

représentée par quatre, cinq et même six fois son poids en kilogrammètres. Une machine de 5 centimètres de long et pesant 220 grammes produit 1200 grammètres de travail.

C'est un petit moteur de ce genre que MM. les doc-

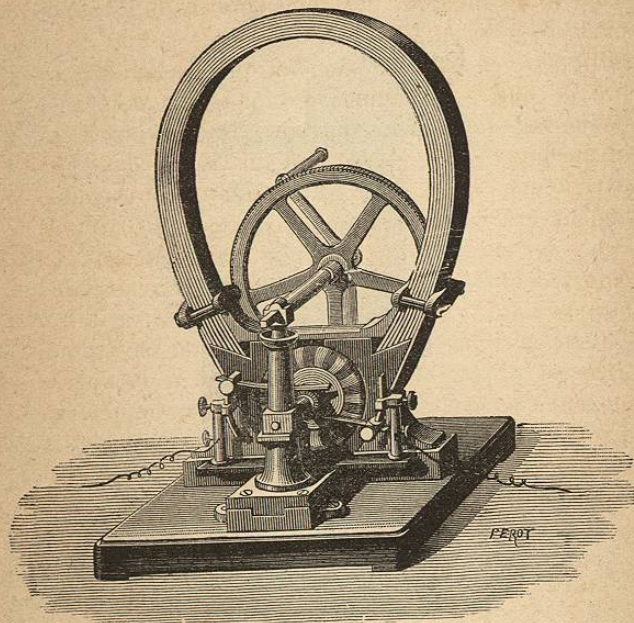


Fig. 122. — Machine magnéto-électrique de Gramme.

teurs Weiss et Mergier emploient à la Faculté de médecine de Paris pour entretenir en mouvement bien uniforme les cylindres des appareils automatiques enregistreurs.

La machine magnéto-électrique de Gramme (dite *type de laboratoire*) diffère de la machine Clarke-Siemens-Halske par la puissance de son aimant permanent, construit d'après les derniers procédés Jamin, et surtout par son anneau dû à Gramme.

Ici le noyau n'est plus un cylindre de fer doux, mais un faisceau formé par un fil de fer de $\frac{9}{10}$ de millimètre enroulé sur lui-même un très grand nombre de fois. Les bobines de l'induit, montées en bague sur ce faisceau, sont toutes reliées entre elles, et chacune d'elles à des secteurs de cuivre rouge qui, parfaitement isolés les uns des autres et montés radialement sur l'arbre, constituent le *collecteur Gramme*.

Les secteurs sont frottés par deux pinceaux ou *balais* de fils de cuivre rouge encastrés dans deux bornes.

Cette machine est excellente. Sa force électromotrice est à peu près proportionnelle à la vitesse moyenne, à partir d'un certain minimum, pourvu qu'on atteigne de 10 à 40 tours à la seconde. A 10 tours par seconde la force électromotrice est encore d'une dizaine de volts.

6° Appareils dynamo-électriques.

Bien que certains médecins, et non des moins autorisés, tels que le D^r Tripier, se plaignent de voir disparaître peu à peu les appareils magnéto-électriques devant les dynamos, nous n'hésitons pas à penser comme tout le monde, et à préférer ces dernières. C'est

qu'à poids et à volumes égaux les dynamos sont bien plus puissantes que les magnétos. Depuis la remarque de Siemens, elles ne demandent plus aucune excitatrice indépendante. Jusqu'à lui on pouvait reculer devant l'embarras d'une machine auxiliaire; maintenant l'amorçage est spontané. Une autre cause de supériorité des dynamos, c'est leur parfaite réversibilité. Si au lieu de les mettre en mouvement pour recueillir de l'électricité on fait passer, au contraire, un courant électrique dans leurs bobines, la machine se mettra d'elle-même en mouvement et l'on possédera un excellent moteur. C'est donc une sorte de transformation d'électricité en mouvement.

Bien plus, on aura quelquefois l'occasion, comme on a pu le constater plus haut (p. 140), de transporter de la force à distance.

Deux dynamos sont séparés par une assez longue distance; mais elles sont reliées pôles à pôles par un double conducteur : fil d'aller et fil de retour. Si l'une est actionnée par une force quelconque, naturelle, animale ou artificielle, elle engendre de l'électricité dans le circuit extérieur dont fait partie la seconde machine. Celle-ci tourne aussitôt et on peut utiliser le travail qu'elle développe. Ce procédé de transmission de travail à distance a été employé dans certains cas par nous pour actionner les machines électro-statiques.

C'est ainsi que chez M. le D^r Vigouroux trois machines de Wimshurst indépendantes, du plus grand modèle, sont mises en mouvement, soit individuellement, soit collectivement, par trois moteurs Trouvé auxquels le courant a été fourni pendant plusieurs

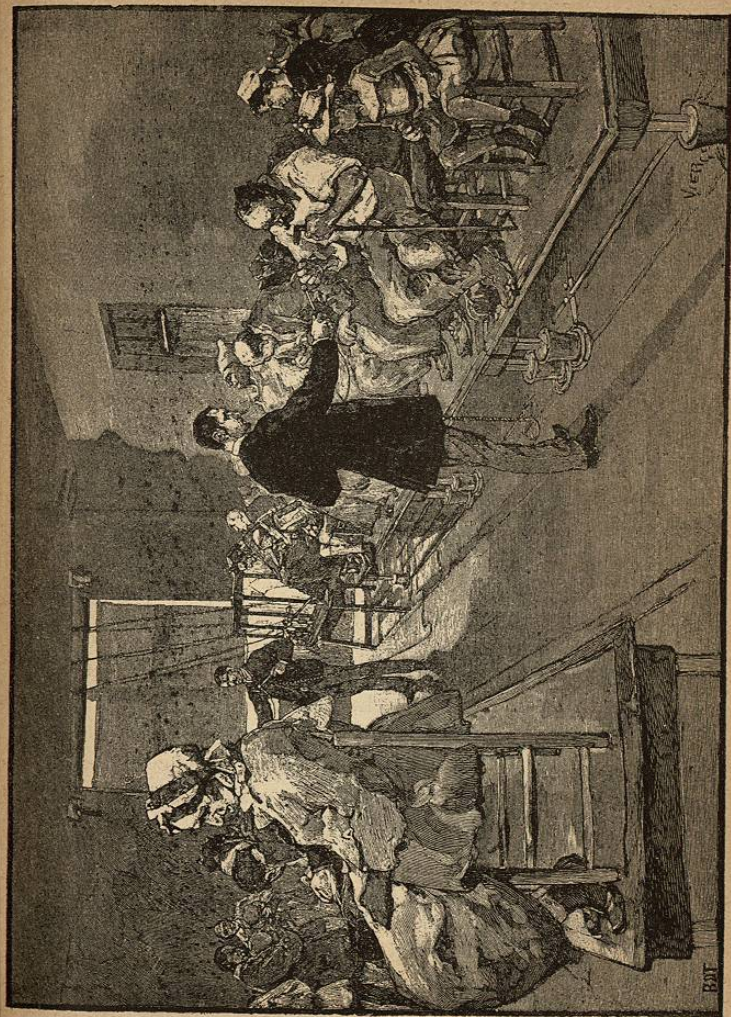


Fig. 123. — Service d'électrothérapie à la Salpêtrière. — Bains électriques. Électrisation localisée.

années par la pile à treuil (fig. 70) puis par une seule dynamo Trouvé actionnée par un moteur à gaz logé loin des appareils. Ces trois moteurs sont aujourd'hui branchés sur la canalisation d'une usine centrale, et il nous a suffi d'une simple substitution de fil fin à l'ancien gros fil pour équilibrer leur puissance à la grandeur de l'énergie débitée par le circuit urbain. Des rhéostats intercalés dans chacune des trois dérivations, permettent d'ailleurs de régler la vitesse à volonté.

Le magnifique service d'électrothérapie, créé en 1875 à la Salpêtrière, sous l'initiative du D^r Vigouroux avec l'appui du professeur Charcot, et qui est devenu le service central des hôpitaux de Paris, est ainsi composé dans sa partie centrale d'un système combiné de dynamos et de moteurs électriques destinés à actionner les machines statiques.

Nos figures 123 et 124 donnent quelque idée de cette belle installation où l'électrisation tant statique que dynamique est appliquée, soit généralement, soit localement, à un ensemble de deux cent cinquante ou trois cents malades à chaque consultation.

Le D^r Vigouroux apprécie, dans notre index alphabétique, les résultats qu'il a obtenus dans cette clinique. Nous renvoyons le lecteur à ces notes inédites.

Les dynamos bien connues et les plus employées dans l'industrie sont celles de Gramme, de Siemens, d'Edison, de Brush, etc., mais ni les unes ni les autres ne sont susceptibles, tout au moins dans les dimensions qu'on les construit, d'être employées en physiologie.

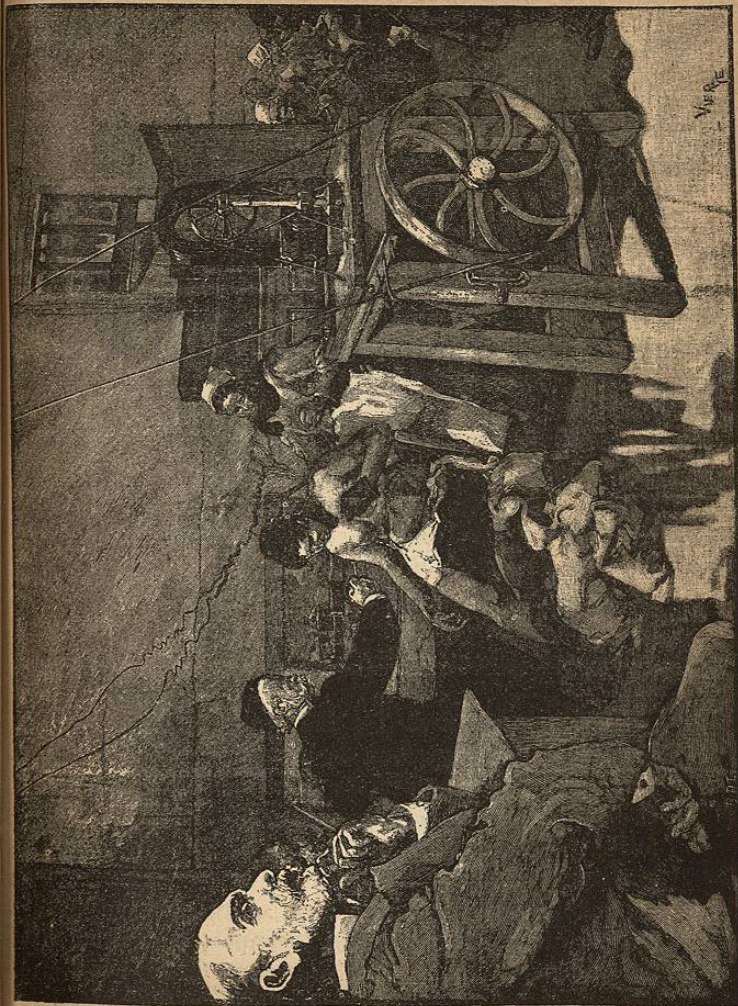


Fig. 124. — Service d'électrothérapie à la Salpêtrière. — Électro-diagnostic par le D^r Vigouroux.

L'induit et le collecteur de la première dynamo de Gramme, et ce collecteur est le type fondamental de tous les autres construits actuellement, sont les mêmes que ceux de sa machine magnéto-électrique. Son inducteur est formé de deux électro-aimants à branches horizontales et disposées l'une au-dessus de l'autre dans un même plan vertical de part et d'autre de la bobine induite.

Dans le nouveau type, dit *type supérieur*, les branches de l'électro-aimant sont verticales et l'anneau tourne entre les armatures en forme de mâchoires qui les surmontent.

Comme d'autre part les pôles de l'induit dont les secteurs sont couplés en surface sont aussi de noms contraires de part et d'autre de la ligne polaire et à 90° de chacun des pôles de l'inducteur, ce couplage des secteurs de l'anneau rappelle une batterie de deux piles montées en surface, chacune d'elles étant elle-même une batterie dont chaque secteur correspondrait à un élément. Les circuits se montent à volonté en série ou en dérivation.

La dynamo Trouvé (fig. 125), qui répond à tous les besoins très spéciaux de la médecine, présente une modification importante de la machine Gramme et elle possède sous un très petit volume et avec un faible poids un champ magnétique d'une grande puissance relative.

L'induit du moteur, ou bobine centrale, est constitué par un noyau de fer doux, composé d'un grand nombre de disques très minces, en tôle de fer, ayant deux dixièmes de millimètre d'épaisseur et séparés

par des rondelles de papier. Si la substitution rencontra des critiques quand M. Trouvé en fit part à la Société de Physique, et si M. d'Arsonval lui-même la condamna alors, elle est aujourd'hui universellement adoptée, depuis que feu M. du Moncel, se prononça catégoriquement pour elle, dès 1875, dans son célèbre traité des *Applications générales de l'électricité*.

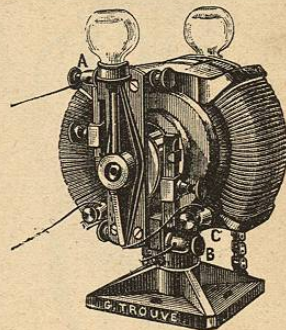


Fig. 125. — Dynamo Trouvé.

Les inducteurs recouvrent l'induit concentriquement, et, pour qu'on atteigne le maximum d'intensité du champ magnétique, l'entrefer, c'est-à-dire l'espace compris entre l'inducteur et l'induit, est réduit à sa plus extrême limite.

Dans ces conditions, la puissance développée est remarquable, car le travail d'un demi-cheval électrique est produit par une dynamo de 8 à 10 kilogrammes, et le cheval-électrique de 75 kilogrammètres ou 736 watts par une dynamo de 20 à 25 kilogrammes.

Ce sont des dynamos combinées d'après ces principes que M. Trouvé dispose sur un manège à

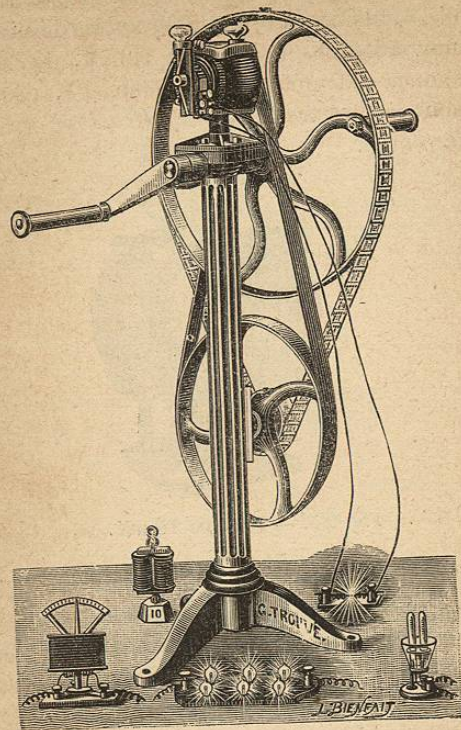


Fig. 126. — Dynamo Trouvé montée sur manège.

bras. On possède ainsi une excellente et très légère petite machine dynamo de démonstration (fig. 126). Un seul homme peut la manœuvrer aisément et la

déplacer à sa guise pour toutes les expériences à faire dans les cours et les cabinets de physique.

En présentant cet appareil au Congrès international d'électricité de 1889, nous passâmes en revue les moyens usités jusqu'à ce jour pour mettre en mouvement les machines d'électricité statique, et qui sont les suivants :

- 1° Les moteurs à gaz, qui ont le désagrément de produire de la vapeur d'eau;
- 2° Les moteurs à eau, qui ne peuvent être employés que dans les grandes villes;
- 3° La transmission par le prolongement de l'axe de la machine, qui détériore l'appartement et place dans le voisinage du malade un voisin importun;
- 4° Les moteurs électriques actionnés par une pile qu'il faut surveiller et entretenir;
- 5° Les moteurs électriques mis en mouvement par de la force motrice transportée à distance.

Puis nous mîmes en mouvement, avec deux hommes seulement, la petite dynamo que nous venons de décrire et dont le travail pouvait être transmis à une longue distance. Avec cette petite dynamo, on mit en mouvement, séance tenante, un moteur électrique attelé sur une forte machine électro-statique de Carré, on porta à l'incandescence un galvanocautère et on alluma un ensemble de 12 lampes. Les résultats furent si frappants et si décisifs que deux médecins étrangers l'adoptèrent immédiatement et n'ont pas cessé de s'en servir dans leur cabinet de consultation. Le salaire des hommes employés chez eux est en effet si peu élevé (1 franc par jour), qu'ils ont trouvé éco-

nomie à supprimer la pile pour y substituer la nouvelle dynamo Trouvé, soit pour éclairer, soit pour chauffer les cautères ou actionner le moteur électrique qui met en mouvement la machine statique. Dans ce dernier cas, on peut l'actionner facilement par un homme ou deux loin de la réceptrice.

Comme ce transport de force à distance n'absorbe pas plus de 40 à 50 p. 100 du travail développé, il en résulte que l'homme produisant facilement 8 à 10 kilogrammètres par seconde, pendant quelques heures que durera la consultation médicale, il restera de disponible sur l'arbre du moteur récepteur un travail correspondant à 4 à 5 kilogrammètres, c'est-à-dire plus qu'il n'en faut pour entretenir la machine statique en plein fonctionnement.

Deux manivelles ont été adjointes à cette dynamo à manège pour qu'on puisse avoir recours à deux aides, ou même à quatre si cela est nécessaire.

La dynamo réversible est placée sur le sommet du manège qui est composé de deux manivelles, de deux grandes poulies et de deux plus petites en y comprenant celle de la dynamo. Le tout est monté sur une colonne cannelée et terminée à sa base par un trépied. Le rapport des poulies entre elles est tel, qu'à un tour de manivelle correspondent 50 tours à la bobine de la dynamo petit modèle, et 40 tours à celle du grand modèle.

Ce rapport dans les vitesses est nécessaire, sans quoi les aides chargés de maintenir la machine en plein fonctionnement seraient obligés d'accélérer excessivement leurs mouvements, ce qui épuiserait leur force avec rapidité. Un homme, en effet, ne peut

produire un travail utile de 8 à 10 kilogrammètres par seconde, pendant un temps un peu prolongé, qu'en ne dépassant pas le chiffre de 40 tours à la manivelle, par minute. Ces conditions se trouvent remplies dans les manèges combinés par M. Trouvé, et qui se manœuvrent aisément et sans fatigue.

Nous trouvons dans un de nos journaux scientifiques hebdomadaires (*Cosmos*, 28 mars 1891) les renseignements méthodiques suivants sur le travail que peut développer un homme, soit d'une façon passagère seulement, soit normalement. Elle confirme précisément les données sur lesquelles nous tablons :

« Le travail que l'homme peut fournir dans un court espace de temps, dit ce journal, est bien supérieur à ce qu'on suppose généralement d'après le travail moyen. Le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* cite à ce propos d'intéressants détails fournis par l'*American Society of mechanical Engineers*. Le travail de l'homme agissant sur une manivelle, dépend non seulement du temps pendant lequel il est fourni, mais de bien d'autres conditions dont quelques-unes sont inhérentes au sujet. L'auteur a constaté qu'un vigoureux manœuvre, travaillant pendant un court espace de temps, peut produire bien près d'un cheval-vapeur. Un homme qui travaille avec de fréquents intervalles de repos développe facilement un demi-cheval. Dans le travail courant, on obtient de 10 à 50 p. 100. Le fait suivant, rapporté par O'Neill, de New-York, est intéressant :

« Dans l'atelier de cet ingénieur, la réparation d'une chaudière arrêtait la marche du moteur. On

ajouta à chaque extrémité de l'arbre de la machine une manivelle de 0,380 de rayon. Avec un homme à chaque manivelle, à raison de 100 tours par minute, on obtint 3 chevaux-vapeur. Les hommes travaillaient trois minutes et se reposaient autant, et les quatre manœuvres ont travaillé ainsi douze heures par jour pendant les douze jours qu'a exigés la réparation de la chaudière. Il est vrai qu'à la fin de cette période les hommes étaient absolument éreintés, rapporte M. O'Niell, mais il croit que si la journée avait été de dix heures seulement, ils auraient pu continuer indéfiniment.

« Le travail ressort ainsi pour chaque homme et pour la journée entière à $3/4$ de cheval-vapeur. Dans la discussion qui a suivi la communication, un membre a cité des expériences faites par lui sur le travail déployé par deux hommes agissant sur les manivelles d'une grue.

« Ces manivelles avaient 0,355 de rayon, un poids de 906 kilogrammes (2 000 livres) était élevé à 0,305 en vingt secondes, ce qui représente 13 kg,8 élevés à 1 mètre par seconde, soit $1/5$ de cheval-vapeur pour les deux ouvriers. Il faut ajouter que la transmission s'opérait par une vis sans fin, une roue dentée, un tambour de 0,28 de diamètre et un câble en fil de fer, ce qui absorbait une notable partie du travail. L'effort exercé sur chaque manivelle a été mesuré par une balance à ressort et trouvé égal à 30 livres, soit 13 kg,6. »

Pour réduire au minimum les pertes dues au frottement et au glissement des courroies, à leur pression sur les axes, pour faciliter dans une large

mesure la manœuvre de nos machines, nous avons combiné divers artifices de transmission :

1° Sur la première commande dont la vitesse est modérée, on emploie une chaîne Galle, à longs mailons, engrenant uniquement par quatre ou six dents rapportées sur les poulies. La seconde transmission, dont la vitesse est plus accentuée, se fait par une courroie légère ou avec une corde à boyau dans des poulies à gorge. Cette transmission convient très bien au grand et au moyen modèle.

2° Le petit modèle s'accommode de la courroie pour la première transmission et de la simple corde à boyau pour la seconde transmission.

Lorsque la dimension et le poids de la dynamo arrivent au point qu'un seul homme ne puisse plus la transporter facilement, elle n'est plus placée sur la tête du manège, mais au bas de ce manège, sur une petite plate-forme, ainsi que le montre la figure 127.

Dans un cas comme dans l'autre, la dynamo sert de générateur d'électricité. Pour s'en rendre compte, on peut répéter facilement les expériences classiques, en mettant le manège en mouvement et en dirigeant le courant dans les divers appareils représentés au pied des deux dessins 126 et 127.

Le courant électrique engendré manifeste sa présence en déviant de la verticale l'aiguille du galvanomètre de démonstration de Bourbouze, qui est placé à droite (1) (fig. 127). L'action magnétisante est rendue visible sur un électro-aimant (3) dont l'armature, attirée violemment, supporte un poids minimum de 10 kilogrammes. A gauche de la même figure, le courant volatilise une spirale de fil de fer (4) et décom-

pose l'eau en ses deux éléments (2 vol. d'hydrogène

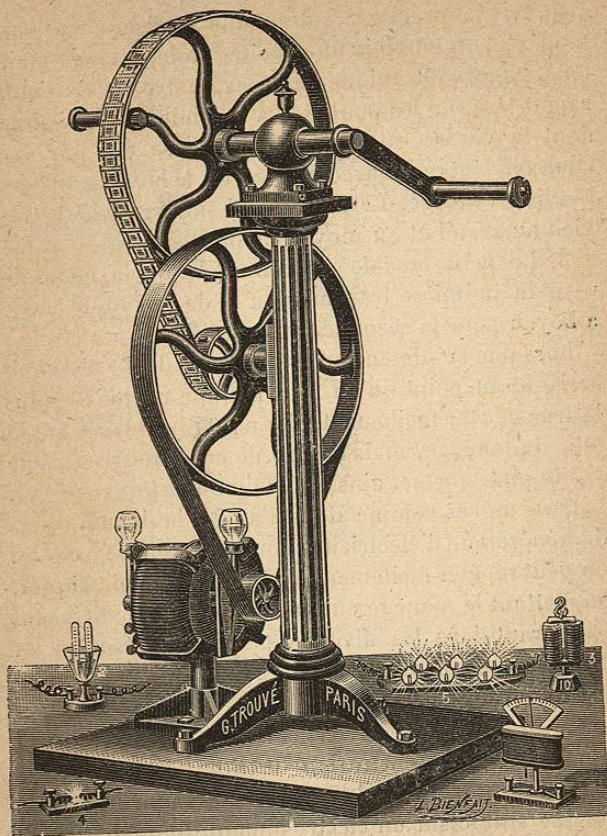


Fig. 127. — Dynamo Trouvé à manège.

et 1 vol. d'oxygène) dans un voltamètre (2). En diri-

geant le courant sur les six petites lampes à incandescence (5) visibles au bas du dessin, on les voit répandre tout de suite une éclatante lumière.

Si l'on cesse d'agir sur le manège, de façon à ne plus employer la dynamo comme générateur d'électricité, mais comme moteur, c'est-à-dire si on lui fournit de l'électricité au lieu de lui en demander, le manège entre en mouvement.

On a ainsi une démonstration frappante de la réversibilité des moteurs électriques, en même temps qu'une idée de la transmission de la force à distance, puisque le générateur et le moteur, réunis par des fils conducteurs, peuvent être éloignés l'un de l'autre autant qu'on le désire.

La réunion de toutes ces qualités fait de la petite machine (fig. 126) un appareil de démonstration destiné à être placé dans tous les laboratoires et à rendre de grands services dans les démonstrations et les expériences courantes. Elle est légère, mobile, transportable à bras d'homme ; elle s'amorce immédiatement et avec la plus grande facilité, même sur les circuits les plus résistants. Elle est réversible et créatrice de transmission de force à distance. Elle possède, en un mot, toutes les qualités et toutes les propriétés désirables pour un bon appareil d'utilité et de démonstration.

Nous avons vu plus haut, à la page 63, que cette dynamo peut servir de dynamomètre. Quand on intercale dans son circuit un ampèremètre et un voltmètre, on a à tout moment la quantité d'énergie dépensée. Le produit des ampères par les volts donne les watts, et la puissance développée à tout ins-