

ne subissait-il pas aussi deux taxes selon ses usages ? Nul ne pouvait sucrer son café sans s'être préalablement acquitté d'un droit lourd, tandis que le marchand de vin et le vigneron pouvaient mettre du sucre *dénaturé* dans leurs tonneaux, à prix réduit.

Entre ces exemples et l'industrie électrique de l'éclairage et du transport de force, n'y a-t-il pas quelque analogie ? Ne pourrait-on pas dire, au point de vue fiscal — si extravagant que cela puisse paraître — que l'Électricité comme le sel, le sucre, l'alcool, est une seule et même substance ; sous forme lumière elle est de consommation directe ; mais sous forme force-motrice elle entre dans une industrie qu'il s'agit non seulement de ne pas restreindre, mais bien au contraire de favoriser dans la plus large mesure. Donc, il faut dégrever l'Électricité-force motrice. Qu'on veuille à sa *dénaturation*, c'est logique. Ici ce sera d'empêcher le courant, acheté au tarif de la force, d'être transformé en lumière et c'est une fraude facile à éviter.

Je m'en tiens à ces arguments car je n'ai pas la prétention d'épuiser la question en un article. Je vais donc me résumer et le faire en choisissant un exemple qui pose un problème fiscal d'apparence compliquée, pour bien montrer qu'en tenant compte de toutes les considérations précédentes sa solution est en réalité très simple.

\*  
\*

Voici une Société propriétaire... mettons dans les Pyrénées — on a bien assez souvent vanté les Alpes ! Songeons un peu à « leurs sœurs jumelles », pour parler comme un député au Congrès de la Houille blanche — propriétaire, dis-je, dans les Pyrénées, d'une chute d'eau et d'une mine de blende. La chute est à 7 kilomètres de la mine. Cette dernière est à l'altitude de 2.000 mètres et pour que le travail y soit continu toute l'année, on a construit des logements ouvriers à l'entrée des galeries. Le minerai arrive à l'usine de traitement par des transporteurs aériens et les lingots de zinc descendent à la gare la plus proche par un petit chemin de fer d'exploitation long de 3 kilomètres. L'extraction du métal du minerai a lieu au four électrique (on dira que je prends pour exemple une application qui n'existe pas encore, mais peu importe, la nature du métal n'influe en rien sur la solution de ce problème ; d'ailleurs ce cas existera sous peu, j'en parle par expérience, et il synthétise tous les autres).

Le travail de la chute transformé en énergie électrique sert : 1° à mettre en œuvre les perforatrices creusant les galeries et les broyeurs préparant le minerai ; 2° à éclairer les galeries et les logements ouvriers ainsi qu'à chauffer ces derniers l'hiver, le prix de revient de l'énergie étant assez bas pour permettre cette application ; 3° à l'alimentation des fours électriques de l'usine ; 4° à remonter les wagonnets vides de la gare à cette usine. 1.500 chevaux sont affectés à ces divers usages.

Mais non loin de la ligne qui sert au transport électrique de l'énergie de la chute à cette installation se trouvent une ville et une région industrielles où prospèrent des ateliers de tourneurs sur bois et des tissages (Voyez flanelle des Pyrénées !). La Société minière va donc distribuer dans cette région de la lumière électrique et de la force motrice : mettons 400 chevaux pour l'éclairage et 800 chevaux pour la force motrice.

Enfin, un fabricant de carbure de calcium loue sur le passage du transport d'énergie de la chute à l'établissement métallurgique une puissance de 600 chevaux, mais en moyennes et hautes eaux seulement.

La Société minière a contracté, avec tous ses acheteurs d'électricité, des contrats disant que la puissance fournie par la chute devra toujours assurer la distribution de lumière et de force ; qu'en basses eaux elle se réserve un minimum de 1.000 chevaux sur le surplus et qu'alors le fabricant de carbure devra se contenter du reste.

Quelles patentes paiera cette Société considérée comme « exploitant d'électricité ? »

1° Sur les 1.500 chevaux qu'elle emploie elle-même, elle ne paiera aucune taxe ; elle les vend incorporés au zinc ; elle est assimilable au minotier, au fabricant de ciment dont nous avons étudié le cas précédemment ;

2° Pour les 400 chevaux qu'elle vend sous forme d'éclairage électrique elle paiera 1 franc par kilowatt ;

3° Pour les 800 chevaux distribués en force motrice elle sera soumise à la taxe dont le chiffre reste à établir.

4° Enfin, les 600 chevaux vendus au fabricant de carbure pourront être taxés au même titre que les chevaux de force motrice, bien que considérés comme un résidu d'énergie ils soient d'un revenu négligeable pour la Société.

Ainsi on ne complique rien ; on apporte simplement dans la stricte application du principe même de la loi des patentes la justice logique et nécessaire.

E.-F. CÔTE.

---

## LES COMPTEURS ÉLECTRIQUES "STANLEY"

### POUR COURANTS ALTERNATIFS

Conférence faite au GROUPE TECHNIQUE DE LYON  
dans sa séance du 24 décembre 1903.

#### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

**Nécessité des compteurs.** — L'énergie électrique est devenue, actuellement, dans le monde entier, une « denrée » usuelle et il était naturel de chercher le moyen de la livrer, ou de l'acheter, dans les conditions les plus loyales, sauvegardant à la fois les intérêts des Sociétés productrices de courant électrique, et des consommateurs.

Jusqu'à ce jour, et bien qu'un grand nombre d'ingénieurs-électriciens français aient été frappés par l'imperfection des appareils intégrateurs d'énergie électrique, il semble que les Sociétés d'éclairage et de force motrice aient laissé dans l'ombre cette question, pourtant vitale, de l'enregistrement des kilowatts-heures fournis réellement aux consommateurs. Beaucoup de Sociétés même ignorent l'usage d'un wattmètre, et ne vérifient leurs compteurs, à des intervalles périodiques plus ou moins éloignés, qu'au moyen de lampes *étalons*, souvent à consommation mal définie. On a fini par admettre qu'il n'y avait vraiment aucun compteur *scientifique* et, devant les ennuis occasionnés par ces appareils : dérèglages fréquents, arrêts, retards ou avances inexplicables, contestations, procès, etc., quelques Sociétés ont adopté le système dit « à forfait » qui, à notre avis, est *illogique* et donne rarement satisfaction aux consommateurs. En outre, il constitue une prime au *gaspillage* et à la *fraude*, à moins de se livrer à des installations coûteuses et peu pratiques, avec limiteurs d'intensité, douilles spéciales pour chaque intensité de lampes, etc.

Le seul fait de l'existence d'un semblable moyen de contrôle prouve surabondamment le peu de crédit dont jouit l'exactitude des compteurs usuels. Sans doute les constructeurs ont-ils fait de louables efforts pour l'amélioration de leurs appareils et, tout en observant quelques progrès de

détails, il faut bien reconnaître que, devant une concurrence sans merci, ils n'ont pas tardé à se trouver dans l'obligation de faire *meilleur marché*, plutôt que *mieux*. Et les Sociétés, restant incrédules sur les promesses de chaque constructeur, allaient vers le compteur *du plus bas prix*. Cette attitude était logique tant qu'aucun constructeur ne pouvait garantir : 1<sup>o</sup> l'exactitude, 2<sup>o</sup> l'indéréglibilité et la permanence de cette exactitude pendant une longue durée de marche de leurs appareils.

**Qualités à exiger des compteurs.** — Les qualités que doit remplir un compteur d'énergie électrique sont les suivantes :

1<sup>o</sup> L'erreur d'enregistrement ne doit pas dépasser un chiffre très restreint, et doit être indépendante de la charge. Autrement dit, le compteur doit présenter très sensiblement la même exactitude depuis la consommation la plus faible — celle d'une lampe de 5 bougies demandant 20 watts — jusqu'à la capacité maxima du compteur.

En un mot, la courbe du compteur (erreur % en fonction de la charge) doit être très sensiblement une ligne droite parallèle à l'axe des X.

2<sup>o</sup> Le compteur doit être insensible aux variations de la force électro-motrice dans une limite pouvant atteindre 10% des courants mesurés, et également aux variations légères dans la fréquence des courants alternatifs.

3<sup>o</sup> Les conditions d'enregistrement doivent être également indépendantes du facteur de puissance du circuit, qui varie suivant la nature de la charge, et de la forme de l'onde du courant alternatif.

4<sup>o</sup> Le compteur doit être insensible aux courts-circuits suffisants pour faire fondre les coupe-circuits sur la ligne du compteur, également aux variations de la température et à la nature de l'ambiance extérieure.

5<sup>o</sup> La consommation d'énergie dans le compteur lui-même doit être très faible. Autrement dit, la perte dans le circuit dérivé du compteur et la chute de tension dans les spires de série doivent être très faibles à la charge maxima.

6<sup>o</sup> Le compteur doit conserver ses constantes pour un usage ininterrompu.

### COMPTEUR "STANLEY"

**Principe.** — Le compteur Stanley, dont je vais vous donner la description, satisfait à toutes ces conditions.

Il est du type à *champ tournant* et se compose, comme tous les appareils similaires, d'un disque de métal qui se meut sous l'action combinée d'une force motrice et d'une force retardatrice qui s'oppose au mouvement. La première étant proportionnelle à l'énergie du circuit à mesurer, la seconde étant en raison directe de la marche de l'appareil. La multiplication du nombre de tours par une constante, déterminée par le fabricant, donne le nombre de kilowatts-heures. Un système d'horlogerie, à frottements négligeables, placé entre l'arbre du disque et les aiguilles des cadrans, transforme directement les tours en kilowatts-heures.

**Description.** — **EXTÉRIEUR DU COMPTEUR** (fig. 1). — L'appareil que vous avez sous les yeux est enfermé dans une caisse de fonte de très faible encombrement, sur laquelle vient se visser un couvercle en métal plus léger, et qui se raccorde à la caisse par un rebord avec joint caoutchouté. Ce joint est scellé à l'usine au moyen de mastic au minium. De même pour les cavités livrant passage aux vis de fixation du couvercle, qui sont également scellées, l'appareil n'ayant plus besoin d'aucun soin pendant un temps d'usage pratiquement sans limite. Le couvercle est muni de deux fenêtres parfaitement étanches et des glaces permettent de voir les cadrans et le disque. La caisse en fonte porte les bornes nécessaires aux connections. Deux prolongements servent à fixer l'appareil au tableau; la verticalité absolue n'est pas nécessaire et se règle à l'œil. Le compteur se transporte

sans aucune précaution spéciale. L'ensemble est absolument étanche et bien clos.

**INTÉRIEUR DU COMPTEUR.** — Si nous enlevons le couvercle, l'appareil se présente suivant la fig. 2.

On trouve successivement : 1<sup>o</sup> Un bâti en bronze fixé par quatre vis à la caisse métallique et portant : A la partie antérieure, la *partie retardatrice* composée de deux forts aimants permanents agissant comme un seul (fig. 2); A la partie postérieure (fig. 3) la *suspension magnétique du disque*.

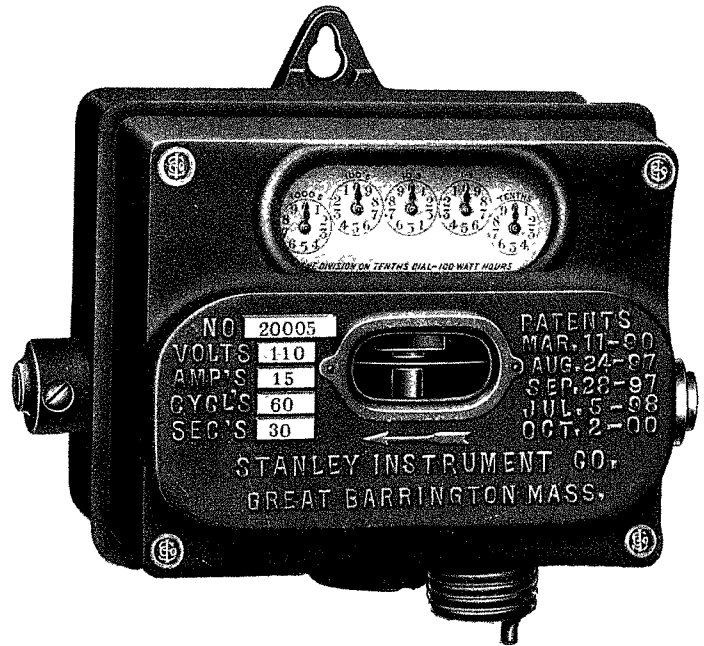


Fig. 1. — Vue extérieure du compteur.

2<sup>o</sup> La *partie motrice*, composée de six bobines. Le circuit dérivé, constitué par quatre bobines en série placées autour des noyaux de deux électro-aimants en forme d'U et symétriquement placés par rapport au disque de rotation. Le circuit série, constitué par deux bobines en série faite d'une lamelle en cuivre laquée, et également symétriquement placées par rapport au disque. Un écran en fer doux placé au-dessus de ces bobines en série, et percé d'une fenêtre assez large pour le passage du disque, constitue un *pare courts-circuits*. Cet écran absorbe, en effet, les courants d'induction pouvant provenir des bobines-série et les empêche d'influencer le rotor ou les aimants permanents.

**PARTIE RETARDATRICE OU FREIN** — Les deux aimants formant frein sont solidaires du bâti en bronze au moyen de colliers et de vis. Ils s'appuient sur deux masses polaires communes, réglées, dans leur position respective de façon à laisser entre elles un *entrefer convenable* et parfaitement invariable.

**Suspension magnétique** (fig. 3 et 4). — La suspension magnétique du disque permet d'obtenir la suppression complète de tout frottement dans le rotor, l'exactitude depuis les plus petites charges, et la permanence de cette exactitude, grâce à un dispositif assurant la *stabilité absolue de la position dans l'air, sans aucun support mécanique, du disque*.

Cette suspension est obtenue au moyen d'un fort aimant permanent, en forme d'U, et de deux masses polaires creuses, en acier. Le disque en aluminium est monté sur un arbre vertical, en acier doux, portant à la partie inférieure une embase, la partie supérieure présentant au contraire un diamètre plus petit et étant effilée. L'embase vient s'insérer dans la cavité ménagée dans la masse polaire inférieure; l'autre extrémité de l'arbre vient se placer dans la cavité de la masse polaire supérieure. Mais il existe un

espace libre entre l'arbre en acier et chacune de ces cavités. Ces dernières sont garnies de masses intérieures anti-magnétiques disposées de telle sorte que si l'ensemble du disque et de l'arbre avaient tendance à s'abaisser ou à s'élever, l'action du flux aurait pour effet de ramener le disque dans la *position d'équilibre stable bien définie* pour laquelle le *circuit magnétique* à travers les masses polaires et l'arbre est *minimum*.

Tout mouvement latéral du disque est empêché par une corde en acier très résistant (corde de piano), qui traverse de part en part l'arbre de suspension ainsi que les masses polaires. Cette corde de piano est tendue à environ 12 kilogs au moyen d'un ressort, entre la masse polaire supérieure et la vis qui, à la partie inférieure se visse dans le bâti en bronze, avec contre-écrou (fig. 3 et 4). L'arbre qui porte le disque présente à ses deux extrémités deux petits coussinets en bronze phosphoreux, très réduits comme dimensions. La corde de piano traverse librement ces deux coussinets ainsi que l'évidement intérieur plus large de l'arbre.

De cette façon, ladite corde sert d'axe de rotation et, comme la partie motrice est faite de façon à ce qu'il *n'y ait aucune pression latérale sur le disque*, il *n'y a aucun frottement* de l'arbre sur la corde (par l'intermédiaire des deux petits coussinets), ce dont il est facile de se convaincre par le très faible courant nécessaire au démarrage des compteurs « Stanley », courant qui compense simplement les frottements, d'ailleurs très faibles, de la minuterie.

**PARTIE MOTRICE. — Circuit dérivé.** — Le circuit dérivé se compose de quatre bobines enroulées sur des électro-aimants en forme d'U, et en acier doux lamellé. Ces électro-aimants sont disposés de façon à créer des pôles de polarité alternativement différente et à laisser un entrefer dans lequel se déplace le disque. Les pôles de chaque noyau sont munis d'un *pont magnétique* qui les enveloppe et dont ils ne sont séparés que par un entrefer garni de masse

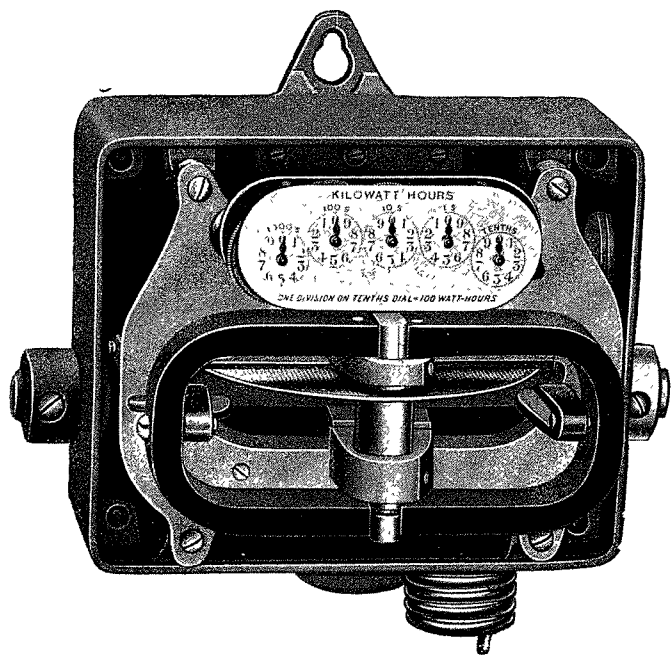


Fig. 2. — Vue de face de la structure des supports, montrant les aimants, le frein, etc.

antimagnétique, et dont l'épaisseur a été convenablement déterminée par rapport à celle de l'entrefer dans lequel se déplace le disque. On comprend, en effet, que ces ponts magnétiques, créant de véritables dérivations du flux de l'enroulement de tension, il soit facile d'obtenir un ajustage précis de la partie motrice, car le flux dans lequel le disque aura à se mouvoir dépend de la valeur du flux dans l'entrefer des ponts magnétiques par rapport aux noyaux des électro-aimants. Si ces deux entrefers sont réglés de façon à

avoir un coefficient d'induction constant et une faible réluctance magnétique, l'inductance du système et, par suite, la constance de l'appareil seront très élevés. On obtient ainsi un certain décalage du courant de tension. Lorsque le disque est introduit dans l'entrefer des électro-aimants, le flux magnétique de cet entrefer est influencé de façon telle que le flux effectif ne coïncide plus, en phase, avec celui traversant les entrefers des ponts magnétiques, c'est à-dire avec le flux traversant les bobines. Il est retardé par l'action des courants de Foucault dans le disque. On peut donc obtenir le décalage parfait de 90° entre les deux flux principaux du système en construisant un *disque de conductibilité convenable*, ce qui complètera le décalage obtenu, ainsi que nous l'avons vu précédemment, du complément nécessaire.

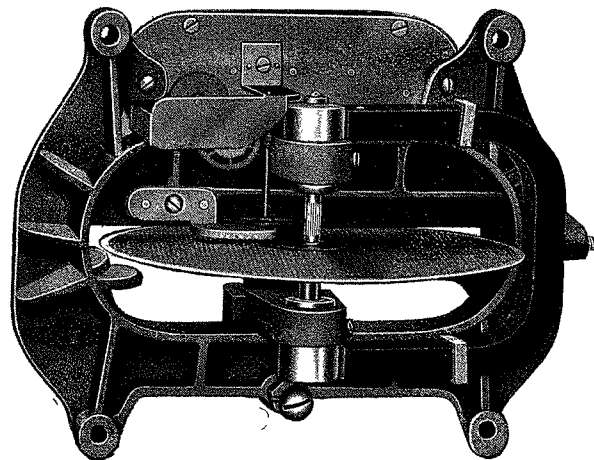


Fig. 3. — Vue arrière de la structure montrant la suspension magnétique, la partie rotative et le dispositif du frein.

Afin d'empêcher la marche à vide, deux petites palettes en cuivre, portées par l'écran dont nous avons parlé tout à l'heure, peuvent venir masquer une partie de l'un ou l'autre pôle des électro-aimants. De cette façon, quand le circuit dérivé seul du compteur est sous l'influence de la force électromotrice, deux forces égales agissent sur le disque et s'annihilent exactement. Une partie également de chaque branche des noyaux des électro-aimants est encerclée par une *bague de cuivre* d'un poids et d'une conductibilité appropriés; ces bagues ont pour but de retarder le passage du flux au travers de ces pôles, et créent une force qui équilibre celle qui aurait tendance à agir sur le disque et à le chasser.

**PERTES DANS LE COMPTEUR.** — La perte dans le circuit dérivé des compteurs « Stanley » varie entre 1 watt à 2 w. 5, suivant les types et les capacités, voltages, fréquences, etc. La perte en volts dans les bobines-série est de 1/2 volt à pleine charge.

**Avantages.** — La précision rigoureuse et constante des compteurs « Stanley » résulte donc :

1° De la qualité ainsi que des dimensions appropriées des aimants permanents ;

2° De l'action parfaite et indérégable du frein ;

3° De la suppression complète de tout frottement dans la partie rotative ;

4° De l'ajustage précis de la partie motrice, tant sous le rapport du décalage à 90° des deux champs principaux, qu'au point de vue de la direction du couple moteur agissant tangentiellement au disque, sans aucune pression sur la corde servant d'axe de rotation ;

5° Du réglage exact de la marche à vide ;

6° De l'annulation complète de l'influence des courants d'induction des bobines-série sur les aimants permanents ;

7° De la réalisation remarquablement ingénieuse d'une position d'équilibre *absolument stable* du disque dans l'es-

pace, sans aucun support mécanique, et cela pendant une durée pratiquement sans limite.

Il est, en effet, intéressant d'observer la facilité de démarrage des compteurs « Stanley », quelle qu'en soit la capacité, sous les plus faibles consommations et indépendamment de la nature de la charge. De même pour le changement instantané de la vitesse de régime quand on passe brusquement d'une très faible charge à une très forte, ou inversement.

Et, malgré cette sensibilité, il n'y a aucun entraînement du disque sur la dérivation seule.

Cette exactitude complète des compteurs « Stanley » sous les faibles débits est de la plus haute importance pour les Sociétés d'Éclairage et de Force, car on peut affirmer que les 60 % de la consommation, se produisent avec des débits inférieurs au 1/10 de la capacité des compteurs.

Chez certains gros consommateurs, il n'est pas rare de trouver actuellement deux canalisations ou trois, chacune munie de son compteur, afin d'éviter les pertes par non-enregistrement des faibles débits d'un compteur unique de plus grande capacité.

Le dispositif de la *suspension magnétique de la partie rotative*, tout en supprimant les frottements, rend inutiles les procédés de compoundage ou autres, auxquels on a actuellement recours pour équilibrer les frottements au départ ; procédés condamnables, car les frottements sont nécessairement variables avec le temps et l'usage, et une compensation exacte au début ne saurait que devenir illusoire après un fonctionnement plus ou moins long.

Enfin, la suppression des rubis, ou autres pierres précieuses servant de pivots, et dont l'usure est très rapide, surtout pour les courants alternatifs, présente l'avantage de supprimer toutes réparations, tout réétalonnage de l'appareil. Une fois rodés, les rubis détériorent rapidement les pointes d'acier des axes de rotation, les frottements s'accroissent, les conditions de fonctionnement s'altèrent et un réglage s'impose. Souvent même il faut remplacer le rubis et quelquefois toute la partie motrice.

Avec la suspension magnétique, aucune précaution n'est nécessaire pour le transport, la verticalité absolue de l'appareil n'est pas indispensable, et les trépidations n'ont aucune influence sur la marche des compteurs. Enfin, l'appareil étant robuste et absolument clos, les influences extérieures sont sans action. Il n'y a à craindre ni les poussières, ni les animaux, et non plus la rouille ou la détérioration, par oxydation, des éléments intérieurs de l'appareil.

Ainsi qu'on le voit le compteur « Stanley » très bien étudié dans toutes ses parties, étalonné avec le plus grand soin à l'usine, devient le véritable Wattmètre-Intégrateur industriel et peut fournir une très longue carrière — nous pouvons même dire une très *honnête* carrière — puisque le consommateur aura, pour sa part la certitude d'un mesurage parfaitement *proportionnel à sa consommation*.

Un très grand nombre de ces appareils, sont depuis plusieurs années en fonctionnement en Amérique et ont donné les résultats les plus satisfaisants. A l'heure actuelle l'emploi de ces compteurs se développe très rapidement en Europe et je suis heureux d'avoir pu vous les présenter ici, con-

vaincu que la région de la « Houille blanche » sera l'une des premières à les adopter.

Le constructeur donne pour tous ses appareils à suspension magnétique une garantie de *trois ans*, non seulement au point de vue du bon fonctionnement, mais aussi de l'*exactitude*, sans aucun entretien.

Pour les petites capacités usuelles, cette garantie s'applique aux conditions suivantes :

Aucune marche à vide ; démarrage à moins de 25 watts ; erreur inférieure à 5 % de 100 watts à 250 watts ; erreur inférieure à 2 % de 250 watts à la capacité totale. A titre d'exemple je vous présente les copies de différents essais, notamment ceux faits par le laboratoire de l'Institut Electro-technique de Grenoble (1).

E. NELSON-UHRY,

Ancien élève de l'École Polytechnique.

## TRACTION PAR MOTEUR-SÉRIE A COURANT ALTERNATIF

Le Bulletin de novembre 1903 de la SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS contient une intéressante communication de M. le docteur FINZI sur le résultat de ses essais de traction.

Le moteur-série à courant alternatif, dit-il, a été condamné plusieurs fois par une justice si sévère qu'il faut absolument un fait nouveau pour casser ses arrêts. Or, ses essais de Milan démontrent que le moteur-série réalise les conditions voulues d'un matériel de traction à haute tension et à fil unique.

Ils ont été faits sur une ligne à trolley de la ville de Milan et au moyen de l'une des voitures ordinaires du réseau dans laquelle on a, à la place du moteur G.-E. 52, suspendu le moteur-série ; la transmission du couple moteur a eu lieu par les engrenages ordinaires.

La première condition à remplir dans un moteur-série étant d'éliminer toute réaction d'induit, l'auteur supprime la magnétisation transversale par un procédé direct et magnétique : 6 pôles et 18 périodes, c'est-à-dire une polarité qui donne une vitesse synchrone bien au-dessous de la vitesse moyenne réalisée, lui ont fourni de bons résultats.

La difficulté qui résulte du crachement dû au court-circuit sous les balais ne peut jamais être éliminée, même dans les moteurs-série compensés on a répulsion où la commutation n'est bonne qu'au synchronisme. Cependant dans les essais de Milan on a constaté que le moteur ne crachait pas, même pendant les démarrages.

« Je ne crois pas, dit M. le docteur Finzi, que le fait d'avoir un bon moteur à basse tension soit un inconvénient du moteur-série. Si ce moteur comporte une alimentation rationnelle à travers un transformateur, sans présenter un poids trop considérable pour l'équipement entier, je crois plutôt que les ingénieurs des chemins de fer apprécieront un matériel où la haute tension entre seulement dans les enroulements d'un transformateur, et non pas dans les spires, fixes ou tournantes, d'un moteur plus ou moins protégé, plus ou moins accessible. »

Le moteur qui a été construit pour les essais de Milan et qui représente maintenant un des types normaux, n'a pas par lui-même un très grand rendement ; le facteur de puissance est élevé dans toutes les conditions de la pratique ; on a relevé aux diagrammes un facteur de puissance moyen de 80 pour 100 pour l'ensemble du moteur, du transformateur et de la ligne. Ce transformateur servait aussi à varier les couples moteurs et les vitesses.

Le retour du courant par les rails n'a pas présenté de difficultés et même le service téléphonique n'a pas été influencé. Les manipulations et les allures ont toujours reproduit avec exactitude le service ordinaire à courant continu.

(1) Vu leur longueur nous ne pouvons reproduire ici ces tableaux d'essais. Ceux de nos lecteurs que la question intéresse peuvent les demander à la C<sup>e</sup> Stanley, 23, boulevard des Italiens, à Paris.

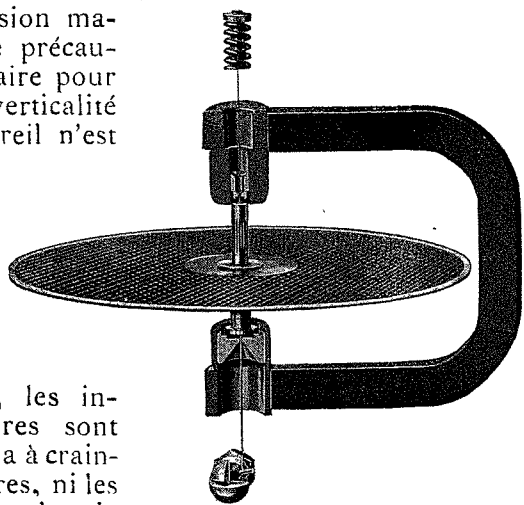


Fig. 4.  
Détail de la suspension magnétique.