d'abord façonné en cylindre, puis entaillé sur toute sa longueur d'une profonde et large rainure. Le fil de cuivre, isolé à la soie, s'y enroule un grand nombre de fois comme sur un multiplicateur, mais *parallèlement* à l'axe, et non perpendiculairement comme dans la bobine de Clarke (fig. 1045).

Cette bobine, munie d'un commutateur et d'un mécanisme qui la fait tourner devant un aimant, constitue une machine magnéto-électrique analogue à celle de Clarke (fig. 1046). Les armatures de l'aimant sont alésées de manière à entourer très étroitement la bobine : cette disposition réduit le champ magnétique à son minimum d'étendue et à son maximum d'intensité et de stabilité.

2° *Machine de l'Alliance.* — C'est une machine *magnéto-électrique* qui fut imaginée par le professeur Nollet et construite par la compagnie industrielle dite l'*Alliance*. Cette machine est simplement une association de machines de Clarke couplées entre elles comme les éléments d'une pile.

A l'origine, cette machine était munie d'un commutateur : c'était donc une *machine magnéto-électrique à courants continus;* mais sous cette forme elle ne donna pas de bons résultats, à cause de la destruction rapide du commutateur par les étincelles d'extra-courant qui se produisent à chaque inversion. On la rendit pratique en supprimant le commutateur : elle devint alors une machine *magnéto-électrique à courants alternatifs*. Elle a été et est encore employée dans les phares pour produire la lumière électrique. Elle fonctionne régulièrement et ne se dérange pas; mais à cause de son volume encombrant, de sa masse et de son prix de revient l'usage ne s'en est pas répandu. Elle a été complètement remplacée dans la pratique par les machines de Gramme.

1122. **Classification des machines électromagnétiques.** — Connaissant la machine de Clarke, nous pouvons définir nettement les diverses catégories de machines que nous n'avons fait qu'énumérer ci-dessus (1118). Au point de vue des effets, on distingue les machines *à courants continus* et les machines *à courants alternatifs;* au point de vue de la cause, on les divise en machines *magnéto-électriques* et en machines *dynamo-électriques*. Une machine à courants continus peut être d'ailleurs *magnéto-électrique* ou *dynamo-électrique;* de même une machine à courants alternatifs : cela fait donc quatre espèces de machines.

Machines à courants continus et à courants alternatifs. — La machine de Clarke, comme la première machine de Siemens et la machine de l'Alliance à commutateur, sont des machines magnéto-électriques *à courants continus*. Mais on a vu que les courants induits y naissent *alternatifs*, et qu'ils ne deviennent continus que grâce au mécanisme du commutateur. C'est ce qui a lieu pour toutes les machines d'induction : elles sont naturellement *à courants alternatifs;* elles ne deviennent *à courants continus* que grâce à l'addition d'un mécanisme plus ou moins compliqué, tel que le commutateur de Clarke, ou grâce à l'artifice d'un groupement spécial de la bobine induite et d'un collecteur particulier de courant, comme dans la machine de Gramme (1124). Les machines à courants alternatifs sont donc les plus simples et celles

qui transforment le plus directement le travail mécanique en électricité. Malheureusement elles ne sont pas les plus utiles, car l'usage des courants alternatifs est limité jusqu'ici à certains procédés d'éclairage électrique, tels que les bougies électriques et les lampes à incandescence.

Machines magnéto-électriques et machines dynamo-électriques. — La machine de Clarke peut donc être, à volonté, à courants continus si l'on y adapte un commutateur, et à courants alternatifs si l'on en recueille les courants tels qu'ils se succèdent dans la bobine; d'ailleurs, dans l'un et l'autre cas, elle reste une machine *magnéto-électrique*, parce que l'induction y est produite par un *aimant permanent*. Mais supposons qu'on substitue à cet aimant, dans la machine ordinaire, un électro-aimant : cet inducteur aura sur le précédent l'avantage d'acquérir, à poids égal, une puissance magnétique beaucoup plus grande. Supposons en outre qu'au lieu d'envoyer directement dans le circuit extérieur le courant produit, on le fasse passer, en totalité ou en partie, dans la bobine de l'électro-aimant inducteur, il arrivera nécessairement ceci : l'inducteur deviendra plus fort et induira à son tour dans la bobine un courant plus intense, lequel croîtra de plus en plus par l'effet de sa propre réaction sur l'inducteur et de l'influence de ce dernier; ce courant induit finira d'ailleurs par atteindre un maximum correspondant à la vitesse du déplacement ainsi qu'aux masses de l'inducteur et de l'induit.

Ces curieuses machines produisent donc de l'électricité *sans aimant;* elles paraissent transformer directement le travail mécanique en électricité; c'est pourquoi on les appelle *dynamo-électriques*. Pour qu'une semblable machine puisse fonctionner, il faut nécessairement que l'électro-aimant inducteur ait reçu une excitation préalable, avec un courant continu provenant d'une pile, soit d'une machine magnéto-électrique. On prenait jadis la précaution d'exciter par l'un de ces moyens les premières machines construites d'après ce principe. Siemens fit le premier cette remarque qu'on pouvait produire l'excitation initiale des électro-aimants sans employer de courant excitateur : il suffisait de toucher les noyaux de fer doux avec un aimant permanent ou même de les placer parallèlement à l'aiguille d'inclinaison.

Dans la pratique il n'est même pas besoin d'orienter ces machines pour les *amorcer;* car le magnétisme terrestre agit toujours suffisamment pour cela, quelle que soit la position de leurs électro-aimants inducteurs par rapport à la direction du couple terrestre.

Remarque. — Un nombre considérable de modèles de machines dynamo-électriques ont été construites depuis une douzaine d'années. Mais, comme elles sont toutes plus ou moins dérivées de deux types, 1° l'ancienne machine de Clarke, 2° la récente machine de Gramme, il n'y a d'intérêt réel qu'à connaître ces deux types. Nous avons décrit le premier, nous allons passer en revue les divers modèles du second.

1123. **Machines de Gramme.** — On en construit deux types principaux, qui sont l'un et l'autre *dynamo-électriques :* 1° une machine à courants continus, appelée *type d'atelier*, et destinée aux usages industriels les plus variés, tels que l'éclairage électrique, la galvanoplastie, la transmission de la force à distance; 2° une machine à courants alternatifs, dite *machine à lumière*, exclusivement employée dans certains procédés d'éclairage électrique. Il existe aussi un troisième modèle de la machine Gramme qui est magnéto-électrique : on l'appelle quelquefois *machine de démonstration*. Elle n'a pas d'emplois industriels, à cause de sa faible puissance; mais elle peut être substituée aux piles dans un grand nombre d'expériences de laboratoire. En tout cas, elle peut servir à la description de toutes les autres machines Gramme, car elle en possède les deux organes essentiels, à savoir, la bobine induite ou *anneau induit* et le *collecteur* de courants.

1124. **Machine magnéto-électrique de Gramme.** — I. *Description.* — Elle consiste en un fort faisceau aimanté fixe, entre les pôles duquel un système de bobines peut tourner rapidement par le moyen d'une grande roue et d'un pignon (fig. 1047).

Inducteur. — L'aimant permanent était d'abord un simple aimant en fer à cheval, comme celui de la machine de Clarke; mais depuis que Jamin a fait connaître ses puissants faisceaux à lames minces, M. Gramme les a appliqués à la construction de ses machines.

L'aimant-Jamin, qui est fixé verticalement (fig. 1047), se compose de 24 lames d'acier de 1 millimètre d'épaisseur, aimantées séparément à saturation, puis superposées en forme de fer à cheval. Aux deux pôles du faisceau sont appliquées deux armatures de fer doux *a* et *b*, qui, s'aimantant par influence, deviennent elles-mêmes les pôles efficaces entre lesquels tourne l'*induit*.

Anneau de Gramme. — L'induit est formé d'un certain nombre de bobines, réunies en cercle, de manière à constituer ce qu'on appelle l'*anneau de Gramme*.

Les bobines n'ont pas chacune un noyau distinct, comme dans la machine de Nollet, mais elles s'enroulent toutes sur un noyau commun, et celui-ci n'est pas un anneau de fer plein, c'est un fil unique de fer doux, de $\frac{9}{10}$ de millimètre de diamètre, enroulé sur lui-même un grand nombre de fois, de manière à former un faisceau circulaire : la figure 1048 montre ce faisceau sectionné en F. Les

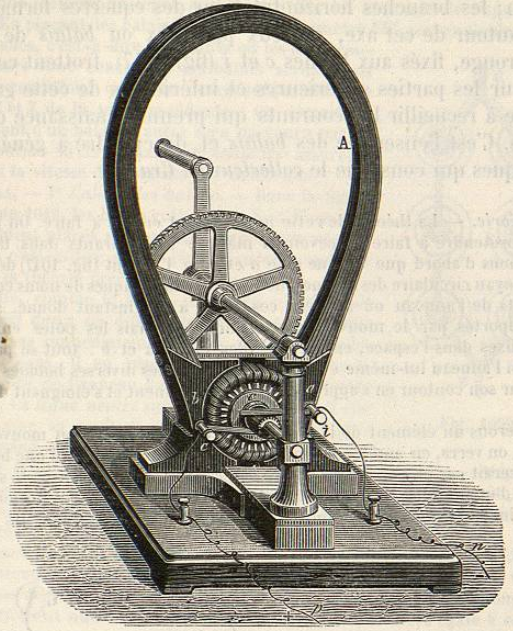

Fig. 1047.

bobines B, C, D..., qui sont représentées séparées, dans la partie inférieure de la figure, sont en réalité réunies l'une à l'autre, comme on le voit dans la partie supérieure de la même figure, par des équerres de laiton *mn* : à chacune des branches verticales de ces pièces viennent se souder les fils de cuivre de deux bobines consécutives, de sorte que l'ensemble des bobines ne forme qu'un seul et même circuit induit.

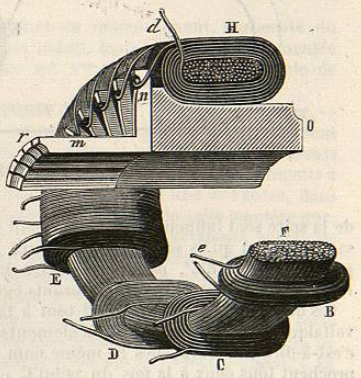

Fig. 1048.

Collecteur du courant. — Les équerres sont isolées les unes des autres et fixées sur un bloc de buis O qui est monté sur l'axe de rotation; les branches horizontales *mr* des équerres forment une gaine autour de cet axe, et deux pinceaux ou *balais* de fils de cuivre rouge, fixés aux bornes *c* et *i* (fig. 1047), frottent constamment sur les parties supérieures et inférieures de cette gaine, de manière à recueillir les courants qui prennent naissance dans les bobines. C'est l'ensemble des *balais* et du cylindre à génératrices métalliques qui constitue le *collecteur de Gramme.*

II. *Théorie.* — La théorie de cette machine est encore à faire. On peut tout au plus prétendre à faire concevoir la marche des courants dans la bobine. Remarquons d'abord que chaque pôle *a* et *b* de l'aimant (fig. 1047) détermine, dans le noyau circulaire des bobines, deux pôles magnétiques de noms contraires. Les points de l'anneau où naissent ces pôles à un instant donné, se déplacent, emportés par le mouvement de l'anneau; mais les pôles eux-mêmes restent fixes dans l'espace, en présence des pôles *a* et *b* : tout se passe donc comme si l'anneau lui-même était immobile et si les diverses bobines se mouvaient sur son contour en s'approchant successivement et s'éloignant de chaque pôle.

Considérons un élément de la bobine : si on le suit dans son mouvement de rotation, on verra, en appliquant les lois de l'induction (au cas d'une bobine qui se déplacerait sur un aimant circulaire intérieur à elle), qu'elle est le siège d'un courant d'un certain sens dans toute la moitié E'SE" de sa révolution, et d'un courant inverse dans l'autre moitié E"NS' (fig. 1049). Comme tous les éléments

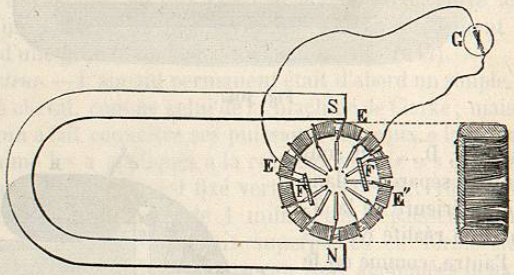

Fig. 1049.

de la spire sont influencés simultanément de la même manière, chacun suivant sa position, et qu'ils sont reliés entre eux, les deux moitiés de bobine, séparées par le diamètre E'E", perpendiculaire à la ligne des pôles NS, seront parcourues au même instant par des courants égaux et de sens contraires.

Ces deux courants opposés sont tout à fait comparables à ceux de deux piles voltaïques d'un même nombre d'éléments qui seraient couplées *en opposition*, c'est-à-dire par leurs pôles de même nom. Pour utiliser ces courants qui s'approchent tous deux à la fois du point C, et s'éloignent tous deux à la fois du point Z, il faut évidemment joindre les points C et Z par un circuit extérieur

(fig. 1050). Dès lors le courant circule d'une manière continue de C vers Z, et les deux piles ne sont plus en opposition, mais *associées en quantité.*

C'est d'une manière analogue qu'on recueille les courants de l'anneau de Gramme. En plaçant les balais F et F' sur le diamètre EE' perpendiculaire à la ligne des pôles, c'est-à-dire aux points où les deux courants opposés vont concourir, ces balais seront dans les mêmes conditions que s'ils communiquaient avec les pôles C et Z de la pile précédente : un circuit extérieur allant d'un balai à l'autre sera parcouru par un courant *continu* si le contact est toujours assuré, et *constant* si la vitesse de rotation est uniforme.

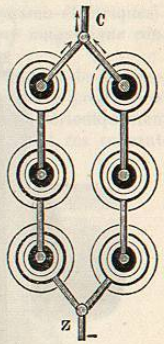

Fig. 1050.

Remarques. — 1° *Calage des balais.* — Dans la figure schématique 1049, les balais collecteurs F et F' ne sont pas exactement placés sur un diamètre *horizontal* de la bobine, c'est-à-dire sur la *ligne neutre*, ainsi que l'exigerait la théorie précédente.

En réalité, comme le fer de l'anneau n'est jamais *parfaitement doux*, ses différentes sections ne se désaimantent pas immédiatement après avoir dépassé les pôles inducteurs. Il en résulte une déviation de la ligne des pôles de l'anneau dans le sens de la rotation de celui-ci. La *ligne neutre* suit ce mouvement, et elle fait alors avec sa position théorique un angle plus ou moins grand, *qui peut atteindre* 10° pour de grandes vitesses. Or la position des balais, — leur *calage*, comme on dit, — dépend de l'orientation de la ligne neutre; ils doivent tourner sur l'horizontale (ou sur la verticale, suivant l'orientation des pôles inducteurs) du même angle que la ligne neutre.

2° En faisant varier la vitesse de 500 à 2000 tours par minute, on a démontré que l'intensité du courant est sensiblement proportionnelle à cette vitesse.

A la vitesse de 2000 tours par minute, la machine fonctionne assez longtemps sans échauffement nuisible. Sa force électromotrice est alors égale à celle de 8 éléments Bunsen moyen modèle, et son courant peut fondre 10 centimètres de fil de fer de 1 millimètre de diamètre. A la vitesse de 600 tours par minute, vitesse facile à réaliser, la force électromotrice est encore équivalente à celle de 15 ou 16 éléments Daniell.

3° Pour une même vitesse de rotation et un même aimant, l'intensité du courant dépend des dimensions du circuit induit. Dans la machine représentée ci-dessus, le diamètre du fil de cuivre est $1^{mm},1$ et la longueur totale de 132 mètres.

1125. **Machine de Gramme à courants continus. — Type d'atelier.** — 1° *Description.* — C'est une machine *dynamo-électrique*, incomparablement plus puissante que la précédente. La bobine induite et le collecteur de courants sont d'ailleurs les mêmes. L'*inducteur* est formé par deux électro-aimants à deux branches horizontales (fig. 1051), disposées vis-à-vis l'une de l'autre, dans un plan vertical. Les fils sont couplés sur leurs bobines de telle manière que, lorsqu'ils sont traversés par le courant, les deux pôles juxtaposés soient de même nom. De cette façon, l'armature supérieure et l'armature inférieure, qui embrassent la bobine, constituent des pôles doubles de noms contraires.

2° *Marche du courant.* — On voit le sens de l'enroulement et la disposition de ces deux pôles doubles dans la figure 1054 : la moitié droite de cette figure représente le diagramme d'une machine Gramme à courants continus, ne différant du type d'atelier que par l'obliquité des barres d'électro-aimants. La figure 1053 représente une coupe verticale correspondante à ce diagramme : II' est la bobine induite, A le collecteur sur lequel s'appuient les balais B et B'

(fig. 1054); la bobine tourne entre les armatures demi-circulaires des deux électro-aimants. Le courant sortant du cylindre collecteur, par exemple par le balai B', circule d'abord autour des barres supérieures, de manière à y produire un double pôle sud, ensuite il va *travailler* dans le circuit extérieur, puis il revient

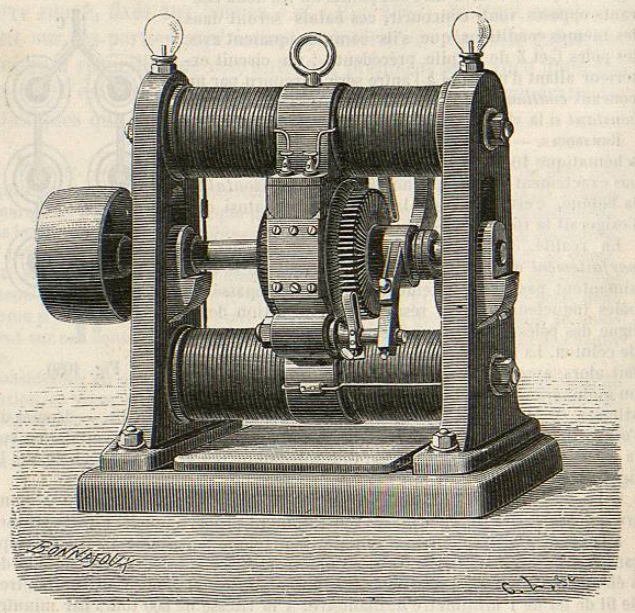

Fig. 1051.

former un double pôle nord dans les barres inférieures, d'où il revient à la bobine par le balai B.

3° *Usages.* — La machine type d'atelier est employée aux usages les plus divers : galvanoplastie, éclairage électrique, transmission de la force à distance. Seulement les dimensions des bobines, de l'inducteur et de l'induit sont différentes suivant le travail à exécuter. Quand il faut produire de l'électricité en grande quantité, comme dans les applications électrochimiques, la machine doit avoir une résistance intérieure médiocre, et alors les électro-aimants sont garnis, au lieu de fil rond, d'une seule bande de cuivre mince, tenant toute la largeur des barres et formant une spire unique autour de chacune d'elles; l'anneau est garni lui-même avec du fil méplat très épais. Quand il faut produire de l'électricité *de tension*, comme dans l'éclairage électrique, on fait les bobines avec du fil ordinaire, d'un diamètre plus petit.

1126. **Machine de Gramme à courants alternatifs**, ou **Machine à lumière.** — I. *Généralités.* — L'emploi des machines à courants alternatifs a pris, depuis l'invention des bougies électriques, une extension considérable. Ces machines sont actuellement les seules qui se prêtent à la division de la lumière électrique. Des types nouveaux ont été créés et sont créés tous les jours.

Ils se ramènent tous, comme les machines à courants continus, aux deux types de Clarke et de Gramme combinés.

Toute machine électromagnétique à courants alternatifs est formée de deux organes essentiels [1] :

1° Le système *inducteur* ou *l'inducteur*, composé d'aimants fixes (machines magnéto-électriques) ou d'électro-aimants (machines dynamo-électriques) : il a pour fonction de déterminer autour de lui un *champ magnétique constant.*

2° Le *système induit*, ou, simplement *l'induit*, qui est formé de bobines, munies ou dépourvues de noyau de fer doux. Il a pour fonction de produire les courants induits alternatifs en se déplaçant, d'un mouvement périodiquement uniforme, dans le champ magnétique de l'*inducteur*. Ce sont ces courants qu'on utilise et qu'on fait travailler *dans le circuit extérieur.*

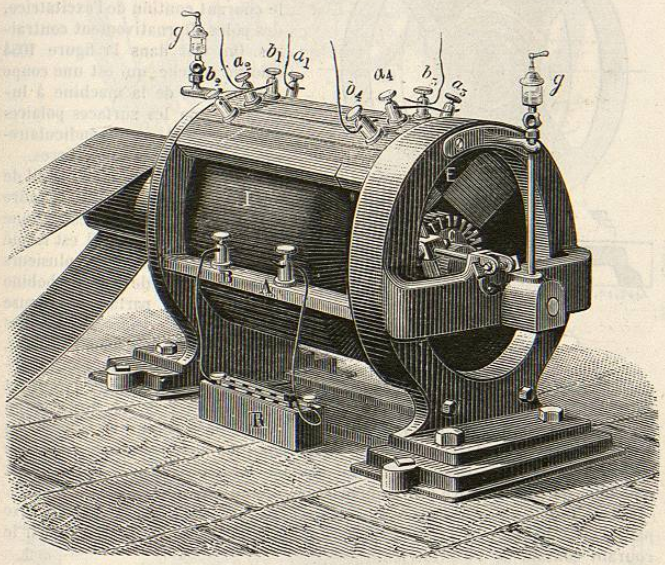

Fig. 1052.

Dans les machines dynamo-électriques, les électro-aimants de l'inducteur sont ordinairement animés par une machine à courants continus qu'on appelle *excitatrice.* Cette machine auxiliaire est, ou bien *indépendante* dans les machines ordinaires, ou montée sur le même axe que l'induit dans les machines improprement appelées *auto-excitatrices.*

II. *Machine à lumière de Gramme.* — C'est une machine *dynamo-électrique, à courants alternatifs* et *auto-excitatrice.*

Description. — La figure 1052 la représente en perspective : à gauche est la

1. Voir J. Joubert, *Études sur les machines magnéto-électriques.*

machine à lumière proprement dite ; à droite est l'excitatrice. Celle-ci est une machine ordinaire de Gramme à courants continus. La figure 1053 en est une coupe perpendiculaire à l'axe : N et S sont les deux pôles de l'inducteur fixe I I' est l'anneau induit mobile, dont le collecteur se projette suivant un petit cercle concentrique et intérieur à l'anneau.

La machine à lumière proprement dite est formée d'un induit fixe et d'un inducteur mobile.

L'inducteur, dans le modèle ordinaire, est formé de six barres d'électro-aimants, implantées perpendiculairement dans un massif hexagonal, concentrique à l'axe de rotation. Le circuit inducteur s'enroule autour de ces barres de manière à former, lorsqu'il est parcouru par le courant continu de l'excitatrice, des pôles alternativement contraires. On voit dans la figure 1054 (moitié gauche, qui est une coupe transversale de la machine à lumière), que les surfaces polaires s'épanouissent perpendiculairement à la direction des barres.

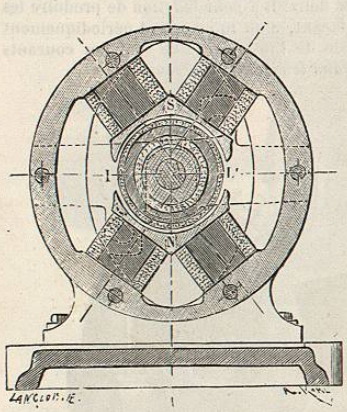

Fig. 1053.

L'induit est une bobine de fil de cuivre, enroulée sur un cylindre en fer doux. Ce noyau n'est pas une masse continue, mais il est formé par la superposition de plusieurs couches de fil de fer. La bobine elle-même est partagée en douze segments, bien isolés les uns des autres, mais reliés trois par trois, de manière à constituer *quatre circuits distincts :* par exemple, les bobines 1, 3, 5 forment un premier circuit, et les bobines 2, 4, 6 un deuxième ; de même les bobines 7, 9, 11 forment un troisième circuit, et 8, 10, 12 un quatrième. Ordinairement on groupe les deux premiers circuits en *série,* par leurs pôles de nom contraire, ainsi que les deux derniers, de manière que la machine à lumière soit divisée en deux machines qu'on peut faire fonctionner ensemble ou séparément.

Production des courants. — Les courants sont induits dans la bobine fixe par le déplacement de l'électro-aimant inducteur. Celui-ci est animé par le courant continu de l'excitatrice.

La figure 1054 est un diagramme d'ensemble de la machine auto-excitatrice. Elle montre, par le sens des flèches :

1° *La marche du courant continu :* il sort de l'excitatrice par le balai B', arrive en H dans l'inducteur, qu'il parcourt en se bifurquant en deux dérivations de manière à produire des pôles alternativement contraires, sort de l'inducteur en K, et rentre enfin par le balai B dans le collecteur de l'anneau I I' ;

2° La production des courants induits dans chaque segment de bobine : on voit que, dans les bobines consécutives d'un même circuit, 1, 3, 5 par exemple, l'induction est inverse, puisqu'elle est produite par deux pôles contraires, mais que ces courants inverses parcourent la bobine dans le même sens, grâce à l'inversion de l'enroulement du fil.

Remarque. — Les deux bornes A et B qu'on voit (fig. 1052) sur l'avant du bâti, sont placées dans le circuit de l'excitatrice. Elles y forment une interruption qu'on peut fermer avec une résistance variable, de manière à augmenter ou

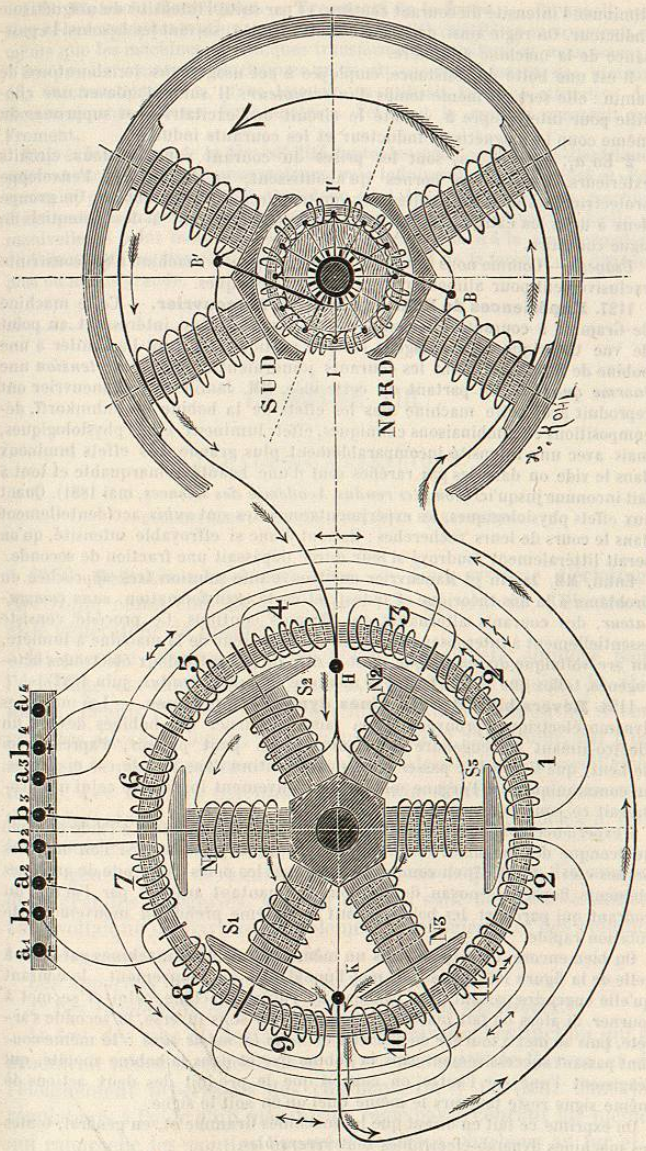

Fig. 1054.

diminuer l'intensité du courant continu, et par suite l'intensité du magnétisme inducteur. On règle ainsi, dans une certaine limite, suivant les besoins, la puissance de la machine à lumière.

R est une boîte de résistance, employée à cet usage dans le laboratoire de Jamin : elle sert en même temps d'*interrupteur*. Il suffit d'enlever une cheville pour interrompre à volonté le circuit de l'excitatrice et supprimer du même coup le magnétisme inducteur et les courants induits.

2° En a_1, b_2 et b_4, a_3 sont les prises du courant pour les deux circuits extérieurs. C'est à ces bornes qu'aboutissent, au-dessous de l'enveloppe protectrice, les deux extrémités des quatre circuits de la bobine. On groupe deux à deux les extrémités qui, à un instant donné, sont à des potentiels de signe contraire.

Usages. — Comme nous l'avons dit plus haut, cette machine a été construite exclusivement pour alimenter des bougies électriques.

1127. **Expériences de MM. Jamin et G. Maneuvrier.** — Cette machine de Gramme à courants alternatifs est un appareil aussi intéressant au point de vue théorique qu'avantageux dans la pratique. On peut l'assimiler à une bobine de Ruhmkorff dont les courants joindraient *à une haute tension* une *énorme quantité*. En partant de cette idée, MM. Jamin et G. Maneuvrier ont reproduit avec cette machine tous les effets de la bobine de Ruhmkorff, décompositions et combinaisons chimiques, effets lumineux, effets physiologiques, mais avec une intensité incomparablement plus grande. Les effets lumineux dans le vide ou dans les gaz raréfiés sont d'une beauté remarquable et tout à fait inconnue jusqu'ici (*Comptes rendus, Académie des sciences*, mai 1881). Quant aux effets physiologiques, les expérimentateurs les ont *subis* accidentellement dans le cours de leurs recherches : ils sont d'une si effroyable intensité, qu'on serait littéralement foudroyé si leur durée dépassait une fraction de seconde.

Enfin, MM. Jamin et Maneuvrier ont trouvé une solution très approchée du problème à la fois théorique et industriel de la transformation, *sans commutateur*, des courants alternatifs en courants continus. Ce procédé consiste essentiellement à interposer, dans le circuit extérieur de la machine à lumière, un arc voltaïque *dissymétrique*, c'est-à-dire formé entre deux électrodes hétérogènes, telles que le charbon et le mercure (*Comptes rendus*, juin 1882).

1128. **Réversibilité des machines dynamo-électriques.** — Les machines dynamo-électriques prouvent qu'en faisant tourner des bobines devant un électro-aimant on engendre des courants. On peut prévoir, d'après la loi de Lenz, que si l'on fait passer un courant continu dans une de ces machines, on communiquera à l'organe mobile un mouvement inverse de celui qui produirait ce courant continu.

L'expérience confirme cette prévision. On la réalise aisément à l'aide de l'une quelconque des machines de Gramme à courants continus. Si l'on met les bornes *c* et *i* (fig. 1047) en communication avec les pôles d'une pile de quelques éléments Bunsen, le noyau de fer doux s'aimantant aussitôt par l'action du courant qui parcourt les bobines, tout le système prend un mouvement de rotation rapide.

Ou bien encore, on dispose dans un même circuit deux machines pareilles à celle de la figure 1051, puis l'on met l'une d'elles en mouvement : le courant qu'elle engendre passant dans l'anneau de l'autre machine, celui-ci se met à tourner. Si alors on fait marcher la première en sens inverse, la seconde s'arrête, puis se met à tourner de nouveau et *dans le même sens :* le même courant passant successivement dans la bobine fixe et dans la bobine mobile, qui réagissent l'une sur l'autre, on conçoit que le produit des deux actions de même signe reste toujours le même quel qu'en soit le signe.

On exprime ce fait en disant que les machines Gramme et, en général, toutes les machines dynamo-électriques sont *réversibles*.

1129. **Moteurs électriques. — Transport de la force.** — On appelle *moteurs électriques* des machines qui transforment l'électricité en mouvement, de même que les machines thermiques transforment la chaleur en mouvement.

Les premiers moteurs électriques qu'on ait construits furent des moteurs dits *électromagnétiques*, dans lesquels on utilisait la force attractive des électro-aimants comme force motrice. Tel était le moteur construit par Froment.

D'après le principe de la réversibilité, toutes les machines dynamo-électriques peuvent être utilisées comme moteurs, avec infiniment plus de facilité et d'économie, puisque le courant excitateur peut être fourni par une machine identique. La machine de Gramme à courants continus, n'ayant ni bielle ni manivelle, ni point mort, convient particulièrement bien à la transformation de l'électricité en travail, et par suite au transport de la force à une distance plus ou moins grande.

CHAPITRE XIII

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

RÉGULATEURS, BOUGIES ET LAMPES ÉLECTRIQUES.

1130. **Définitions et classification.** — Tout système d'éclairage électrique comprend deux organes : le générateur d'électricité et le générateur de lumière.

Le premier générateur d'électricité qui ait été employé pour l'éclairage est une pile de Bunsen, formée d'au moins 40 éléments. Depuis l'invention des machines d'induction, on ne se sert plus des piles que lorsqu'on ne peut pas faire autrement, car c'est à la fois la plus incommode et la plus coûteuse des sources d'électricité. Les diverses machines de Gramme décrites ci-dessus sont des générateurs d'électricité qui peuvent être appropriés à tous les procédés d'éclairage.

Les générateurs de lumière ou *lampes électriques* se divisent en deux grandes catégories, suivant qu'elles sont destinées à utiliser l'arc voltaïque de Davy ou simplement l'*incandescence* des conducteurs traversés par les courants.

Les appareils qui utilisent l'arc voltaïque sont :

1° Les *régulateurs électriques ;* 2° les *bougies électriques*.

Le but des uns et des autres est de prévenir l'extinction qui se produirait nécessairement dans l'arc, par suite de l'usure et de l'éloignement progressifs des charbons. On y parvient dans les régulateurs à l'aide d'un mécanisme réglé par le courant lui-même, qui rapproche les pointes opposées des deux charbons au fur et à