

L'Industrie Electrique

D'OU SORT L'ELECTRICITE. L'électricité n'était au XVIII^e siècle qu'un objet d'étude pour quelques savants et un objet d'amusement pour quelques oisifs. Aujourd'hui, elle est presque une nécessité de la vie quotidienne; c'est elle qui éclaire les rues des villes, c'est elle qui fait marcher les tramways; c'est grâce à elle qu'on peut télégraphier à ses amis et que les journaux nous donnent les nouvelles politiques. Il nous semble que si elle disparaissait, notre vie entière s'arrêterait. Passons donc en revue ses multiples applications et voyons comment la grande industrie électrique a pu naître. Et d'abord quelles sont les sources de l'électricité.

Il y en a trois principales; la première est le frottement, la seule qui fût connue il y a un peu plus de cent ans; on se sert d'un plateau de verre qu'on fait tourner et qui en tournant frotte entre deux coussins; le plateau s'électrise, et l'électricité qui s'y développe est recueillie sur un conducteur en cuivre, qui doit reposer sur des pieds en verre, parce que le verre ne laisse pas passer l'électricité, et que celle-ci ne peut par conséquent s'échapper du conducteur et s'écouler dans le sol. Avec cet appareil, qu'on appelle la machine électrostatique, on peut obtenir de belles étincelles; mais quand l'étincelle est partie, l'appareil est déchargé et il faut tourner pendant un certain temps pour le recharger. Il faut se donner beaucoup de mal pour obtenir de petites quantités d'électricité. Il n'y a donc pas d'application industrielle possible.

La seconde source est la pile. On a un certain nombre de petites bouteilles où se produisent des réactions chimiques; dans chacune d'elles plongent deux corps métalliques appelés électrodes; à l'aide de fils métalliques on réunit dans un ordre convenable les électrodes de ces diverses bouteilles. Supposons que l'on ait 4 bouteilles, 1, 2, 3, 4; dans chacune d'elles plonge une électrode en cuivre et une en zinc; on réunira par exemple le zinc de 1 avec le cuivre de 2, le zinc de 2 avec le cuivre de 3, le zinc de 3 avec le cuivre de 4 par des fils très courts; on attachera un long fil au cuivre de 1 et un autre au zinc de 4. Si on rapproche les extrémités de ces deux longs fils, il pourra jaillir une étincelle, mais toute petite; pour la voir, il faudra se mettre dans un endroit un

peu obscur et regarder de tout près. Pour en avoir de bien visibles, il faudrait assembler beaucoup de bouteilles. En revanche cette étincelle va durer indéfiniment, tant que nous maintiendrons les bouts des deux fils assez près l'un de l'autre et tant que nos électrodes de zinc ne seront pas usées (fig. 1).

Ainsi la machine nous fournissait très peu d'électricité très forte, et la pile nous donne beaucoup d'électricité très faible. La première ressemble à une cascade où il n'y a que peu d'eau, mais qui tombe de très haut; la seconde à une chute de faible hauteur, mais où passe toute l'eau d'un fleuve. Vous entendrez quelquefois parler de volts et d'ampères. Plus il y a d'ampères, plus il passe d'électricité par seconde; plus il y a de volts, plus cette électricité est forte, plus les étincelles sont belles et longues.

De même que deux chutes d'eau peuvent produire le même travail quand la première débite dix fois plus d'eau que la seconde, mais sous une hauteur de chute dix

fois plus petite, de même on peut obtenir le même travail avec un courant de 10 ampères sous 1000 volts ou avec un courant de 100 ampères sous 100 volts. D'après ce que nous venons d'expliquer, la machine statique donne beaucoup de volts et peu d'ampères, et la pile beaucoup d'ampères et peu de volts.

La troisième source d'électricité, c'est la dynamo; c'est une machine que nous décrirons plus loin; on la fait tourner très vite à l'aide de la vapeur ou de la force d'une chute d'eau; on peut atteindre de très grandes puissances et avoir à la fois beaucoup de volts et beaucoup d'ampères. C'est là la véritable source industrielle de l'électricité.

A QUOI SERT L'ELECTRICITE. Que peut-on faire avec l'électricité? D'abord de la chaleur; quand on réunit par un fil les deux bornes d'une source d'électricité, ce fil est parcouru par un courant et ce courant l'échauffe; cette chaleur peut nous donner de la lumière; le courant amené par des fils métalliques pénètre dans la lampe et passe à travers un filament très mince de charbon; ce filament résiste beaucoup plus au passage de l'électricité que les fils de métal, il s'échauffe donc beaucoup plus, de même que quand deux corps glissent

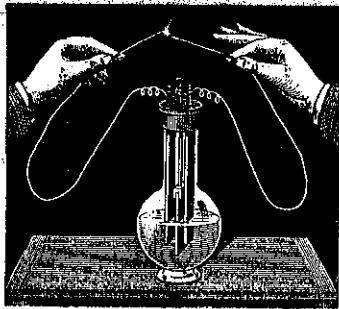


Fig. 1. PRODUCTION D'UNE ÉTINCELLE

que des ouvriers, sont réfugiés au loqués par l'inonurs semaines, en porter secours. itable du mineur, az dont la comdu gaz d'éclair dans les pores de cette houille est chantiers. Nous par l'aérage à en la venue est trop o défectueux, il se air et de grisou e de la mine et illeurs. Une étinmélange, et alors urs qui suivent: es sur le coup par heureux encore, quelques heures ncore asphyxiés on.

ix cette étincelle. feu; il en faut usement Davy a où la flamme est tallique; si une de la lampe, il e qui la remplit pour sortir de la métallique; cette apable d'allumer Il y a aussi les es chargeait de brûlant donnait mer le grisou; amites spéciales

u de grisou; on lquefois l'atmo- re poussière de élangée à l'air, tout comme le incendies; il y la houille, des contact de l'air s'enflamment mmunie à la e, sans quoi il es et produirait nt les ouvriers. sole le quartier trages en terre ent, de açon à ubustion. Pour attendre non int, mais qu'il umerait; pour ées parce que, très lent.

POINCARÉ.

l'un sur l'autre, ils s'échauffent d'autant plus qu'il y a plus de frottement. Il s'échauffe tellement qu'il devient incandescent. Vous savez qu'on l'enferme dans une ampoule de verre où l'on a fait le vide, sans quoi l'air brûlerait tout de suite le charbon.

Avec l'électricité on peut faire des opérations chimiques; quand le courant traverse certains liquides, il les décompose; et il y a là une sorte de réciprocité: avec des réactions chimiques on peut faire de l'électricité; c'est ce que font les piles. Inversement, avec de l'électricité, on peut faire des réactions chimiques.

Enfin l'électricité peut actionner des moteurs, et nous retrouvons la même réciprocité; avec du mouvement on peut faire de l'électricité; c'est ce que font les dynamos; inversement avec de l'électricité, on peut faire du mouvement.

LE TRANSPORT DE LA FORCE.

Supposons deux ingénieurs et que le premier se dise: « Je vais installer des piles où je produirai des réactions chimiques convenables, cela me donnera de l'électricité et je m'en servirai pour faire marcher un moteur. » Le second se dira au contraire: « Je vais faire marcher un moteur avec une machine à vapeur; avec ce moteur, je ferai tourner une dynamo, cela me donnera de l'électricité et je m'en servirai pour produire une réaction chimique, par exemple pour décomposer un sel de cuivre ou d'argent et pour obtenir un dépôt de cuivre ou d'argent. » Eh bien, le premier perdra de l'argent et le second en gagnera. Pourquoi? Le premier aurait eu avantage à faire tourner son moteur tout simplement avec de la vapeur. Il aurait brûlé du charbon, mais sa pile consomme également, on ne fait rien avec rien; quelle est la réaction qui se passe dans toutes les piles? C'est le zinc qui se dissout dans un acide, les électrodes de zinc s'usent rapidement. Les piles brûlent donc du zinc au lieu de charbon; le rendement des machines à vapeur est, il est vrai, bien moins bon que celui des moteurs électriques; mais cela ne suffit pas pour compenser le prix du zinc, qui est beaucoup plus cher que le charbon.

Il résulte de là qu'on fera du mouvement à bien meilleur marché avec une chaudière à vapeur qu'avec de l'électricité. A quoi servent donc alors les moteurs électriques? Il y a des endroits où on a la force presque pour rien, c'est dans le voisinage des chutes d'eau qui vous fournissent sans rien brûler une grande quantité de chevaux-vapeur. Mais les cascades sont généralement dans des pays de montagne, dans des vallées presque inaccessibles, où l'on ne trouverait pas toujours assez de place pour installer une grande usine. On la trouverait d'ailleurs qu'on ne saurait en profiter; car on dépenserait des sommes folles pour monter à l'usine les matières premières à traiter et pour

en descendre les produits fabriqués. Encore moins ces chutes d'eau pourraient-elles directement servir pour faire marcher les tramways d'une ville située à 100 kilomètres. Il faut donc bien transporter la force à distance et c'est ici que l'électricité intervient. La cascade fait tourner une turbine, celle-ci fait tourner une dynamo qui produit de l'électricité; on transporte cette électricité par un fil dans une ville plus ou moins lointaine et là elle fait marcher un moteur où l'on retrouve, au moins en partie, la force de la turbine.

Il y a même des cas où on a intérêt à employer le même détour pour utiliser la force des machines à vapeur. Ainsi pour les tramways; on ne peut pas leur appliquer directement la vapeur; s'il fallait une locomotive pour remorquer un véhicule isolé, on doublerait le poids à transporter et par conséquent le travail à faire. On mettra donc au centre de la ville une grande machine à vapeur qui fonctionnera bien régulièrement et par conséquent dans des conditions très économiques; on s'en servira pour produire de l'électricité qui sera distribuée dans toutes les rues et fera tourner de petits moteurs électriques qui sont placés sur chaque tramway et qui ne tiennent presque pas de place.

Dans un atelier même, on transmettra électriquement le mouvement de la machine centrale à de petits moteurs qui actionneront chaque machine-outil et qu'on pourra déplacer aisément, orienter comme on le voudra. L'électricité ne donnera pas plus de force que n'en donnait la machine centrale, elle ne peut rien créer, il s'en sera même perdu en route; mais la force qu'elle donne est bien plus docile.

LE MOTEUR ÉLECTRIQUE.

Il est temps d'expliquer comment sont faits les moteurs et les dynamos. Supposons un bâton de fer doux entouré d'un fil de cuivre enroulé en hélice, c'est ce qu'on appelle une bobine. Bien entendu, il faut que le fil de cuivre soit enveloppé de soie ou de toute autre matière qui ne laisse pas passer l'électricité. Sans cela l'électricité ne s'amuserait pas à faire tout le tour en suivant toutes les spires de la bobine, elle sauterait d'une spire à l'autre pour avoir moins de chemin à faire. Quand le courant électrique passe dans le fil, le bâton de fer s'aimante; il perd cette aimantation dès que le courant cesse. Un moteur électrique se compose alors de bobines fixes et de bobines mobiles attachées à une roue et tournant avec elle. Quand on lance le courant dans les bobines, elles s'aimantent; les aimants fixes attirent les aimants mobiles, ce qui fait tourner la roue; si on se bornait là, la roue ne ferait qu'une fraction de tour et elle s'arrêterait dès qu'elle aurait atteint une certaine position d'équilibre où les pôles d'aimant qui s'attirent sont aussi près que possible les uns des autres; mais avant que



UN

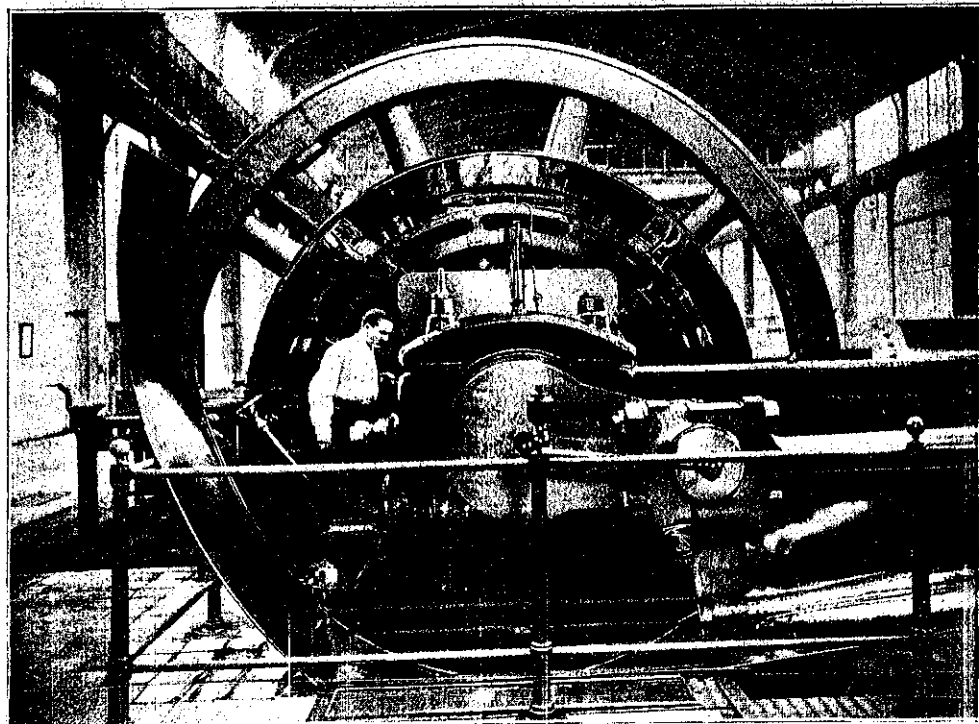


qués. Encore
t-elles direc-
les tramways
. Il faut donc
e et c'est ici
ade fait tour-
rner une dy-
on transporte
ne ville plus
marcher un
as en partie,

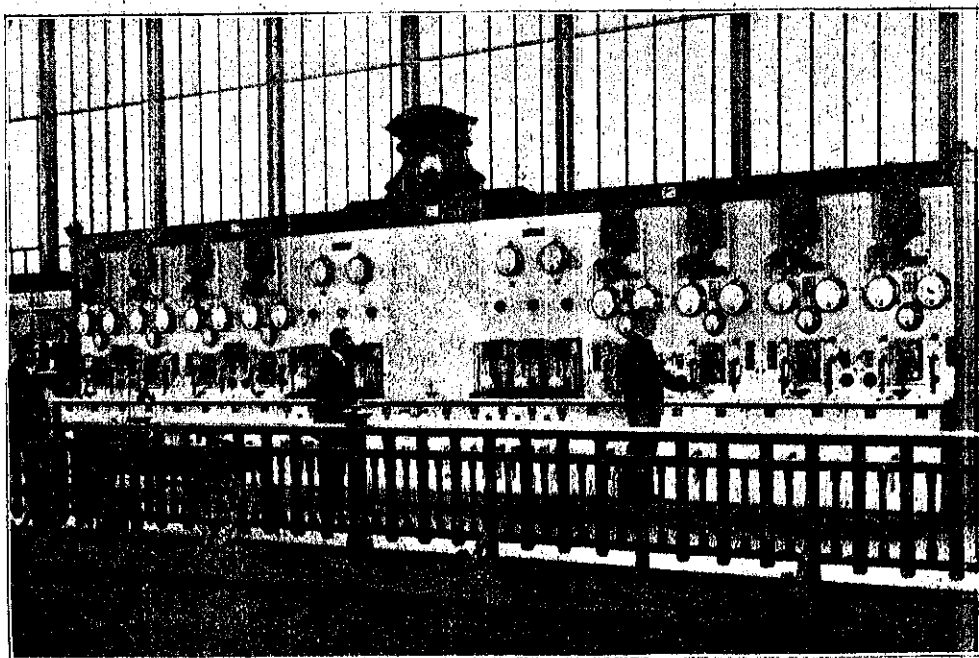
intérêt à em-
liser la force
our les tram-
quer di ecte-
omotive pour
double: il le
tient le travail
e de la ville
fonctionnera
ient dans des
s'en se?vira
era distribuée
ner de petits
s sur c que
que p de

trans- et tra
la ma lité
action: tout
arra de: met
udra. L. élec-
ce que n'en
ne peut rien
route: mais
docile

d'exp quer
ont fait les
ops un aton
ivre enroulé
une bobine,
e cuivre soit
autre matière
ité. Sans cela
faire tout le
de la bobine,
e pour avoir
d le courant
on de fer s'ai-
n dès que le
ue se compose
obines mobiles
nt avec elle.
les bobines,
es attirent les
er la roue; si
qu'une frac-
qu'elle aurait
quilibre où les
aussi près que
ais avant que



UNE DES 8 DYNAMOS DE L'USINE ÉLECTRIQUE, DE SAINT-DENIS



LE TABLEAU DE DISTRIBUTION A L'USINE DE SAINT-DENIS

cette position soit atteinte, les conditions dans lesquelles le courant arrive se trouvent modifiées par le mouvement même de la roue; le fer se trouve aimanté autrement, et la position à laquelle on allait arriver ne correspond plus à l'équilibre; il faut tourner encore pour atteindre

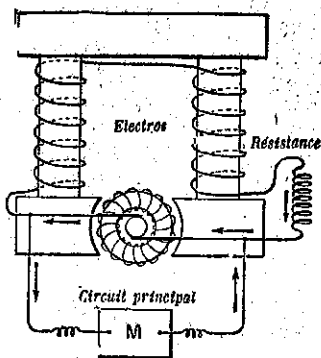


Fig. 2.

la nouvelle position d'équilibre; cette position se déplaçant sans cesse, fuit indéfiniment devant les bobines tournantes qui s'efforcent de l'atteindre, de sorte que ces bobines sont forcées de tourner toujours (fig. 2).

Si vous regardez un moteur électrique ou une dynamo, vous verrez d'a-

bord deux grosses bobines fixes; ce sont nos aimants fixes, c'est ce qu'on appelle l'inducteur. Les bâtons de fer qui forment les noyaux de ces bobines sont réunis entre eux à la partie supérieure par une masse de fonte; vers le bas ils se prolongent par deux espèces de mâchoires; entre ces mâchoires vous voyez tourner les bobines mobiles; voici comment elles sont faites. Imaginez qu'on prenne une bobine droite avec un noyau cylindrique et qu'on la recourbe jusqu'à ce que les deux extrémités du noyau viennent à se toucher. Ce noyau sera alors devenu un anneau circulaire fermé de fer; c'est l'anneau de Gramme. Vous ne pouvez pas le voir parce qu'il est entièrement recouvert de fils; mais vous pouvez voir ces fils. Vous voyez également un appareil formé d'une série de lames de cuivre qui tournent avec l'anneau, c'est le collecteur. Enfin vous voyez deux petits balais qui ne tournent pas, mais qui frottent constamment sur le collecteur.

Que se passe-t-il alors? Le courant arrive par l'un des balais et sort par l'autre. Du premier balai il passe sur l'une des lames du collecteur et arrive à la bobine mobile. Il faut ensuite qu'il gagne le point diamétralement opposé de cette bobine pour repasser sur le collecteur et de là sur le second balai. Ce point, il peut y arriver par deux chemins puisque la bobine est un cercle fermé; il peut donc y arriver soit en parcourant la moitié gauche de la bobine, soit en parcourant la moitié droite. En fait, il se partage également entre les deux chemins. Nos deux moitiés de bobines vont donc être parcourues par des courants et chacune d'elles deviendra un aimant. Ces deux aimants auront par exemple l'un et l'autre leur pôle Nord du côté du premier balai, leur pôle Sud du côté du second balai; le pôle Nord est

celui qui se dirigerait vers le Nord si l'aimant était assez léger pour pouvoir être monté comme une boussole.

Voici en ABCDEF notre anneau tournant; en H et en K les deux balais; en N et en S les deux mâchoires de la bobine fixe, qui constitue un aimant fixe avec le pôle Nord en N et le pôle Sud en S. Le courant arrive par le premier balai H et sort par le balai K; il va donc suivre les deux chemins ABCD et AFED, de sorte que l'anneau se partagera en deux aimants ayant tous deux le pôle Sud en A et le pôle Nord en D. Le pôle Nord N attirant le pôle Sud A, l'anneau va se mettre à tourner dans le sens de la flèche; mais le pôle Sud de l'anneau n'atteindra jamais le pôle Nord qui l'attire; et en effet, au bout d'un certain temps, l'anneau aura pris la position représentée sur la partie droite de la figure. Mais le courant arrivant toujours par H et sortant par K, suivra les deux chemins FABC et FEDC, de sorte que les pôles Sud des deux demi-anneaux seront maintenant en F et les pôles Nord en C. L'anneau tournera donc indéfiniment (fig. 3).

LES DYNAMOS. Voilà comment sont faits les moteurs électriques; qui transforment l'électricité en mouvement. Comment seront faites maintenant les dynamos qui transforment le mouvement en électricité? Elles seront exactement pareilles; ce sont les mêmes machines qui tournent toutes seules quand on y envoie de l'électricité et qui produisent de l'électricité quand on les fait tourner de force. Il est aisé de comprendre qu'il ne peut en être autrement. Considérons un moteur que nous maintenons d'abord au repos; nous le mettons en commu-

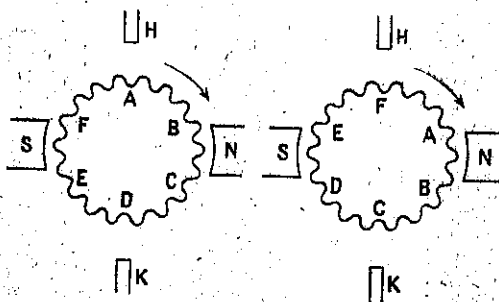


Fig. 3.

nication avec une source d'électricité; nous aurons une certaine intensité de courant dans le moteur et sur la ligne. Maintenant nous desserrons les freins et le moteur se met en marche; allons-nous avoir encore la même intensité de courant que quand le moteur ne travaillait pas? Non; alors nous aurons deux choses à la fois, nous aurons du travail et en plus toujours le même courant sur la ligne, dont nous pourrions nous servir pour faire aller un autre moteur. Nous aurions obtenu le travail pour

rien; cela est impossible; le courant sera donc plus faible que quand le moteur ne tournait pas. Cela veut dire que le moteur en tournant a produit un courant de sens contraire à celui qui le fait tourner. Si alors on le faisait tourner avec une machine à vapeur et sans lui envoyer de courant du dehors, il ne resterait plus que ce courant de sens contraire, et on aurait un courant sur la ligne. Le moteur serait devenu une génératrice.

On peut partager le courant produit et en envoyer une partie dans les bobines fixes et une partie sur la ligne, ou bien faire passer le courant tout entier successivement par la ligne, les bobines fixes et par l'anneau. Au début les bobines fixes ne conservent que des traces de magnétisme. Mais ces traces suffisent pour produire un très faible courant dès que la dynamo se met en marche. Ce courant en passant dans les bobines fixes les aimante un peu plus; de sorte que le courant devient plus fort; alors les bobines s'aimantent davantage et ainsi de suite jusqu'à ce que les fers soient aimantés à fond et que le courant atteigne son maximum (fig. 4).

LES COURANTS ALTERNATIFS.

Les appareils décrits jusqu'ici utilisent ou produisent des courants continus, c'est-à-dire des courants qui vont toujours dans le même sens. Mais on emploie aussi des courants alternatifs, qui changent de sens plusieurs fois par seconde; ces courants peuvent tout aussi bien que les autres servir à faire de la lumière électrique; en revanche, avec eux il n'y a pas moyen de faire des réactions chimiques; ils ne conviennent pas non plus très bien pour faire marcher les moteurs, en particulier ceux qui doivent s'arrêter fréquemment, comme ceux des tramways; ce n'est que depuis peu de temps qu'on a commencé à s'en servir pour la traction; presque toujours, quand on veut faire marcher un tramway avec du courant alternatif, on commence par le transformer en courant continu, ce qui est compliqué. Quels sont donc les avantages qui compensent tous ces inconvénients? Quand on veut transporter de la force à distance par un fil, on en perd en route et la perte sera d'autant plus grande qu'on fera passer dans le fil plus d'électricité. Ainsi que je l'ai expliqué plus haut, on peut obtenir le

même résultat avec moins d'ampères et plus de volts, c'est-à-dire moins d'électricité, mais de l'électricité plus forte qui donne de plus longues étincelles. Dans l'usine, cette électricité moins abondante, mais plus forte, est dangereuse, tant pour les ouvriers que pour les machines elles-mêmes; dans le fil de transmission, elle représente une économie, puisque moins il y a d'électricité en mouvement, moins il y a de perte. Il faut donc pouvoir transformer à volonté un courant d'électricité forte en un courant d'électricité faible et inversement. Cette trans-

formation est facile avec des courants alternatifs; elle se fait alors dans des appareils appelés transformateurs, où il n'y a rien qui tourne et qui marchent tout seuls sans exiger aucune surveillance. Et c'est pour cela que les courants alternatifs sont d'un emploi fréquent; ils sont produits par des appareils reposant sur les mêmes principes que les dynamos, mais dont les dispositions sont un peu différentes.

LES ACCUMULATEURS.

J'ai dit que les piles ne peuvent donner l'électricité à bon marché; mais on a construit avec des lames de plomb convenablement préparées des piles qui jouissent de propriétés bien remarquables. Quand on y fait passer un courant, elles se chargent; elles emmagasinent sous forme chimique l'énergie électrique qu'on leur fournit et qui sert par exemple à désoxyder le plomb; ensuite le plomb se réoxyde et cette réaction produit de l'électricité comme dans les piles ordinaires, de sorte que l'énergie électrique emmagasinée est restituée. Ce sont les accumulateurs.

Nous produisons de l'électricité avec une dynamo, nous emmagasinons son énergie dans nos accumulateurs qui nous la restitueront quand nous voudrons; nous pouvons alors charger nos accumulateurs à l'usine, et les placer ensuite sur un automobile ou un dirigeable où ils feront aller un moteur. Nous aurons cette électricité au même prix qu'avec une dynamo; ce que nous aurons brûlé finalement, c'est du charbon, ce n'est pas du plomb; à la vérité il y a du plomb qui s'est oxydé, mais c'était celui qui s'était désoxydé pendant la charge, et qui peut ainsi resservir indéfiniment.

HENRI POINCARÉ.

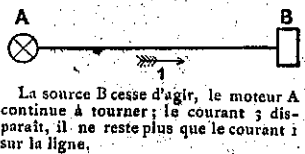
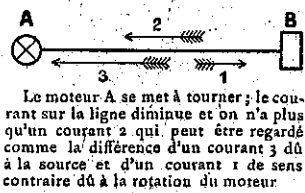
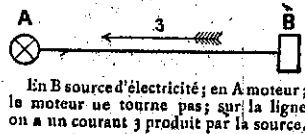


Fig. 4.

LA FORME DE LA TERRE

habités qui comme évi-
preuves qu'
aux efforts s'
pas de ban-
que la Terr-
nous a mo-
l'avons ma-
océans en-
nous sont d-
savons que
est d'enviro-
énorme à r-
dans l'espac-
dômes, qu'e-
palais, ses
pivotant su-
s'il était ré-
qu'on appel-
ber, cela sig-
du centre d-
ni bas dans l-
globe de pa-
côté, un cie-
étoiles, et
auraient leu-
nôtres, en un-
Ces idées
nous avons
nous a causé
peine à con-
où nos anc-
planète.
Pourtant
aucun éducat-
du so. qui la
son bateau
avec ses mé-
rication Pour
image réduite
siècles et des
d'actions hé-
humain vérité
une épopée n-
trionphes, de
un énéme tra-
le cerceau h-
çante.
Oublions
nous faire des
cette épopée.