, tous les autres subissent les conséquences de ce fait.

Pour y obvier, chaque abonné aura à sa disposition, pour régler sa consommation un moyen analogue à celui que l'usine emploie, pour régler sa force électro-motrice, suivant les besoins de la distribution.

Nous emploierons, pour ce but, l'appareil que nous avons représenté fig. 19 et décrit plus haut, comme régulateur d'émission. Nous l'appellerons *régulateur de consommation*.

Il se compose des mêmes organes que le régulateur d'émission lequel a été décrit plus haut. Il n'y a pas de courant de retour. Le courant est pris chez l'abonné lui même. Lorsque la tension tend à s'élever, l'énergie de l'électro AB dominera et fera fermer un circuit local sur la bobine *Bs* dont le mouvement, par les procédés indiqués plus haut, introduira dans le circuit distributeur des résistances successives jusqu'à ce que l'équilibre de l'armature soit rétabli, ou, mieux, jusqu'au rétablissement de la tension d'entrée. Au contraire lorsque cette tension aura une tendance à baisser, le contre-poids *P*, qui dominera alors, fera basculer l'armature en sens inverse et aura pour effet de faire tourner la bobine *Bs* pour enlever du circuit la résistance nécessaire au rétablissement de la tension d'entrée.

Toute la distribution est là.

(A). Sur le plan fig. 19, les prises de courants des abonnés ne sont pas indiquées. Il suffit de savoir que le réseau R est réuni à l'usine par la borne + de la machine dynamo-électrique et d'un autre côté aux abonnés, en sorte que s'il n'y a aucune communication chez les abonnés le courant ne revient à l'usine que par le fil de retour. Les abonnés sont réunis au réseau et à la terre. Le pôle négatif de l'usine est aussi réuni à la terre.

## Récipient de distribution ou distributeur.

Nous avons supposé, dans ce que nous venons de dire relativement au régulateur d'émission, que l'usine est située au centre même du réseau, qu'elle envoie autour d'elle et dans toutes les directions des courants électriques pour les applications diverses auxquelles peut donner lieu l'emploi de l'électricité.

Mais il peut en être tout autrement. L'usine peut avoir des raisons pour se placer hors de la ville.

Cela étant, pour remplir les conditions nécessaires à un réseau de distribution, pour créer et assurer sa *fonction réservoir* les dépenses seront évi-

demment plus grandes, il faudra des conducteurs de sections doubles pour être dans les mêmes conditions que précédemment, c. à. d, lorsque l'usine est centrale.

Nous tournons la difficulté en faisant ce que M. H. Giroud nous a appris à faire dans le cas du gaz, nous employons *le récipient de distribution* que nous appelons aussi *distributeur*.

Ce récipient de distribution sera une batterie secondaire de M. Planté. Plus simplement et surtout plus économiquement, *le récipient de distribution*

*consistera en une masse métallique de la meilleure conductibilité possible.*

Que l'on emploie l'un ou l'autre, ce récipient de distribution sera placé en un ou plusieurs points du réseau, suivant l'importance de celui-ci par rapport aux dimensions des conducteurs qui constituent le réseau.

Nous n'avons pas à décrire ici l'élément secondaire, il est connu de tous.

Quant à la masse métallique sa forme rationnelle qui est recommandée par l'économie, est celle d'une demie sphère.

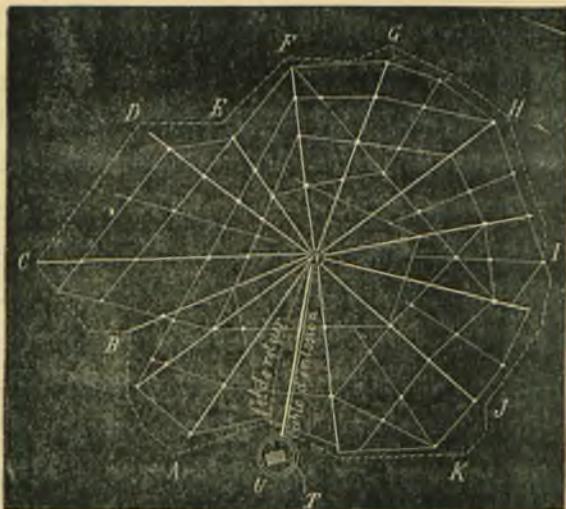


Fig. 20.

Pour fixer les idées sur l'emploi et l'importance de notre récipient de distribution, supposons, fig. 20, une ville renfermée dans un périmètre A, B, C, D, E, F... L'usine U est en A. Soit  $v$  la masse métallique ou la batterie secondaire placée au centre du réseau, où nous supposons que se fait la plus grande consommation, et réunie à l'usine U par un *câble d'émission*.

Ce câble est tout-à-fait indépendant du réseau, il n'a d'autre service à faire que celui du distributeur  $v$ .

L'usine est encore reliée au point  $v$  par notre fil de retour marqué sur le plan en pointillé.

Faisons partir de ce point  $v$ , tous les conducteurs du réseau et relient les entr'eux au moyen de conducteurs transversaux, de façon à former un réseau qui comprendra toutes les rues de la ville.

Fixons en  $v$ , au moyen de notre régulateur d'émission, la tension  $t$  que l'expérience aura préalablement déterminée et qui doit être rendue constante dans le réseau.

On comprend sans peine que la tension électrique  $t$  restera constante en  $v$  si l'usine lui envoie dans l'unité de temps un volume d'électricité précisément égal à celui qui en sort.

Par le fait de la consommation l'équilibre de tension, dans le distributeur  $v$ , tendra à se modifier, et, le fut-il en réalité, par suite de l'exagération de la dépense demandée à un seul conducteur, que les liaisons de tous les conducteurs entr'eux tendraient à son rétablissement en même temps que le régulateur d'émission, avisé par le courant de retour, modifierait la tension  $T$  d'émission pour rétablir en  $v$  la tension  $t$  qui doit être constante.

Le récipient de distribution est donc l'âme de la distribution. Il remplace l'usine qui serait placée là et qui doit obéir à ses moindres ordres. Il est le point de départ de toute la distribution. Il est la *source inépuisable, sans résistance, chargée constamment au même potentiel*, qualité précieuse, si l'on veut

bien se reporter à notre formule (8)  $\frac{E^2}{R_g + R_e + R_d + R_r}$  au sujet de laquelle nous disions que  $R_g$  et  $R_e$  devaient être égales à zéro ou au moins très-petites.

On peut aller plus loin en multipliant les centres de distribution et en les rapprochant de la consommation.

Les fig. 21 et 22 donneront une idée de la combinaison.

En développant l'idée, rien ne s'oppose à ce que l'on puisse considérer le point où est fait le branchement de chaque abonné, comme une source inépuisable changée constamment, par le même procédé, à un potentiel constant.

En effet, si nous prenons  $T$  pour la tension variable de l'usine, si nous nommons  $t$  la tension moyenne constante du distributeur et  $t'$  la tension à la deuxième borne de l'usine, si, comme nous l'avons admis par hypothèse, et

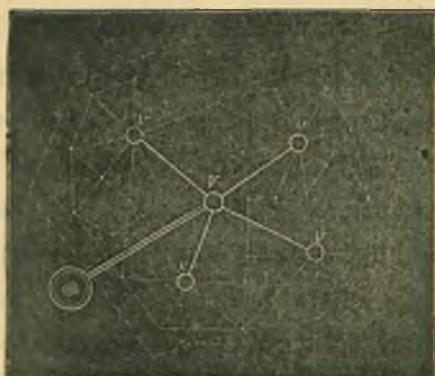


Fig. 21.

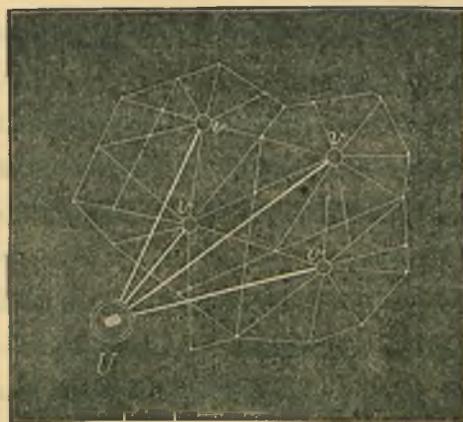


Fig. 22.

comme chose indispensable, le réseau a été calculé pour la *fonction réservoir*, nous pouvons dire, que le réseau sera alimenté sous la tension variable  $T-t$  égale à un nombre de volts très-petit, avec une très-petite perte d'intensité par conséquent; que chaque abonné sera desservi sous une tension constante et qu'il pourra utiliser des quantités très-variables sous la tension différentielle  $t-t'=75, 80, 90, 100, 150$  volts, suivant le régime que l'usine aura établi.

---

## R é s u m é.

---

Nous pouvons résumer de la manière suivante les avantages qu'apporte le *distributeur* combiné avec l'emploi du *régulateur d'émission et du courant de retour* :

Émission toujours assurée et proportionnée automatiquement aux besoins de la consommation.

Création d'une source inépuisable, sans résistance.

Rapprochement de cette source aussi près que l'on veut de la consommation.

Économie d'installation par les câbles d'émission.

Certitude absolue que toute dépense faite pour le réseau est utilement faite.

Certitude non moins absolue lorsqu'il s'agira de la recherche d'un conducteur insuffisant.

Réduction au minimum des pertes par les fuites, puisque la tension d'émission correspond strictement aux besoins de la consommation.

Augmentation de l'émission, en cas de besoin, sans aucun changement dans le réseau.

---

## Régulateurs rhéométriques.

---

Dans la régulation des courants électriques, comme dans la régulation des courants gazeux, trois cas se présentent :

1°. Si la quantité en écoulement doit être *constante* parce que le conducteur alimente seulement un récepteur,  $t-t'$  doit être rendue invariable.

$t$  est la tension à la borne d'entrée, et  $t'$  la tension à la borne de sortie,  $t-t'$  représente toujours un certain nombre de volts.

2°. Si la quantité en écoulement est limitée au débit que peut faire un conducteur sous une vitesse maxima, il suffit de rendre  $t$  constant  $t-t'$  ayant une valeur négligeable.

$t$  est la tension à l'entrée du conducteur et  $t'$  la tension à la <sup>la</sup> sortie, la différence  $t-t'$  étant très petite.

3°. Si la quantité en écoulement doit être tantôt très-considérable, tantôt très-petite, parce que le conducteur alimente tout un réseau, c'est T que l'on doit faire varier à la sortie de l'usine.

Dans le premier cas, on emploie le régulateur que nous appelons, toujours par analogie, régulateur rhéométrique.

Dans le 2° cas, c'est le régulateur de tension.

Dans le 3° cas, c'est le régulateur d'émission.

Nous ne nous occuperons ici que du régulateur rhéométrique.

Pour fixer les idées, nous prendrons, par exemple, une lampe à arc voltaïque.

Il s'agit de rendre constante l'intensité  $I$  du courant qui la traverse en rendant invariable la différence  $t-t'$ .

Généralement, lorsqu'on parle d'une lampe, du réglage de l'écart, on dit: „tant que le courant principal conserve une intensité déterminée (courant qui traverse l'arc) c'est-à-dire, tant que l'arc voltaïque n'a pas une trop grande longueur, le mouvement d'horlogerie est embrayé et empêche la tige motrice de descendre, mais à l'instant où l'équilibre est rompu, la puissance de l'électro-aimant (dérivé) augmente, l'armature est attirée, ce qui détermine le déclanchement du rouage et permet, par suite, à la tige positive de descendre; les crayons se rapprochent et l'arc diminue.“

Ce langage, qui se rapporte à tous les appareils connus est bien l'expression de ce qui devrait être, mais, en réalité, il n'exprime que le désir de ce qu'on voudrait qui soit.

En effet, dès que le point qui marque l'équilibre est dépassé, il faudrait que l'action mécanique nécessaire au rétablissement de l'équilibre se manifeste effectivement. Généralement il est loin d'en être ainsi: la force régulatrice a besoin de grandir et de dépasser sensiblement celle qui fait équilibre à l'action magnétique pour commencer à régler. Avec le régulateur ordinaire, nous l'avons observé maintes fois, cette action régulatrice ne produit son effet que sous une différence de tension de 8 à 12 volts, ce qui est énorme et qui représente un travail équivalent à 8 ou 12 *k. m. s.* pour une lampe qui utilise 10 webers.

Nous avons dit que: *dès que le point qui marque l'équilibre est dépassé il faut, qu'au même instant, une action mécanique intervienne pour rétablir l'équilibre.*

Nous ajouterons, *cette action mécanique doit être indépendante ne se produire qu'au moment où  $t-t'$  est dépassée et cesser au moment précis où  $t-t'$  est rétablie.*

Supposons qu'un galvanomètre Deprez à fil fin soit placé en dérivation sur le circuit de la lampe, aux deux bornes de celle-ci; supposons que  $t-t'$ , que nous voulons rendre constante, égale 60 volts. Marquons sur le galvano-

mètre le point où est située la division qui correspond à 60 volts; faisons passer par ce point, et interrompu en ce point, un second circuit dérivé qui traversera un électro-aimant AB d'une grande résistance, dont dépendra le mouvement du rouage moteur ainsi que l'indique la fig. ci-contre.

Tant que l'aiguille du galvanomètre n'est pas exactement sur le point de la division correspondante à 60 volts, le second circuit dérivé reste ouvert, l'électro aimant AB est inactif et le rouage est enclenché; mais, dès que ce point est atteint, l'aiguille du galvanomètre ferme le 2<sup>e</sup> circuit dérivé, l'électro AB

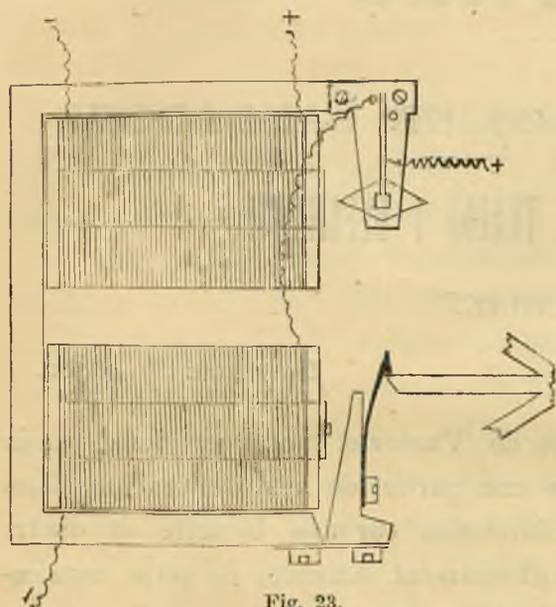


Fig. 23.

devient actif, attire l'armature *ab* qui est tout-à-fait libre et déclenche le rouage moteur, les charbons se rapprochent jusqu'à ce que  $t-t'=60$  volts soit rétablie; à ce moment l'aiguille du galvanomètre ouvre le circuit de l'électro AB, celui-ci devenant inerte enclenche le rouage jusqu'à une nouvelle rupture d'équilibre. Le mouvement de l'aiguille du galvanomètre qui détermine l'ouverture ou la fermeture du circuit, et par suite, le mouvement ou l'arrêt du rouage, se faisant sous une variation de distance qui dépasse à peine  $\frac{1}{10}$  de millimètre

on conçoit très bien que l'arc, sa résistance, l'intensité du courant seront parfaitement réglés.

D'après cette donnée, il est facile d'imaginer un dispositif simple capable de réaliser l'idée. La fig. 23, ci-contre, en est un exemple.

Ce n'est pas une solution complète sous certains rapports, mais elle donne toutefois des résultats dont *on peut se contenter en pratique*. Dans les conditions les plus défavorables j'ai pu utiliser dans l'arc 66 % du travail électrique total, et, dans des conditions meilleures, je suis arrivé à 87 %. Cette disposition est employée dans les lampes que j'expose.

Varsovie le 29/5 1881.

**A. Gravier**

Ing. Civ.

## CERTIFICAT.

TOWARZYSTWO AKCYJNE ZAKŁADÓW

PRZĘDZALNI BAWĘLNY, TKALNI I BLECHARNI

„ZAWIERCIE.”

BIURO FABRYCZNE,

ZAWIERCIE 13/11 1880.

À la demande de M. A. Gravier de Varsovie, nous certifions par la présente que M. Gravier a installé dans une partie de nos ateliers huit lampes électriques d'après *son système de distribution* sur une batterie de quatre machines Gramme. Nous déclarons être absolument satisfaits de cette installation. L'éclairage est infiniment meilleur que celui qui nous était fourni par le gaz. La lumière est tranquille, silencieuse et tout-à-fait fixe. Chaque lampe, comme un bec de gaz, est indépendante des autres.

Par procuration de la société par action „Zawiercie.”

Signé. Docteur *L. Heffter.*

TOWARZYSTWO AKCYJNE ZAKŁADÓW  
PRZEDZALNI BAWĘŁNY, TKALNI I BLECHARNI  
„ZAWIERCIE.”

Varsovie 7 Juin 1881.

Monsieur A. GRAVIER,  
ingénieur civil à Varsovie.

Je m'empresse de vous annoncer que l'installation électrique que vous avez créée dans notre impression de cotonnades de Zawiercie nous donne les résultats les plus satisfaisants.

Les huit lampes fonctionnant sur quatre de nos anciennes machines Gramme (construction Bréguet) éclairent depuis huit mois notre cuisine à couleurs (laboratoire), nos ateliers de pliage avec une intensité comparable à celle de 400 becs de gaz — *intensité qui n'est pas photométrique, mais effective*, vu la nécessité qu'il y a dans ces ateliers de se faire une idée exacte des couleurs en jeu et des moindres altérations de nuance.

L'éclairage au gaz de pétrole nous coûtant 20,000 roubles pour 2,000 heures et 2,000 becs soit 50 kopeks par heure et par 100 becs, ou 2 roubles pour 400 becs, le prix de la lumière électrique calculé d'après nos livres à 7½ kopeks par heure et par lampe soit 60 kopeks pour huit lampes qui sont pour nous l'équivalent de 400 becs de gaz, réalise les conditions économiques les plus favorables.

Si même nous comparons le prix de la lumière fournie par les huit lampes avec celui des 200 becs de gaz que nous avons effectivement éteints dans nos ateliers de pliage, les avantages économiques restent à l'éclairage électrique.

Veillez agréer, Monsieur, l'assurance de ma parfaite considération.

Le directeur gérant  
signé: Sigismond Rzyszczewski.



400000000135968

BIBLIOTEKA GŁÓWNA  
Politechniki Warszawskiej

ND.0162

## TABLE DES MATIÈRES.

## 1°. Générateurs d'électricité.

Type élémentaire de quatre chevaux. . . . .	4
Modification des inducteurs. . . . .	7
Types B. BB. BBB. de 20, 40, et 60 chevaux. . . . .	8
Types C. CC. CCC. de 30, 60, et 90 chevaux. . . . .	8
Machines à courants alternatifs. . . . .	8
Machines sans frotteurs pour courants continus. . . . .	8
„ „ pour courants alternatifs. . . . .	10

## 2°. Transformateur de courants.

Définition . . . . .	11
Démonstration . . . . .	12
Construction . . . . .	13
Production des courants alternatifs et transformation d'un courant continu en courants alternatifs. . . . .	15
Excitation des inducteurs. . . . .	16
Avantages . . . . .	16
Revendications . . . . .	17

## 3°. Distribution d'électricité.

Définitions. . . . .	18
Analogies qui conduisent directement à la division d'une source d'électricité. . . . .	19
Distribution d'une source d'électricité . . . . .	19
Lois de la distribution de l'électricité. . . . .	20
Réalisation.—Description d'une usine à électricité avec distribution . . . . .	23
Description et détails des dispositions employées dans l'usine . . . . .	24
1°. Usine. . . . .	24
2°. Distribution . . . . .	26
3°. Niveleurs . . . . .	26
4°. Récepteurs. . . . .	27
Distribution de l'électricité.—Régulateur d'émission à <i>courant de retour</i> . . . . .	31
Fonctionnement. . . . .	34
Récipient de distribution ou distributeur. . . . .	38
Résumé. . . . .	38
Régulateur rhéométrique. . . . .	38
Certificats. . . . .	—

BIBLIOTEKA  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ  
Warszawa, Pl. Jedności Robotniczej 1

ND. 162