

HENRI DE PARVILLE

L'ÉLECTRICITÉ
ET
SES APPLICATIONS

EXPOSITION DE PARIS



AVEC 187 FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

L'ÉLECTRICITÉ

ET

SES APPLICATIONS

EXPOSITION DE PARIS

I

Avant-propos. — La Science à la mode. — L'Électricité. — Exposition de 1881. — Souvenirs rétrospectifs. — Les féeries de la Science. — Coup d'œil général. — Le Palais de la Lumière. — Plan d'ensemble. — Le rez-de-chaussée et le premier étage. — La Section française. — Les Sections étrangères. — Curiosités de l'Exposition. — Les forces occultes. — Le mouvement sans moteur apparent. — Transmissions électriques. — Distribution de la force. — La galerie des machines. — L'ascenseur électrique. — Les tramways électriques. — Les lumières électriques. — La salle des auditions téléphoniques. — Un monde nouveau.

Tout a son heure en ce monde. L'opportunisme n'est pas un vain mot. Chaque science se partage à tour de rôle la faveur publique. Depuis quelque temps, c'est l'électricité qui règne dans l'opinion, en attendant qu'elle gouverne. Tout le monde a les yeux tournés vers cette branche attrayante de la physique; elle a la vogue; aujourd'hui ce qui est électrique, a sans conteste, le don d'attirer l'attention. Aussi bien

du reste, la curiosité est justifiée; les découvertes les plus saillantes, les inventions les plus extraordinaires sont, en effet, du domaine de l'électricité. Si l'on ajoute que la foule a toujours eu un penchant pour ce qui lui paraît tenir du merveilleux et pour ce qui sur-excite son imagination, on s'expliquera sans peine son engouement. Ce n'est pas d'aujourd'hui que date l'expression significative : électriser la foule!

Malheureusement, les phénomènes électriques faciles à produire et à observer, sont moins commodes à comprendre et à interpréter. Il se trouve cependant des personnes qui ne se contentent pas de voir, elles voudraient savoir. D'autre part, la science marche à pas de géants; lorsqu'on ne la suit pas au jour le jour, on est bien vite débordé par les faits; on se trouve un peu dans la situation de celui qui a dû sauter plusieurs chapitres d'un livre et qui voudrait cependant, avant de poursuivre la lecture, être sommairement mis au courant de ce qu'il lui a fallu passer. De ce côté aussi, il y a certainement une lacune à combler.

L'Exposition d'électricité nous a offert un champ d'exploration inespéré; tout ce qui était neuf, tout ce qui était remarquable était groupé aux Champs-Élysées. Le meilleur moyen de bien juger d'une industrie, c'est de pénétrer dans l'usine, d'y voir les ouvriers à l'œuvre et les machines en fonction. Le spectacle est saisissant; on suit le travail; on se rend compte des procédés; pour présenter un tableau d'ensemble des applications de l'électricité, la méthode la plus courte et la plus démonstrative, c'est de consacrer quelques heures à des visites rétrospectives à l'Exposition. Nous en retirerons un double avantage.

Chemin faisant, nous aurons à rappeler des notions oubliées et peu connues, à examiner des problèmes pleins de promesses; en même temps, nous fixerons dans ces esquisses rapides le souvenir de l'événement scientifique le plus important de l'année 1881.

L'Exposition de 1881 a montré dans tout son épanouissement l'étonnante fécondité des applications de l'électricité; elle restera la première manifestation imposante des progrès incessants d'une science à laquelle semble appartenir l'avenir.

C'était le rêve des anciens de diriger et de maîtriser la foudre. Le rêve est dépassé; on l'a maîtrisée, on l'a asservie et on l'a obligée à se rendre utile. Nous fabriquons l'électricité industriellement; nous la conduisons où nous voulons; elle travaille pour nous; elle obéit à tous nos caprices; elle peut remplacer la force de milliers de chevaux; elle fait fonctionner des pompes, des batteuses, des charrues, des machines, des outils de toute sorte; elle remorque des voitures; elle dore, argente, purifie les métaux, se fait métallurgiste et graveur; elle transmet au loin la parole, le chant, la musique, l'écriture, le dessin, la peinture; elle éclaire, elle fond les substances les plus réfractaires; c'est la force universelle par excellence; jamais même force naturelle n'a été aussi complètement domptée; elle mène à bonne fin les travaux les plus durs et les travaux les plus délicats. On dirait qu'elle a été d'autant plus énergiquement soumise à la volonté de l'homme, qu'elle s'est montrée, au début, plus violente et plus terrible dans ses colères et dans ses révoltes. Le visiteur qui pénétrait dans le palais pouvait facilement se con-

vaincre qu'il marchait en pays conquis; il eût été bien imprudent de le parcourir, il y a tout au plus un demi-siècle. On avait accumulé aux Champs-Élysées et asservi assez d'électricité pour foudroyer des bataillons et couvrir de feu des villes entières. Heureusement, nous sommes désormais les maîtres, et nous pouvons aujourd'hui admirer sans crainte notre œuvre et assister sans danger à notre triomphe.

C'était le soir qu'il était préférable d'entrer pour la première fois à l'Exposition. Si l'on n'avait su d'avance où se trouvait le palais, on l'aurait bien vite deviné à la lueur qu'il projetait au loin sur la ville. On aurait dit que le feu était aux Champs-Élysées ou qu'une magnifique aurore boréale resplendissait à l'occident. La lumière s'échappait par les plafonds vitrés et allait éclairer les nuages. Deux puissants foyers électriques munis de réflecteurs et installés au sommet du portail de la porte d'honneur envoyaient leurs sillons étincelants sur l'Arc-de-Triomphe et la place de la Concorde. Tantôt la fumée des machines se rabattait dans la zone d'éclairément et prenait des tons pourpres et fauves d'incendie; elle roulait des vagues lumineuses qui s'élevaient et s'abaissaient dans l'obscurité de la nuit. Tantôt, au contraire, l'espace était libre et le faisceau brillant ondulait et vibrail dans des scintillements éblouissants; aux premiers plans, on la voyait courir sur la cime des marronniers, et la crête des feuilles s'allumait et prenait des tons d'émeraude: on eût dit d'une pelouse ensoleillée suspendue dans les airs. Aux seconds plans, le rayon fouillait et embrasait les massifs humides; il les couvrait de reflets chatoyants, et les petites gouttelettes de rosée tombaient lentement une à une comme des

perles aux couleurs d'arc-en-ciel. Au loin, les maisons étincelaient au milieu d'une auréole blanche. Le coup d'œil était singulier, et l'on se serait cru volontiers transporté dans un pays de féerie.

Lorsqu'on avait franchi le grand portail, le spectacle devenait magique. Il convenait de monter immédiatement au premier étage ; le regard embrassait dans son ensemble la grande nef et ses innombrables lumières ; l'illumination était incomparable de splendeur. Ça et là, partout, sans ordre ni symétrie, au milieu des machines, des appareils en mouvement, brillaient comme des lanternes vénitiennes éclatantes les lampes électriques enfermées dans leurs globes opalins ; la nef était comme piquée de gros diamants blancs, qui marquaient les emplacements des nations et limitaient la place des exposants : ici, des foyers à la lumière intense ; là, des lampes à rayonnement doux et chaud ; partout des lustres, des candélabres, des lampadaires, des bougies envoyant leurs clartés disparates sur les oriflammes, les bannières, les drapeaux multicolores. Du premier étage on eût dit une immense mosaïque d'or, d'argent et de pierres fines. Au centre, et dominant ce miroitement étincelant, se dressait un phare de premier ordre qui projetait encore dans toutes les directions des éclats alternativement rouges et blancs. La coupole de l'édifice apparaissait comme une immense voûte de feu. Le palais des Champs-Élysées était bien devenu le véritable palais de la Lumière.

Lorsqu'on entra dans l'exposition par le grand portail, on avait à sa droite la section française, à sa gauche les sections étrangères. La place avait été effectivement partagée par parties égales : moitié aux nations étrangères, moitié à la France. En face, dans

toute la longueur du palais, se développait la galerie des machines et des générateurs d'électricité.

Du côté français, l'œil s'arrêtait immédiatement sur les expositions des principales Compagnies de chemins de fer : signaux, sémaphores électriques, avertisseurs de manœuvres, etc., sur les expositions des Sociétés de Gramme et Jablochkoff. Plus loin, le visiteur pénétrait dans le pavillon de la Ville de Paris, où l'on avait exposé les différents systèmes de remise à l'heure des horloges, les appareils de protection des édifices parisiens contre la foudre, le réseau télégraphique municipal, les signaux et les appels des sapeurs-pompiers, etc. ; plus loin encore se trouvait le luxueux pavillon du ministère des postes et des télégraphes avec tous les appareils de transmission et de réception télégraphiques les plus perfectionnés. Tout autour, sur les bas côtés, on avait installé les expositions des ministères de la guerre et de la marine, l'exposition de l'Académie d'aérostation, etc.

Du côté étranger, l'emplacement avait été partagé en trois grandes travées longitudinales et en plusieurs travées transversales. Le commencement de la première travée, en face du phare, avait été réservé à l'Angleterre. Le gouvernement britannique avait élevé un joli pavillon en forme de chalet, dans lequel étaient exposés tous les appareils télégraphiques employés par le Post-Office de Londres. Tout autour, en avant et en arrière, étaient groupés les instruments de toute nature, les câbles, les signaux des exposants anglais. Le regard était arrêté au passage par une immense bouée qui se dressait comme un petit ballon au-dessus des vitrines et des tables voisines. C'est un spécimen des bouées indicatrices qui jalonnent en

mer la position des câbles sous-marins; les bouées sont reliées au câble; en cas de rupture, il devient facile de relever le conducteur et de le réparer.

Après l'Angleterre, venaient dans la même travée l'Autriche, la Suède, puis l'Italie avec son pavillon qui rappelait le palais ducal de Venise. On y voyait les appareils de Volta, qui remontent à la première année de ce siècle. Enfin, l'exposition suisse et l'exposition du Japon. Sur les bas côtés, on trouvait encore l'Angleterre, puis la Hongrie, la Norvège, la Russie, encore l'Italie, et la Suède.

La seconde travée, premier rang, était occupée par l'Allemagne, où l'on remarquait un modèle de la première machine électrique de Otto de Guéricke. A sa suite venait l'exposition des Pays-Bas, au milieu de laquelle on avait placé l'immense machine électrique de Van Marum, presque un monument, et en tout cas une curiosité historique (1). Deux volumes étaient déposés près de l'appareil : « Description d'une très-grande machine électrique placée dans le Muséum de Tayler, et des *experiments* faits, par les moyens de cette machine, par Martinus Van Marum. *Harlem*, 1785. » Cette machine a été construite par Cuthberston; elle est formée de deux plateaux en verre de 1 m. 65 de diamètre, frottant sur huit coussins. Van Marum obtint avec elle des étincelles de plus de *soixante centimètres* de longueur et de la grosseur d'un tuyau de plume; pour

(1) Une salle de l'Exposition avait été réservée à un *Musée rétrospectif* renfermant les anciens appareils qui peuvent servir de point de repère aux progrès de la science électrique. Toutefois, on trouvait encore, disséminés dans les sections étrangères, quelques appareils historiques d'un véritable intérêt.

l'époque, la machine électrique de Van Marum était une merveille.

Troisième travée : Etats-Unis ; encore l'Allemagne dont l'exposition était considérable ; la Belgique et l'Espagne. En Amérique, beaucoup d'inventions originales. En Belgique, on s'arrêtait devant le modèle d'un édifice protégé par le système de paratonnerres de M. Melsens et devant le bel appareil d'enregistrement météorologique automatique de M. Van Rysselberghe. Dans l'encoignure, entre l'Espagne et la galerie des machines, se trouvait l'ascenseur électrique de M. Siemens qui permettait de passer sans fatigue du rez-de-chaussée au premier étage. Tout près, à la porte sud-est du palais, la station d'arrivée du tramway électrique du même inventeur.

De tous côtés, dans presque toutes les sections françaises et étrangères, les outils fonctionnaient comme par enchantement. On n'apercevait ni transmission de mouvement, ni moteurs à vapeur ou à gaz. Les machines à coudre, les brodeuses tournaient toutes seules ; les scies, les rabots, les tours faisaient leur besogne comme entraînés par une force occulte.

Les ventilateurs, les pompes étaient en pleine marche, et le curieux ne voyait aucune machine pour les mettre en mouvement. Tout avait l'air de fonctionner seul, comme dans un palais des Mille et une Nuits. Et en effet, il n'y avait rien de tangible à côté ; la force quelquefois énorme, qui les entraînait, se glissait furtivement par un fil métallique de quelques millimètres de diamètre. On attache le fil à une petite machine électrique, et l'électricité, venue comme par le télégraphe, oblige les outils à effectuer leur travail. C'était le propre de cette Exposition d'emplir

le palais de lumière et de force avec de simples fils de transmission. On voyait les fils courir de toutes parts dans l'enceinte. Les câbles et les conducteurs s'entrecroisaient et portaient à destination la force que l'on préparait sur place dans la galerie des grosses machines. Jusqu'au tramway électrique circulant de la place de la Concorde au palais, qui puisait sa force télégraphiquement dans le magasin de travail de la galerie longitudinale! On lui envoyait strictement ce qu'il lui fallait de force pour transporter ses voyageurs, comme on enverrait à un bec le gaz nécessaire à l'éclairage d'un appartement. Nous insisterons longuement sur cette distribution électrique de la force, une des puissances nouvelles de l'industrie de l'avenir.

Le rez-de-chaussée avait ses partisans, mais le premier étage avait surtout le don d'attirer la foule des curieux. C'était effectivement dans les salles du premier que l'on avait groupé les applications les plus saillantes de l'électricité. Chaque salle avait son éclairage propre; on jugeait ainsi mieux et plus en détail des avantages de chaque système. Le visiteur, en montant par le grand escalier qui terminait la section française près du pavillon du ministère des postes, parvenait à gauche dans la salle du théâtre éclairée par la lampe Werdermann. Quatre fois par semaine on s'y pressait pour entendre la fanfare Ader: airs de chasse transmis par le téléphone. Puis venaient successivement, à droite des salons, des appartements éclairés par une lumière électrique dont on fait varier l'intensité aussi facilement qu'on le fait avec un bec de gaz ou une lampe modérateur, les salles des appareils de physique, des condensateurs électriques, des

paratonnerres, de l'horlogerie électrique, des avertisseurs d'incendie, des jouets électriques, du Musée rétrospectif, les salles de l'exposition Edison.

Les quatre salons d'audition téléphonique ont eu surtout la vogue : de 3 à 4,000 personnes s'y portaient tous les soirs. Nous nous y arrêterons aussi tout particulièrement, car l'audition téléphonique ainsi perfectionnée n'est pas seulement une curiosité, le problème résolu est important. Il est aujourd'hui démontré par ces essais extrêmement remarquables que l'on peut transmettre à des distances considérables des chœurs, des solos, la musique d'un orchestre, toutes les ondes sonores si complexes qui sortent des instruments les plus variés, avec une netteté, une pureté, une intensité incroyables. Le téléphone à l'oreille, et l'on est positivement dans la salle de l'Opéra. Il est permis d'affirmer qu'il suffit aujourd'hui de le vouloir pour faire entendre l'Opéra, l'Opéra-Comique, les Français aux quatre coins de Paris. On pourrait canaliser la musique la plus fine et la plus bruyante et la distribuer à domicile comme on distribue l'eau et le gaz. Nous n'avions jusqu'ici que les locations dans la salle ; on aura, quand on le désirera, des locations à domicile. Peu importent les dimensions d'une salle ; avec la téléphonie elles n'ont plus de limites, puisqu'il est facile de porter et de distribuer les chants et toutes les délicatesses d'une orchestration puissante dans tous les quartiers d'une grande ville. On comprend très-bien l'enthousiasme de la foule qui envahissait les salons d'audition. On surprenait quelquefois des visiteurs abandonnant leurs téléphones pour applaudir avec frénésie comme s'ils se trouvaient réellement à l'Académie de musique.

Et cependant, quatre ans à peine nous séparent de la découverte de Graham Bell. Il y a trois ans le téléphone était un joujou; on se moquait de sa voix de polichinelle; aujourd'hui on s'en sert dans tout Paris; on parle par son intermédiaire dans tous les coins du palais; deux personnes se reconnaissent à leur voix sans s'apercevoir; on reconnaît sans hésitation à 3 kilomètres de distance la voix de nos artistes et de nos acteurs, leur place sur la scène, leurs positions respectives; l'oreille supplée à l'œil dans une certaine mesure. Les progrès de la téléphonie sont étonnants.

Lorsqu'après avoir jeté dans une première visite un coup d'œil d'ensemble sur l'Exposition, on songe un peu à la simplicité des moyens mis en œuvre pour obtenir des résultats si extraordinaires, il est bien difficile de franchir la porte de sortie sans emporter avec soi un profond sentiment d'admiration pour toutes ces créations du génie de l'homme (1).

Tout dans cette enceinte tient du merveilleux; on n'était plus ici, comme dans les Expositions universelles, en face d'industries connues; tout y était neuf,

(1) Il résulte des documents officiels que 1,764 exposants ont pris part à l'Exposition, ainsi répartis: France, 937. Allemagne, 148. Autriche, 37. Belgique, 208. Danemark, 5. Espagne, 23. Angleterre, 122. Hongrie, 10. Italie, 81. Japon, 2. Norvège, 19. Pays-Bas, 18. Russie, 38. Suède, 23. Suisse, 4. Le nombre des visiteurs payants a été de 673,347. Les entrées gratuites ont été largement accordées. Les recettes, y compris la subvention de l'État de 200,000 fr. et celle de la Ville de 25,000, ont été de 1,048,417 fr. 68. Les dépenses d'environ 689,119 fr. 84. Produit net 358,926 fr. 84. Le bénéfice net, tout soldé, aura été supérieur à 325,000 fr. Par décret en date du 23 février, rendu sur la proposition du ministre des postes et télégraphes, cette somme a été appliquée à la création d'un laboratoire central d'électricité à Paris.

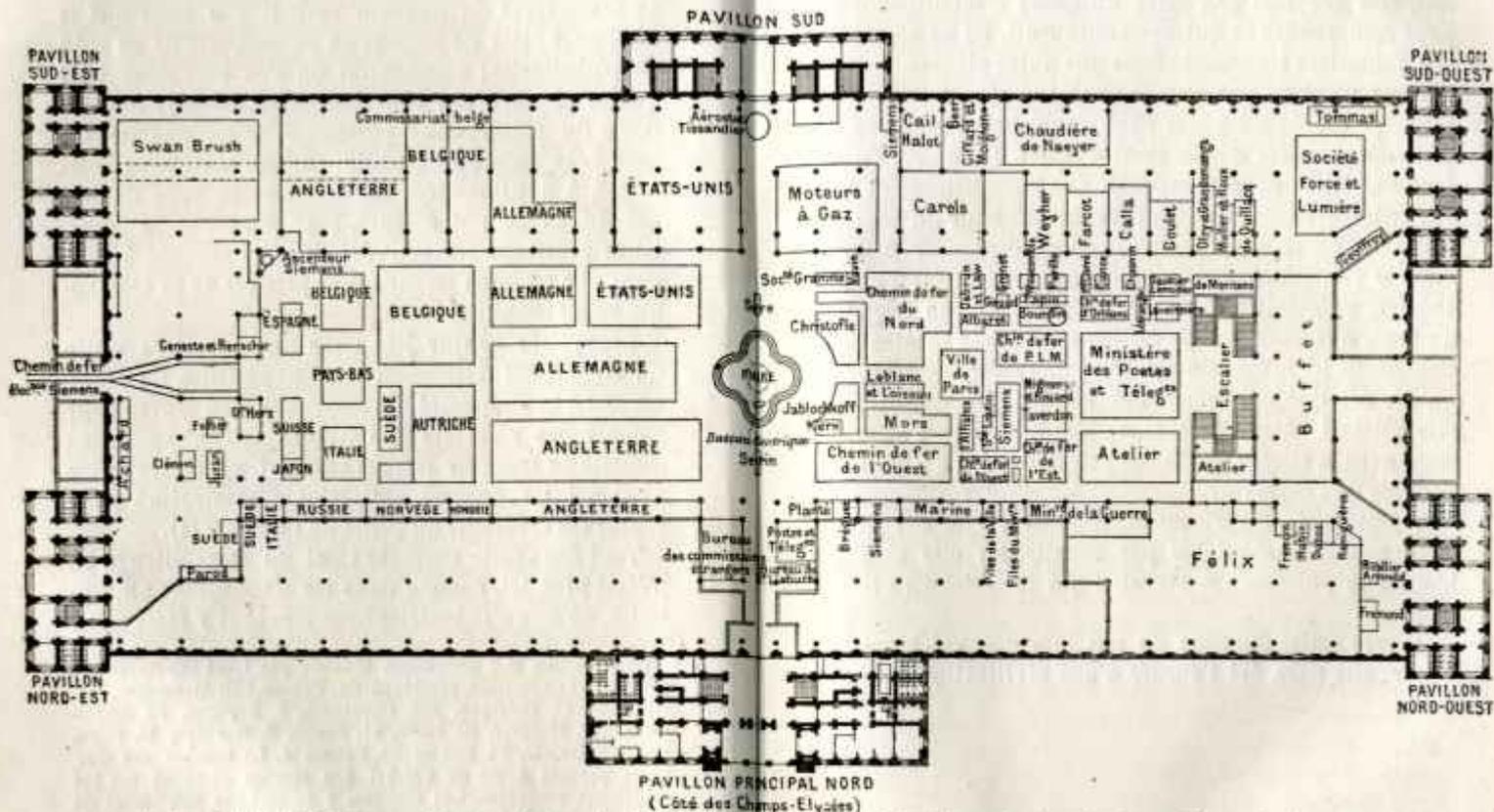


Fig. 1. — Palais de l'Industrie. — Plan du rez-de-chaussée de l'Exposition d'Électricité. — À droite la section française ; à gauche la section étrangère.

tout y était plein d'originalité et de surprise; il fallait, bon gré mal gré, faire un effort d'intelligence pour comprendre ce qui nous entourait, on se serait cru volontiers transporté dans une autre planète.

Nous n'avions pas encore l'habitude de voir fonctionner tant de machines sans cause apparente. Ces procédés occultes déroutaient l'esprit. Le secret de leur existence nous échappait. Ces transformations, ces métamorphoses rapides paraissaient tenir du prodige. Et l'on se surprenait presque à demander quel était le machiniste qui, comme dans les dessous d'un théâtre, présidait à cette œuvre magique. En effet, au fond, n'était-on pas au milieu d'un vaste théâtre? Seulement ici le machiniste, c'est une force si subtile, qu'elle est restée pendant des siècles insaisissable; elle glissait entre nos mains; elle s'échappait sans cesse avec la vitesse de l'éclair; c'est à peine s'il était possible de l'entrevoir.

Aujourd'hui, emprisonnée, conquise, elle est la force souple et maniable par excellence; elle sera bientôt la puissance souveraine qui transformera le monde.

Pauvre petite étincelle de nos informes machines d'hier, elle aura été l'aurore d'une civilisation nouvelle!

VI

Moteurs électriques. — Transformation de l'électricité en énergie mécanique. — Coup d'œil rétrospectif. — Moteurs de Jacobi, Froment, etc. — Époque actuelle. — Moteurs à bobine Siemens. — Moteur magnéto-électrique Marcel Deprez. — Moteur dynamo-électrique Trouvé. — Le velocipède électrique. — Canot électrique. — Applications diverses des moteurs électriques. — Le moteur américain de Griscom. — Le moteur français de Borel. — Moteur Burgin. — Inconvénients des moteurs à courants alternatifs. — Perte de travail. — Moteur électrique Gramme. — Réversibilité des machines dynamo-électriques. — La machine génératrice d'électricité employée comme moteur. — Avantages. — Expérience fondamentale de M. Fontaine à Vienne. — Solution moderne de la production du travail mécanique au moyen de l'électricité.

Que d'inventeurs ont perdu leurs peines et gaspillé leur fortune dans le fol espoir de résoudre ce problème : remplacer les moteurs à vapeur par des moteurs électriques ! avec de l'électricité, faire de la force et donner le mouvement aux outils. Et c'est si joli en effet : une pile dans un coin, un fil télégraphique pour porter l'électricité jusqu'à un petit appareil qui, en tournant, ferait fonctionner les outils. Plus de foyer, plus de fumée, plus de vapeur ! Que d'essais, que de tentatives infructueuses ! Les inventeurs oubliaient le prix de revient de l'électricité engendrée par la pile et surtout l'insuffisance du courant. Que faire avec un filet d'eau, qu'obtenir avec un petit courant d'électricité !

Le principe des *moteurs électriques* est facile à saisir. Nous avons appelé « électro-aimant » un cylindre de fer doux entouré de spires de fils métalliques. Il a été dit que le fer doux se transformait en aimant quand on faisait passer un courant électrique dans les fils de l'hélice enveloppe. Le fer doux perd ses propriétés magnétiques brusquement, aussitôt que le courant est interrompu. Dès lors, imaginez une palette de fer placée en regard d'un électro-aimant, et maintenue à petite distance par un ressort. On fait passer le courant : la palette est attirée; on l'interrompt : le ressort ramène la palette à sa position première. Voici facilement obtenu un mouvement de va-et-vient. C'est ainsi que l'on fait fonctionner à grande distance les appareils télégraphiques, car le télégraphe est le premier des moteurs électriques.

Quand, de même, on introduit un barreau de fer dans un électro-aimant creux, le barreau est attiré à l'intérieur et peut revenir ensuite sur lui-même sous l'action d'un ressort. Voici encore un mouvement de va-et-vient tout à fait comparable à celui d'un piston dans le cylindre d'une machine à vapeur.

Il est ensuite très-aisé, par un artifice de mécanique, de transformer ce mouvement de va-et-vient en mouvement circulaire et de faire tourner une machine quelconque; d'ailleurs l'appareil lui-même peut interrompre le courant électrique, de sorte que le mouvement devient continu.

On a imaginé ensuite une autre disposition meilleure. Une sorte d'engrenage à dents de fer était disposé sur un axe entre des électro-aimants. Ceux-ci,

s'aimantant et se désaimantant successivement sous l'action d'un courant, attiraient les dents, et la roue dentelée tournait. Le mouvement circulaire était directement obtenu. C'est par centaines que l'on pourrait compter les moteurs électriques sortis du cerveau des inventeurs. Le premier moteur qui ait réellement fonctionné paraît être celui de Jacobi, l'illustre inventeur de la galvanoplastie. Une pile de 128 couples Grove fournissait l'électricité; il fut essayé en 1839 sur la Néva, à Saint-Pétersbourg. Il faisait tourner les roues à palettes d'une chaloupe montée par douze personnes; il développait une force évaluée, ce qui est possible, aux trois quarts d'un cheval vapeur.

Le poids de ce moteur était considérable. Un moteur de 40 à 50 kilogrammètres pesait en ce temps-là 1,000 kilogrammes. Qu'aurait donc pesé une machine de plusieurs chevaux! Maintenant on obtient la même force sous un poids vingt fois moindre. Il est vrai de dire que les moteurs réalisés depuis Jacobi et construits souvent par des mécaniciens très-habiles n'ont jamais donné plus de quelques kilogrammètres de force. La difficulté principale à vaincre ne résidait pas du reste dans la machine elle-même, mais bien dans la pile. Comment songer à substituer sérieusement à la machine à vapeur un moteur électrique dépensant à force égale trente fois davantage?

De nos jours, cependant, depuis l'invention des machines magnéto-électriques, on est arrivé à des résultats plus satisfaisants. On construit de petits moteurs très-réduits de dimensions et de poids, qui fonctionnent avec quelques éléments de pile et développent quelques kilogrammètres.

M. Marcel Deprez a eu l'idée de placer longitudinalement entre les branches d'un aimant en fer à

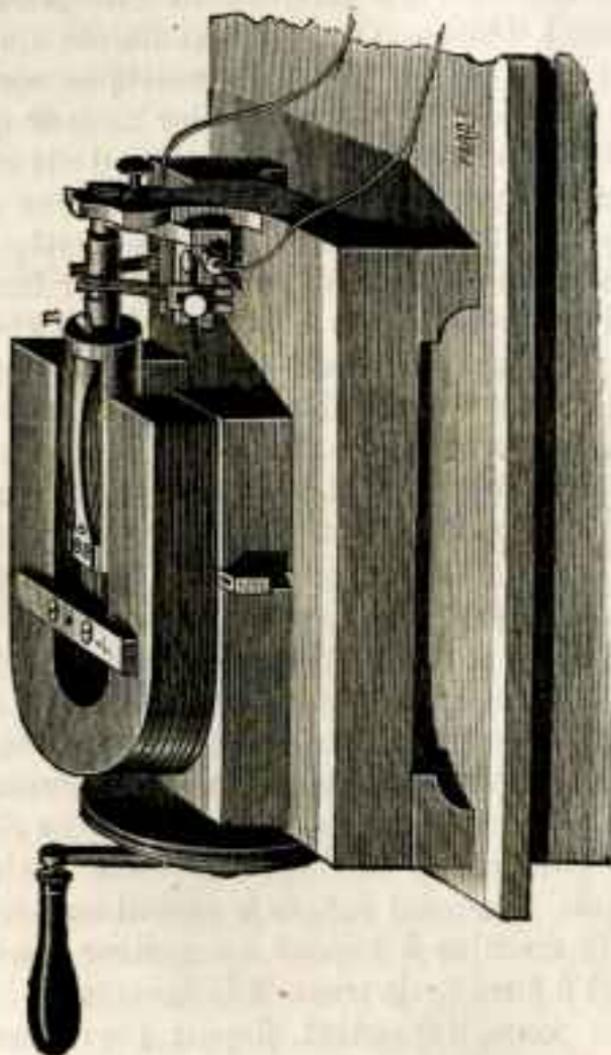


Fig. 53. -- Moteur magnéto-électrique de M. Deprez. B bobine, L commutateur.

cheval une des bobines dont se sert M. Siemens dans ses machines dynamo-électriques. On se rappelle que cette bobine consiste en une sorte de navette cylindrique en fer autour de laquelle on enroule, dans le

sens de la longueur, le fil métallique. Le courant arrive dans la bobine et aimante le fer de la navette; à chaque demi-tour on l'oblige par un mécanisme auxiliaire à changer de direction, si bien que la navette, aimantée alternativement en sens contraire, est successivement attirée et repoussée par les pôles

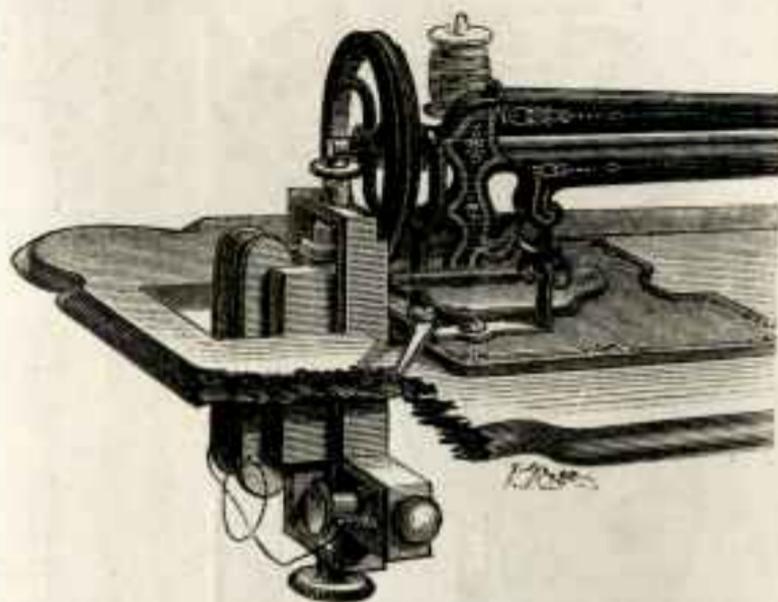


Fig. 39. — Moteur électrique de M. Trouvé.

de l'aimant en fer à cheval et se met à tourner rapidement. Le poids du moteur ne dépasse pas 4 kilogrammes et développe à la vitesse de 3,000 tours 2,5 kilogrammètres avec 8 éléments Bunsen. Quand la vitesse de la machine tend à s'exagérer, un petit régulateur à boule agit sur le commutateur et rompt le courant qui passe de nouveau quand la machine a repris sa vitesse de régime. Les variations ne dépassent pas $\frac{1}{700}$ de la vitesse normale. Pour faire marcher des machines à coudre, rien de si commode!

M. Trouvé, de son côté, affirme avoir accru la sensibilité de la bobine Siemens en donnant aux extrémités de la navette la forme de limaçon. Cette forme

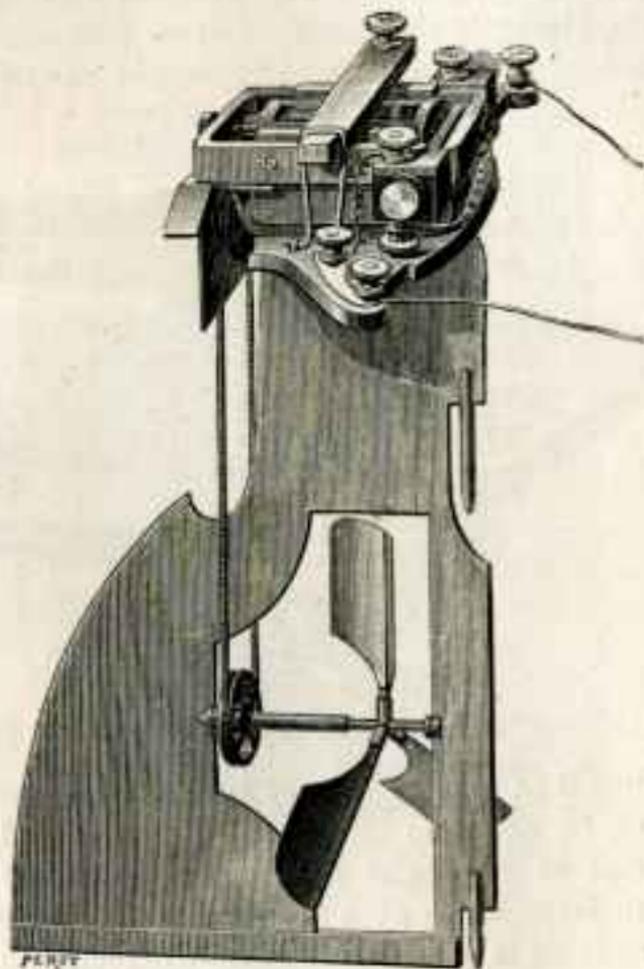


Fig. 60. — Hélice du canot Trouvé.

particulière est telle, que l'extrémité de la bobine en tournant se rapproche le plus possible du pôle de l'aimant et le quitte brusquement quand la répulsion commence; on diminuerait ainsi l'influence du point

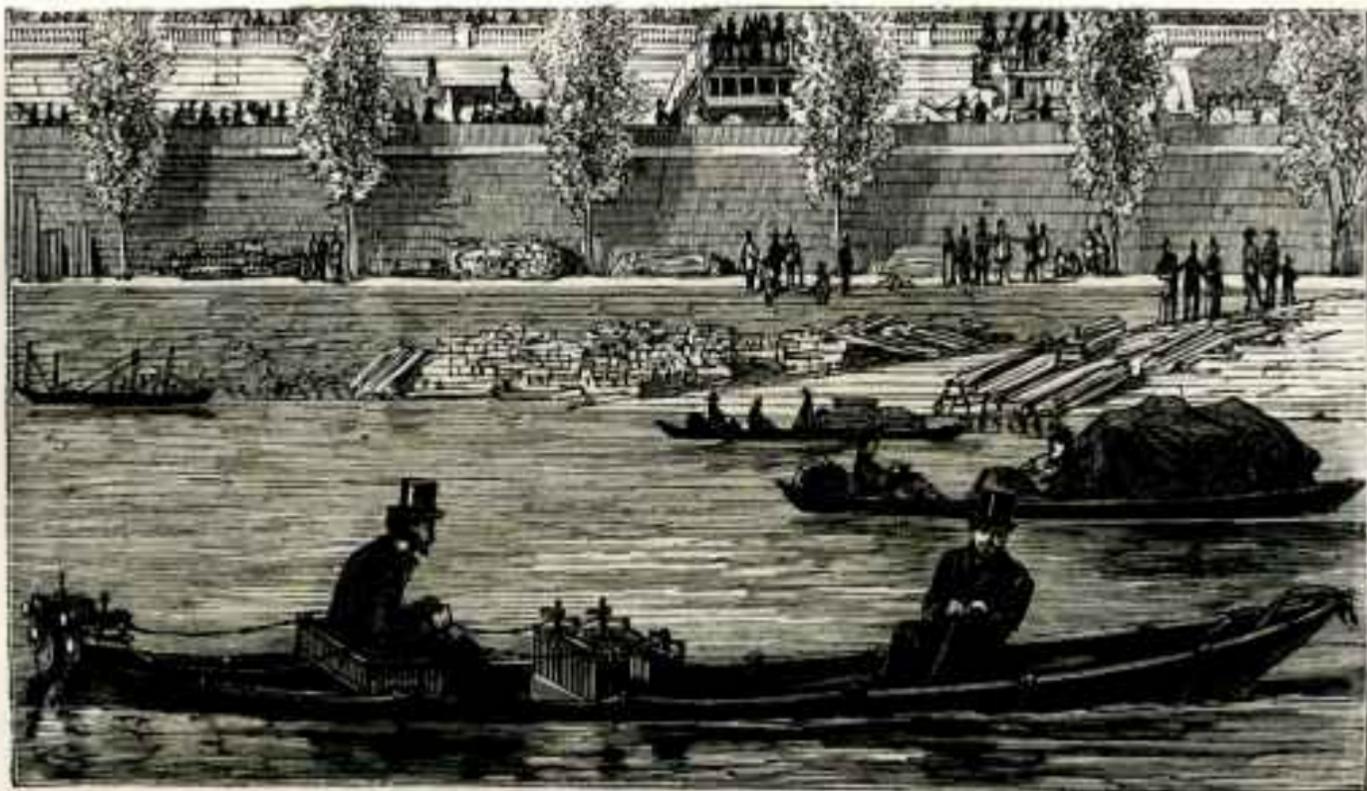


Fig 61 — Canot électrique de M. Trovée.

mort. M. Trouvé remplace l'aimant de M. Deprez par un électro-aimant, c'est un moteur dynamo-électrique. Quoi qu'il en soit, le moteur Trouvé possède assez de force pour faire marcher un vélocipède. Rue de Valois, à Paris, sur un sol bitumé, le vélocipède de M. Trouvé muni de la pile et du moteur prenait l'allure d'un fiacre. Ce n'est pas beaucoup, mais c'est un commencement. En accouplant deux bobines, la machine ne pèse pas plus de 5 kilogrammes.

C'est une de ces petites machines qui faisait progresser sur le bassin central, au-dessus duquel émergeait le grand phare, le coquet canot baptisé par l'inventeur du nom de *Téléphone*. Le canot a 5^m30 de longueur sur 1^m20 de largeur; il pèse 80 kilogr. Au milieu sont disposées deux batteries de pile à auges au bichromate de potasse, de six éléments chacune et du poids total de 24 kilogr. Les piles sont mises en relation avec les moteurs par l'intermédiaire de deux cordelettes, servant tout à la fois d'enveloppes aux fils conducteurs et de guides pour faire manœuvrer le gouvernail. Le moteur est installé au-dessus du gouvernail et transmet le mouvement par une courroie à l'hélice disposée dans une échancrure ménagée dans le battant même du gouvernail. On peut se promener ainsi en bateau pour une dépense de quelques francs, pendant plusieurs heures. Nous avons pris place dans le bateau de M. Trouvé, au mois de juin dernier, avec deux autres personnes. Le canot remonta facilement le courant de la Seine au Pont-Royal avec une vitesse de 1 mètre par seconde, et le redescendit avec une vitesse de 2^m50. C'est, à quarante ans de distance, l'expérience de Jacobi, avec des moyens perfectionnés.

On voyait fonctionner dans la section américaine, avec une extrême rapidité, un petit moteur à peine volumineux comme le poing, qui attirait la foule. Il est dû à M. Griscom. C'est toujours à quelques variantes près le type Deprez et Trouvé, c'est-à-dire la bobine Siemens entraînée par la réaction du courant des fils sur le fer des électro-aimants. Ici les électro-aimants enveloppent la bobine sur une portion de son diamètre et la recouvrent en partie; leur noyau est en fonte malléable dont la force coercitive est aussi faible que celle du fer doux. Ce moteur est surtout destiné à mettre en mouvement les machines à coudre. Il est alimenté par le courant d'une pile au bichromate de six éléments enfermés dans une boîte; on peut à volonté, en appuyant sur une pédale, faire plonger plus ou moins les zincs dans les bœaux et diminuer ou augmenter ainsi à volonté la vitesse du moteur. D'après l'inventeur, une seule charge de bichromate suffirait pour effectuer de 500 à 1,000 mètres de couture.

Tous ces petits moteurs du type à bobine Siemens ne sauraient fournir que quelques kilogramètres; ils présentent tous un inconvénient inhérent à l'emploi de la bobine Siemens. A chaque demi-tour, le courant est interrompu et passe d'une moitié de bague à la moitié suivante du commutateur; à chaque moitié de bague aboutit en effet une des extrémités inverses du fil de la bobine. Cette discontinuité d'action est défavorable au rendement. De plus, le courant est amené par deux balais en fil de cuivre fin, qui souvent touchent à la fois les deux portions du commutateur quand passe la coupure d'interruption de la bague; le courant circule alors facilement en circuit court, à

plein débit, juste au moment où il n'entre pas dans la machine.

M. Borel, de la Société des câbles Berthoud et Borel avait exposé un petit moteur électrique d'une grande simplicité, très-original de conception. Pour en saisir le jeu, il faut se rappeler le principe de l'appareil si employé partout pour apprécier l'intensité d'un courant électrique et connu sous le nom de *galvanomètre*. Ampère a démontré que lorsqu'on

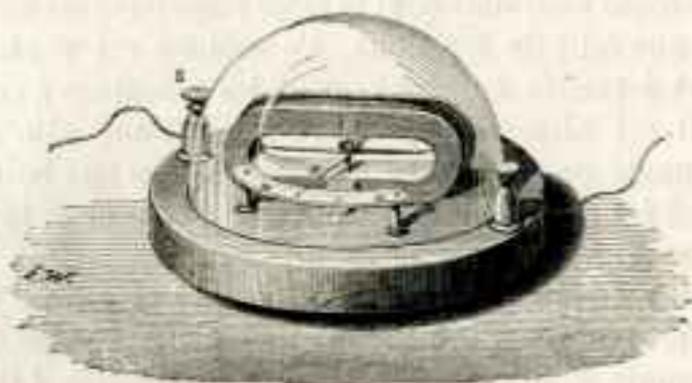


Fig. 62. — Galvanomètre.

dispose au-dessus d'une aiguille aimantée un fil dans lequel circule un courant, celle-ci tend à se mettre en croix avec le fil. Si donc on dispose horizontalement une aiguille aimantée au milieu d'un cadre autour duquel on a enroulé un grand nombre de tours de fils isolés par de la soie, l'effet sera considérablement multiplié, et même sous l'influence d'un très-faible courant, l'aiguille sera déviée. De l'angle de déviation, on déduit l'intensité du courant (1). On

(1) On se sert généralement non pas d'une aiguille, mais de deux aiguilles superposées dont les pôles contraires se regardent. On détruit ainsi l'influence du magnétisme terrestre sur l'aiguille

peut toujours savoir ainsi si un fil est traversé par un flux électrique.

Ceci dit, lançons un courant dans un cadre galvanométrique, l'aiguille va tourner et devenir perpendiculaire au cadre; changeons le sens du courant, l'aiguille va continuer la rotation commencée pour prendre la position perpendiculairement inverse. Chaque changement de sens du courant amènera une demi-rotation. On peut ainsi faire indéfiniment tourner l'aiguille.

Mais à la place de l'aiguille aimantée, on peut mettre un aimant artificiel, un électro-aimant, soit une tige de fer doux entourée de spires isolées dans lesquelles on fera passer le courant. Puis, sur l'axe de rotation de cette tige on disposera un commutateur qui, à chaque demi-tour, enverra le courant soit par une extrémité du fil du cadre galvanométrique, soit par l'extrémité opposée. Le sens du courant sera chaque fois renversé dans le galvanomètre et la tige de fer doux tournera d'un mouvement uniforme.

On voit que, ici, le fer doux reste aimanté dans le même sens pendant la rotation; on évite les aimantations et désaimantations successives, qui se produisent dans les bobines des autres moteurs, et engendrent des réactions nuisibles. On économise tout le travail que le courant emploie à polariser le fer en sens inverse. Les courants ne sont renversés que dans la partie fixe, dans le cadre. Il n'y a plus ici d'inertie

aimantée et le système reste en équilibre dans toutes les directions de l'horizon. Cet artifice indiqué par Nobili augmente notablement la sensibilité de l'instrument. On a réalisé en grand nombre de ces instruments. M. Deprez a notamment imaginé un galvanomètre excellent.

magnétique à vaincre. M. Burgin de Bâle avait exposé un moteur très-analogue, fonctionnant aussi

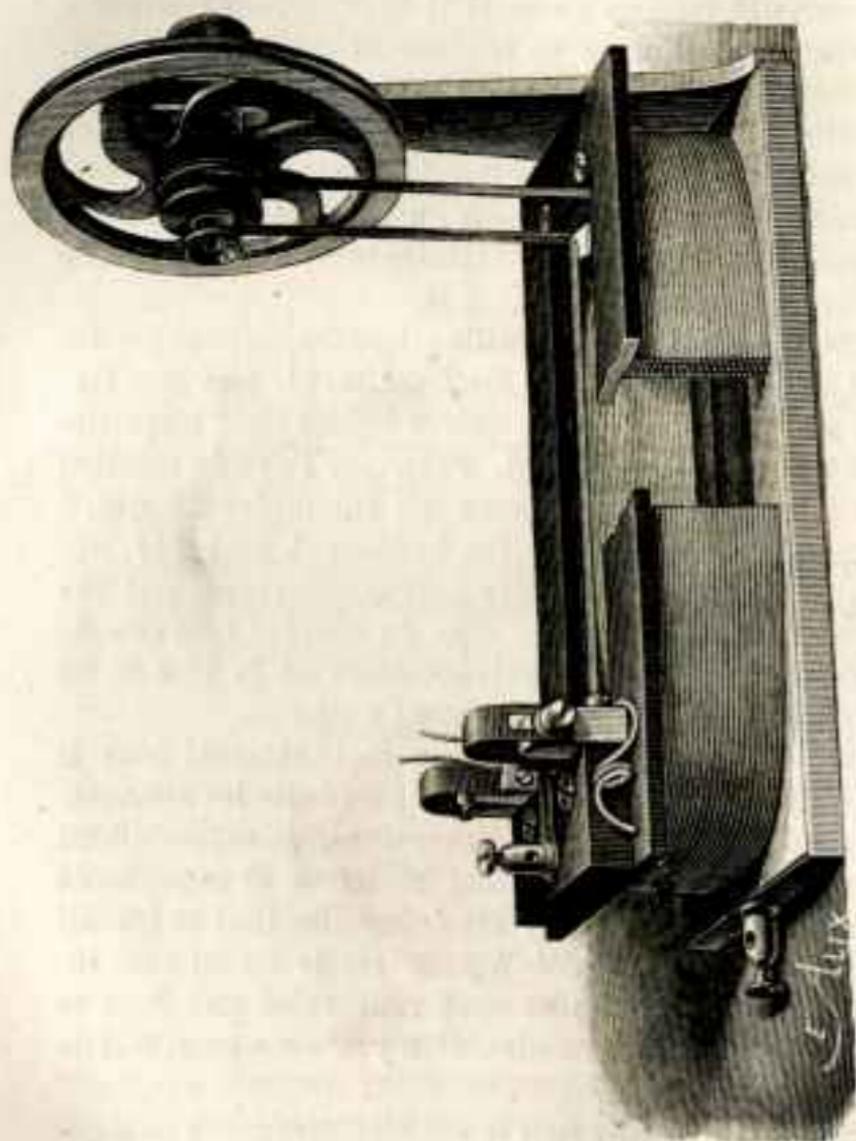


Fig. 67. — Moteur électrique Borel.

sans renversement de polarité du noyau. Il va sans dire que nous décrivons sans nous occuper des ques-

tions de priorité. Le moteur Burgin et le moteur Borel sont les mêmes, à cela près que le noyau de fer

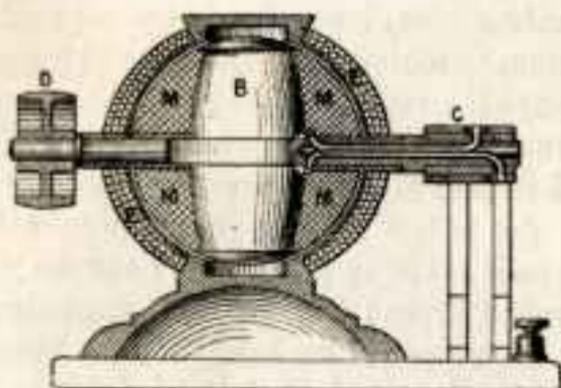


Fig. 64. — Moteur Burgin (vue en coupe).

doux B entouré de ses spires M affecte la forme d'une sphère et que le cadre galvanométrique est remplacé

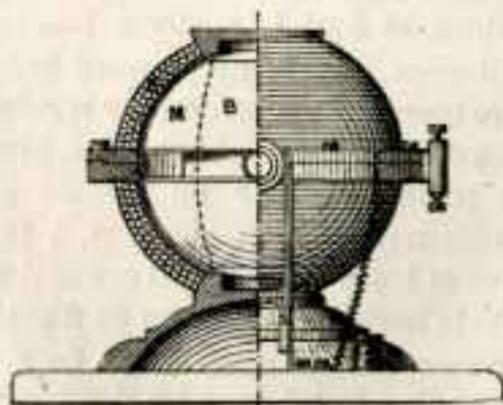


Fig. 65. — Moteur Burgin (vue de la sphère intérieure)

par une sphère creuse et fixe sur laquelle est enroulé un fil E relié aux balais du commutateur C.

C'est aussi dans la catégorie des moteurs à grand

rendement, qu'il faut placer le moteur de M. Gramme dont un modèle figurait à l'Exposition. Les interversions de polarité se font d'une manière continue dans le même sens; les pertes de travail sont réduites au minimum. Ce moteur donne environ 1 kilogrammètre de force par kilogramme de poids. C'est tout bonnement la machine dynamo-électrique à anneau de Gramme réduite à sa plus simple expression. Le courant entre par l'un des balais et sort par l'autre, après s'être bifurqué dans les deux moitiés de l'anneau. Quand on fait tourner l'anneau à la main, il engendre un courant qui s'échappe par les balais comme nous savons; réciproquement, quand on fait pénétrer le courant, l'anneau se met à tourner; les réactions de l'aimant sur les spires sont remplacées par les réactions des spires dans lesquelles passe le courant sur l'aimant. Réactions inverses aussi des pôles du fer doux sur ceux de l'aimant. Les attractions sont remplacées par des répulsions et tout le système tourne; il tourne précisément sous l'action du courant comme il eût fallu le faire tourner pour engendrer le même courant.

On reconnaîtrait facilement que la machine Gramme, considérée comme moteur ou comme générateur, tournera toujours dans le même sens, à la condition expresse que la borne d'entrée du courant soit choisie la même que la borne de sortie, ou en d'autres termes, que le fil d'amenée soit aussi le fil de sortie, qu'on adopte pour pôle positif dans les deux cas la même borne, le même balai. C'est une remarque qu'il sera bon d'avoir présente à la mémoire.

Quoi qu'il en soit, on voit que dans le moteur Gramme, par suite du mode même de récolte de l'électricité par les collecteurs en cuivre de chaque spire,

il n'y a plus ni renversement de courants, ni interruption à chaque demi rotation. Le mouvement est uniforme, continu, sans perte de travail; la machine dynamo-électrique est le meilleur des électro-moteurs.

Nous ne décrirons pas les quelques autres moteurs sans véritable portée pratique, disséminés dans le Palais; il suffit de savoir qu'en définitive, quels qu'ils soient, ils ne sont bons, tout au plus, qu'à fournir la force d'un enfant, ou, si l'on veut même, celle d'un homme. Ce n'est pas à dire qu'il faille dédaigner ce mince résultat. C'est déjà très-beau de pouvoir, à l'occasion, se procurer la force d'un homme, sans foyer, sans vapeur, sans aucun embarras. Une pile dans une armoire, un bouton sur lequel on appuie, et le moteur fonctionne (1)!

Toutefois, on le comprend sans peine, ce n'est pas ainsi qu'on pouvait espérer produire de la force économiquement et en quantité suffisante pour les usages industriels.

Les choses en étaient là, lorsqu'en 1873, une expérience d'une portée capitale vint démontrer que l'on faisait fausse route; la solution du problème était ailleurs, et déjà absolument mûre pour les appli-

(1) Le moteur électrique est encore économique par rapport au travail de l'homme. Voici, en effet, quelques prix de revient comparatifs par heure, pour un travail de 75 kilogrammètres, tous frais compris, intérêt, amortissement, en admettant 3,000 heures de marche par an pour les machines :

Moteur à vapeur d'au moins 20 chevaux.....	0 fr. 13
Moteur à vapeur de 4 chevaux.....	0 fr. 32
Moteur à gaz (30 c. le mètre cube) de 8 chevaux.....	0 fr. 44
Moteur à gaz de 1 cheval.....	0 fr. 73
Moteur à gaz de 12 kilogrammètres.....	1 fr. 20
Moteur électrique (tous frais compris).....	3 fr. 50
Moteur humain.....	6 fr. 25

cations. On passait à côté d'elle depuis quelques années sans la voir. Nous venons nous-mêmes d'y passer à l'instant sans nous y arrêter, en parlant du moteur Gramme.

Nous savons bien maintenant qu'en faisant tourner une machine électro-dynamique, nous engendrons de l'électricité. Réciproquement, lorsqu'on fournit de l'électricité à la machine, elle se met à tourner. Par conséquent, au lieu d'emprunter le courant à une pile pour déterminer la rotation d'une machine dynamo-électrique, rien n'empêche de l'emprunter à une machine magnéto-électrique semblable. On fera tourner la première, elle donnera le courant, et la seconde se mettra d'elle-même en mouvement. Et nous savons que si nous faisons tourner l'une dans un sens, l'autre tournera absolument dans le même sens, comme le feraient deux poulies entraînées par une courroie. Cette solution paraît aujourd'hui toute simple, mais elle ne pouvait venir que lorsqu'on aurait reconnu que la même machine pouvait à volonté donner de l'électricité, si on la mettait en mouvement, ou au contraire du mouvement si on lui fournissait de l'électricité.

On dit, dans ce cas, que les machines sont *reversibles*; elles transforment le travail en électricité, et inversement l'électricité s'y transforme en travail.

C'est en 1873, à l'Exposition de Vienne, que M. H. Fontaine eut le premier l'idée d'atteler ensemble deux machines Gramme. Un moteur à gaz faisait marcher une première machine qui produisait des courants. Ces courants étaient transmis à travers un câble de 1,000 mètres de longueur, à une seconde machine identique à la première. Cette machine

réceptrice, excitée par le courant transmis, tournait et faisait fonctionner une pompe centrifuge. Cette expérience mémorable fut faite devant l'empereur d'Autriche, quand il visita la section française.

Une machine génératrice de courants devient par cela même un excellent moteur, le meilleur des moteurs électriques. Le mouvement de l'anneau est continu et régulier; l'organe est bien équilibré dans toutes ses parties; tout le système est parfaitement simple. Et la machine électro-dynamique n'est plus un moteur insuffisant, ce n'est plus un joujou donnant quelques kilogrammètres; sa force peut être considérable comme l'est elle-même la puissance de production électrique de cette machine. On a déjà réalisé des moteurs de 20 chevaux et l'on s'apprête à construire des moteurs de 50 et de 150 chevaux. A l'Exposition, on pouvait voir, dans la section française, des moteurs Gramme dont la force variait depuis un kilogrammètre jusqu'à 20 chevaux. Les machines dynamo-électriques motrices puissantes ne pèsent guère que 1,000 à 1,500 kilogrammes et tiendraient sur une cheminée.

On se sera bien aperçu que le problème ainsi résolu n'est pas précisément celui qu'on s'était posé à l'origine. On avait rêvé des moteurs électriques tout différents. Pour faire marcher un moteur à vapeur, il n'y a qu'à jeter du charbon dans le foyer; pour faire fonctionner un moteur électrique, on aurait voulu tout bonnement jeter de même du zinc dans la pile. Malheureusement, on l'a vu, la pile est coûteuse et insuffisante; il a bien fallu produire autrement l'électricité. Or, précisément, on se trouve dans la nécessité de se servir de la machine à vapeur que l'on

voulait supprimer pour faire l'électricité à bon compte qui doit alimenter les moteurs électriques.

Alors, demandera-t-on, à quoi bon? Et pourquoi ne pas faire tourner directement les outils, comme autrefois, avec une machine à vapeur?

La réponse n'exige que quelques mots. La machine à vapeur travaille sur place. Avec les moteurs électriques, la force peut être transmise par un simple fil télégraphique de la machine dynamo-électrique qui produit le courant à la machine dynamo-électrique qui l'utilise; on peut la mener, la distribuer, la répartir partout; on peut faire passer par le trou d'une serrure des centaines de chevaux de force. On peut recueillir la force de tous côtés, à droite, à gauche, la force des moteurs à vapeur, la force des torrents, la force des chutes d'eau, la force du vent, des marées, et la conduire par un fil jusqu'au point où l'on veut qu'elle travaille. C'est un résultat capital.

Concluons donc ainsi. La machine dynamo-électrique a enfin permis de fabriquer l'électricité à un prix de revient relativement bas. La machine dynamo-électrique a donné le moyen de transformer facilement cette électricité en travail mécanique. Elle peut être considérée à juste titre comme le véritable point de départ de la révolution industrielle à laquelle nous assistons en ce moment.

XVII

Les pianos électriques. — Le pianista. — Mécanisme du clavier. — La force des doigts remplacée par l'air comprimé. — Pianos à manivelle. — Les notes reproduites automatiquement. — Transformation de l'électricité en musique. — Le mélodigraph-répétiteur. — Enregistrement des improvisations musicales. — Reproduction automatique sur mélodium d'un morceau quelconque. — Système Carpentier. — Autre piano électrique. — Prolongation des sons des cordes de piano. — Les sons d'orgue. — Applications diverses de l'électricité. — Métiers à broder; métiers à dévider. — Contrôleurs des ruptures de fil. — Contrôleur quotidien du travail. — Mesureur de la ration des chevaux. — Avertisseurs contre l'incendie. — Les fils sensibles de M. Carpentier. — Conveuses et gaweuses électriques. — Compteur œnologique. — Surveillant électrique des caves. Précaution contre la fraude. — La toise électrique pour conscrits.

Ordinairement, pour exécuter un morceau sur le piano, il faut de toute nécessité un pianiste. Pas de pianiste, pas de musique. L'électricité a mis bon ordre à tout cela. Pas d'exécutant, qu'à cela ne tienne! on s'en passera; et elle supprime le pianiste. Pauvres pianistes!

Il existe bien, il est vrai, des pianos mécaniques qui jouent des quadrilles et même des sonates ou des ouvertures d'opéra, à la façon des orgues de Barbarie, à grands coups de manivelle. Mais quelle musique! pas de nuances, pas de brio, une mesure et une régularité désespérantes, une perfection monotone. Les

notes sont stéréotypées et l'on en fait sortir de l'instrument autant d'exemplaires à l'heure qu'on tire de numéros d'un journal quotidien.

Les pianos électriques sont bien autrement étonnants et surtout bien plus à la mode ! Il en existait un au rez-de-chaussée du Palais qui émerveillait la foule ; il exécutait tous les morceaux qu'on lui demandait, à la grande joie du public. C'est le « pianista électrique », pour lui donner son nom. On poussait un ressort, et voilà l'instrument en gaieté, jouant avec furie une marche nationale, ou avec une discrétion très-remarquée, une romance sans paroles.

Le pianista date déjà de plusieurs années ; mais c'était le pianista tout court, et depuis 1881 c'est le pianista « électrique ». L'invention est très-jolie dans tous les cas ; elle est due à M. Fourneaux, et elle a été très-perfectionnée par M. Jérôme Thibouville.

Le pianista peut être considéré comme un véritable exécutant ; c'est un pianiste automatique. Au lieu de s'asseoir sur le tabouret sacramentel et de faire courir ses doigts sur le clavier, on pousse le pianista devant un piano quelconque, et, sans se faire prier, sans montrer le moindre trouble, le pianista enlève avec entrain la première valse venue ; il est toujours prêt : donnez-lui un piano et il exécutera pendant toute la journée son répertoire et même celui de son voisin. C'est un instrument qui peut devenir très-précieux dans beaucoup de circonstances, dont l'énumération n'échappera pas à la sagacité des intéressés.

Le pianista ressemble assez bien à un piano de dimensions réduites. Son petit clavier vient se superposer au clavier du piano. C'est que chacune de ses

touches doit faire office de doigts et venir, au moment convenable, abaisser une touche du piano.

Le pianiste en chair et en os a beau faire, il n'a que dix doigts; aussi que de prodiges d'habileté pour parvenir à les promener suffisamment vite d'un bout à l'autre du clavier! Le pianista a autant de doigts qu'il y a de touches au piano; aussi sa besogne est simplifiée; il est sûr de lui-même avec bien moins d'efforts et de dextérité.

Comment ses doigts artificiels attaquent-ils le piano? Chacun d'eux est en relation par un tuyau spécial avec un réservoir d'air comprimé. Quand le moment est venu de faire fonctionner un doigt, une soupape s'ouvre, laisse entrer de l'air dans un petit soufflet, qui en se gonflant pousse le doigt sur la touche correspondante du piano. Rien de si simple.

Maintenant, l'instrument s'ouvre du côté opposé au clavier; un coup d'œil jeté à l'intérieur montre tous les détails du mécanisme moteur. On dépose à droite sur un appui le morceau qu'il s'agit de faire jouer; il est même inutile de l'ouvrir; on le place replié plusieurs fois sur lui-même: l'appareil se charge de le déplier page par page. Le morceau n'est pas écrit, cela va sans dire, à la façon usuelle; les notes sont représentées par des trous plus ou moins longs, selon leur valeur respective, comme dans l'alphabet télégraphique Morse; le papier est perforé comme dans les métiers Jacquart.

Ce papier troué est saisi par deux rouleaux qui tournent l'un devant l'autre et qui l'entraînent dans leur mouvement. La bande perforée s'en va lentement de droite à gauche, et l'on peut parfaitement lire la musique inscrite ou plutôt les indications placées en

regard des trous, *crescendo*, *forte*, etc. A côté des rouleaux sont groupés des leviers reliés, un par un, à chaque doigt artificiel du pianista. La bande défile à portée de ces leviers : or, le système est combiné de manière que, s'il se présente un trou dans le papier, le levier, qui est à proximité, passe à travers. Et de même pour chacun des trous ; ils ont tous leur levier distinct. Les leviers se soulèvent, et par contre-coup, font pénétrer l'air comprimé dans les soufflets. Les doigts du pianista correspondants à ces soufflets, font jouer les touches du piano et les notes résonnent.

C'est donc la notation même du morceau qui distribue l'effet moteur. Chaque note écrite met en action le doigt qui a pour mission de la produire. Toute musique inscrite par ce moyen est fidèlement interprétée par le pianista.

Quant à l'air comprimé, qui met en mouvement tous les doigts, il est emmagasiné dans un réservoir, par le jeu de va-et-vient d'un soufflet. Enfin le soufflet lui-même est actionné par une manivelle que fait tourner l'opérateur. La même manivelle communique le mouvement aux deux rouleaux qui entraînent la bande de papier perforé. Une pédale agit aussi directement sur le réservoir d'air comprimé de façon à faire pénétrer à volonté plus ou moins d'air dans la distribution et à donner par conséquent plus de force ou plus de douceur à l'attaque de la note. On suit sur la bande de papier les inscriptions marquées, et l'on fait jouer la pédale en conséquence. Aussi obtient-on avec le pianista des effets remarquables d'exécution ; on peut le guider en quelque sorte comme un professeur guide son élève, et lui faire rendre toutes les nuances, toutes les délicatesses de la musique.

Oui. Mais il y a une manivelle! et une manivelle assez dure à tourner. On ne comprime pas, sans fatigue, de l'air pendant plusieurs minutes! et puis enfin, il y a une manivelle! Cela retire toute illusion. C'est encore l'orgue de Barbarie! et de la musique mécanique!

Eh bien! depuis l'Exposition d'électricité, il n'y a plus de manivelle. Le pianista a grandi; il fonctionne tout seul. On l'ouvre, on place le morceau sur le pupitre... et entendez-vous?

Qu'est-ce que cela veut dire? Cela veut dire que l'électricité a passé par là. La manivelle est maintenant cachée, et c'est un petit moteur électrique du genre Trouvé qui remplace la force musculaire de l'homme. Dans un coin, dans une armoire, on place quelques accumulateurs d'électricité, ou encore une pile à bichromate de huit éléments. Un fil relie le générateur d'électricité quel qu'il soit au petit moteur. On appuie sur un ressort, et tout marche à souhait!

On avait bien transformé déjà l'électricité en lumière, en chaleur, on peut dire maintenant qu'on peut la transformer en musique: musique électrique, harmonie électrique. O signe des temps!

De plus fort en plus fort. Le pianista exige l'emploi d'une bibliothèque musicale spéciale; il faut que chaque morceau soit traduit préalablement en caractères convenables à l'aide de perforations

C'est encore gênant: on s'en plaint; il y a des gens pressés qui n'aiment pas à attendre. Comme c'est agréable de ne jouer l'ouverture d'un opéra qu'un mois après une première! Ils vont avoir pleine satisfaction.

M. J. Carpentier, ingénieur habile, qui succède brillamment à M. Ruhmkorff, avait exposé un instrument bien original : Le mélographe répétiteur. C'est une vraie merveille. Pour qu'on ne m'accuse pas d'exagération, je vais laisser M. J. Carpentier indiquer lui-même les résultats auxquels il est parvenu.

« Un compositeur, dit spirituellement M. Carpentier, s'assoit devant le clavier du mélographe; il joue quelque improvisation, inspiration fugitive, inédite; il se lève. Il tourne trois boutons, et l'instrument, plus fort qu'aucun des auditeurs, se met de suite à répéter automatiquement le morceau qu'il vient d'entendre ou plutôt de chanter une première fois sous les doigts de l'artiste. A côté du mérite de l'auteur, celui de l'exécutant est bien quelque chose aussi, et le même morceau, joué par deux personnes, produit des effets très-différents. Mon instrument est très-docile, il consacre et reproduit la façon de chacun, il va même trop loin, il rejoue les fausses notes. »

Excellent moyen de contrôle pour les membres du jury des classes de piano au Conservatoire ! On pourra savoir même dans un siècle, avec le mélographe, comment un premier prix aura exécuté le morceau de concours et comparer entre eux les premiers prix de chaque année, comparer le jeu des Listz, des Planté, des Rubinstein ! Mieux encore, on pourra les faire jouer chez soi à volonté, en abuser soir et matin. Aujourd'hui du Prudent, du Litolf; demain du Ritter, du Jaëll; la semaine prochaine du Fissot, du Diëmer, etc.

Quels modèles pour les jeunes virtuoses de l'avenir ! Ce sont les leçons des grands maîtres à domicile, sans cachet ! M. Carpentier ne s'est vraiment pas assez

aperçu de la révolution complète qu'il allait amener dans nos mœurs musicales.

Il a tout bonnement inventé un phonographe musical autrement parfait que celui d'Edison, qui redira à nos petits neveux, comment, à notre époque, on comprenait et on interprétait la musique.

Je rends la parole à M. Carpentier, il n'est pas superflu qu'on voie bien que je reste dans la stricte réalité des faits.

« Maintenant, dit-il, un tour de force ! Plusieurs personnes se réunissent chez moi et jouent un concerto ; je leur procure un violon, violoncelle, flûte, hautbois, piston, arrangés à ma manière, bien entendu. Le concerto se joue, le concerto est joué. Écoutez : Mon instrument, passé maître dans l'art de transcrire, va jouer immédiatement sur un piano ou sur un orgue le concerto, parfaitement réduit, et vous entendrez toutes ses parties, telles qu'elles viennent d'être exécutées.

« Enfin, dernier détail : je fais passer la bande de papier perforé automatiquement dans un autre appareil imprimeur, et le morceau, au lieu d'être joué, s'écrit en caractères ordinaires sur portée. Cette presse musicale, ajoute toutefois M. Carpentier, n'est encore qu'à l'état de projet, mais enfin elle est réalisable. »

Ainsi, M. Carpentier peut aujourd'hui obliger un piano à inscrire un morceau pendant qu'on l'exécute. Le morceau est enregistré en caractères perforés. Les bandes perforées sont automatiquement préparées par l'instrument lui-même.

Il peut obliger le piano à répéter la musique qu'il vient de noter, sans le concours d'aucun pianiste. Enfin, il pourra, il l'espère, traduire la notation par perforation en caractère sur portée. Est-ce assez complet ?

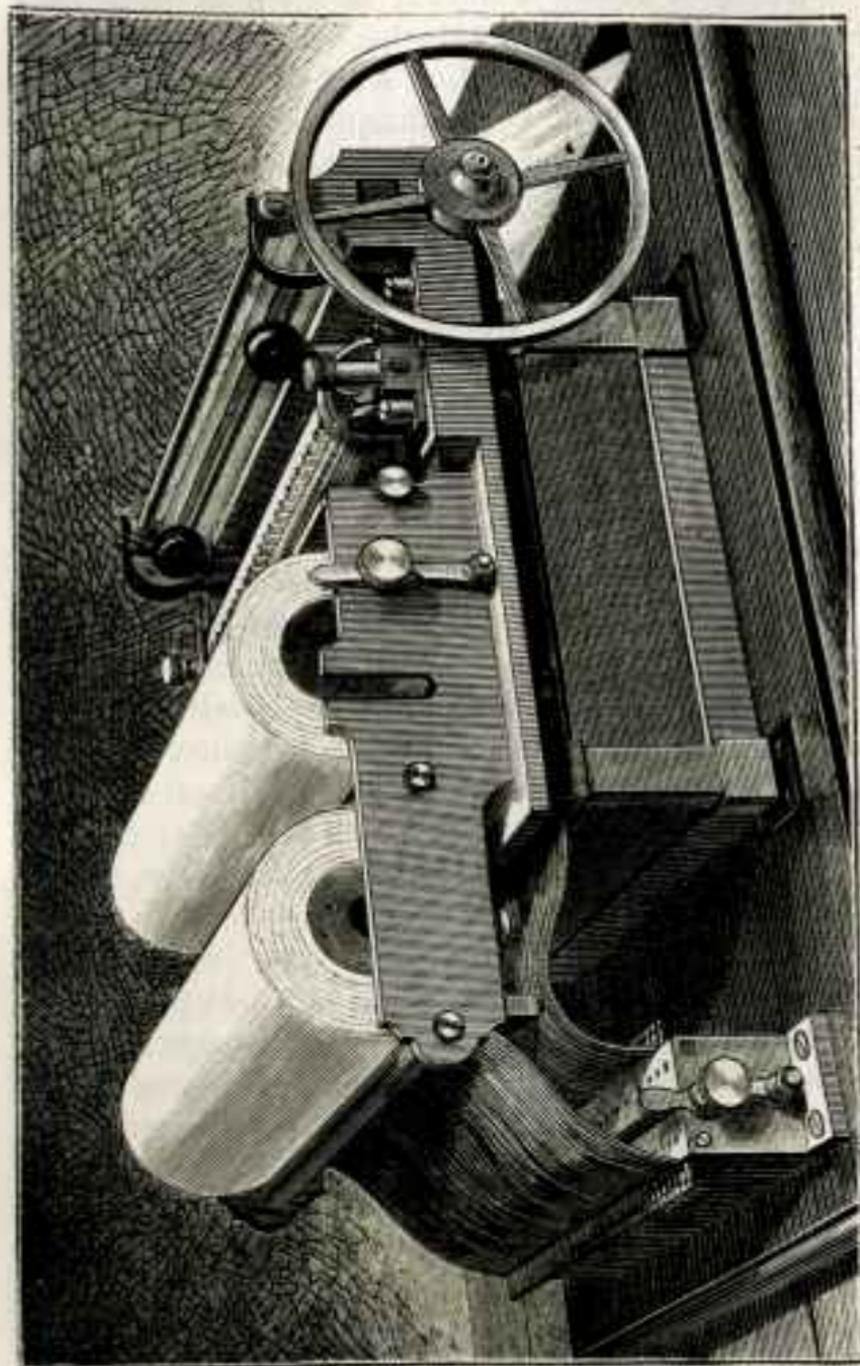


Fig. 181. — Le Mélégraphe répétiteur.

Quelques lignes suffiront maintenant pour faire comprendre dans son principe essentiel la curieuse invention de M. Carpentier. A l'Exposition, on jouait sur un harmonium, et la musique allait s'inscrire cinq mètres plus loin sur le mélographe proprement dit. Cinquante fils, dissimulés sous le plancher, mettaient en communication électrique les deux instruments.

Les cinquante touches de l'harmonium portent de minuscules organes, qui peuvent lancer un courant électrique dans les fils qui vont au mélographe. Chaque fois qu'on abaisse l'une quelconque d'entre elles, le courant pénètre dans le mélographe et actionne une série d'outils, qui percent une bande de papier astreinte à se dérouler d'un mouvement uniforme. Chaque note, par l'intermédiaire du courant, troue le papier, en raison de sa valeur musicale. Le morceau terminé, la bande est toute prête à servir. C'est un cliché, qui permet de reproduire à autant d'exemplaires qu'on le désire, la musique qui vient d'être exécutée.

Et, la preuve, c'est que l'harmonium, qui chantait tout à l'heure, sous les doigts d'un artiste, va maintenant répéter note par note, nuance par nuance, toutes les finesses du morceau.

Le mélographe, d'enregistreur qu'il était, devient répétiteur; on pousse un bouton; la bande perforée se met en mouvement, entraînée par un rouage moteur; elle défile devant cinquante petits pinceaux en fil d'argent, qui tendent à s'appliquer sur une traverse métallique, disposée au-dessous de la bande.

Quand les pinceaux rencontrent un plein de papier, il ne peut y avoir contact entre les fils d'argent et la traverse métallique; mais s'ils rencontrent un trou, le contact a lieu; un courant électrique passe du mélo-

graphe, par les fils de transmission, dans l'harmonium. Chaque pinceau est en relation électrique avec une touche de l'harmonium par le petit organe qui, pendant l'inscription, servait à faire passer le courant dans le mégraphe. L'organe abaisse la touche et détermine l'émission du son, qui continue tout le temps que le pinceau met à traverser le trou du papier dans le mégraphe. L'instrument transmet télégraphiquement les signaux Morse de la bande de papier et traduit la dépêche en notes musicales.

Le mégraphe répétiteur combiné par M. Carpentier constituait assurément une des curiosités de l'Exposition.

Troisième piano électrique! Celui-là avait aussi ses nombreux admirateurs; il a attiré longtemps la foule des dilettanti dans le salon réservé aux applications domestiques de l'électricité. Il ne s'agit plus cette fois de faire jouer à l'électricité le rôle de pianiste ou d'enregistrer automatiquement des compositions musicales. La conception est différente : on a cherché à obtenir à l'aide de l'électricité des effets sonores nouveaux d'une extrême suavité. L'auteur du « piano électrique » est M. Baudet, bien connu déjà par l'invention de son piano quatuor.

Il n'est personne qui n'ait remarqué ce son particulier, que rend un piano lorsque, le pied sur la pédale, on attaque vigoureusement une ou plusieurs notes, en maintenant les doigts sur les touches. Les notes s'en vont lentement en mourant avec des vibrations de harpe éolienne d'une douceur et d'une mélancolie inexprimables. Un accord bien plaqué persiste près d'une minute, au moins quarante à cinquante secondes.

Il était évident que, si l'on pouvait parvenir à tirer parti de cette sonorité douce et persistante, on obtiendrait des effets d'orgue très-remarquables.

Je me souviens qu'un musicien de valeur, écrivain musical distingué, M. Pellet, était venu me demander, il y a cinq ou six ans, s'il n'y aurait pas moyen de faire durer pendant un certain temps les vibrations des cordes d'un piano. On aurait obtenu ainsi à volonté, par une attaque brusque ou lente de la note, les sons brefs ordinaires, ou des sons prolongés. Nous avons naturellement indiqué à M. Pellet l'artifice, qui serait venu à l'esprit de tous les physiciens, l'attaque électrique des cordes. On peut prolonger la vibration d'une note en la soumettant à l'action d'un vibreur magnéto-électrique. C'est cette disposition qui vient d'être réalisée par M. Baudet, dans des conditions suffisamment pratiques.

Les cordes de son piano électrique sont munies à leur partie supérieure de petits marteaux supplémentaires, qui peuvent être commandés par de mignons électro-aimants. Quand une touche fait passer le courant dans l'électro-aimant qui lui correspond, le marteau va et vient à l'unisson de la corde, entretenant son mouvement vibratoire. Le courant est lancé dans les électro-aimants par chaque touche, d'une manière assez simple. L'ivoire, en s'abaissant, établit un contact métallique entre le fil qui va aux cordes et le fil qui vient de la pile.

L'action des marteaux trembleurs sur les cordes se traduit par une prolongation du son, qui est très-sensible, quand on insiste un peu sur la note. Attaque-t-on vigoureusement, c'est le marteau ordinaire dont l'effet prédomine; si on lie le doigté, c'est le son d'or-

gue qui s'entend principalement. On peut combiner le jeu de manière à obtenir simultanément les notes à vibrations persistantes et les notes brèves du piano. Les basses donnent surtout des résultats excellents, parce que le nombre des vibrations des sons graves étant toujours petit, le synchronisme des vibrations des marteaux et des vibrations des cordes se réalise sans difficulté; mais pour les notes hautes, qui correspondent à des milliers de vibrations par seconde, la concordance n'a plus lieu, et l'on obtient seulement des interruptions, des trémolos, qui disparaissent même dans un jeu un peu vif.

M. Baudet a déjà modifié ce premier dispositif; il fait son piano horizontal et les électro-aimants agissent non plus sur des marteaux, mais sur les cordes elles-mêmes; en un point de leur longueur, correspondant à un nœud de vibration, on fixe un bout de fil de fer très-fin plongeant verticalement dans une petite capsule renfermant du mercure. A chaque vibration, le fil de fer sort du godet de mercure et interrompt le courant; l'action attractive des électro-aimants se répète autant de fois qu'il y a d'oscillations des cordes, et le son se propage aussi longtemps que l'exécutant appuie sur la touche.

Une pile au bichromate de potasse à six éléments du type combiné par le frère de l'inventeur, M. Cloris Baudet, suffit pour mettre en mouvement les vibrateurs. La pile est cachée derrière le piano, qui a d'ailleurs l'aspect d'un piano ordinaire. Une genouillère placée entre les jambes de l'exécutant permet, lorsqu'on l'incline, d'envoyer aux vibrateurs le courant électrique d'une pile auxiliaire; on peut ainsi augmenter l'intensité du son persistant des cordes,

comme avec la pédale on accroit la sonorité des notes du piano. En somme, le nouvel instrument de M. Baudet, donne le moyen de varier considérablement le jeu de l'artiste; ses effets sont très-beaux, très-puissants et très-agréables.

L'électricité est bonne à tout faire. Dans une autre partie du Palais, près du pianista, on l'avait mise à contribution pour effectuer certaines opérations de contrôle dans des métiers à broder ou à dévider des fils.

Il arrive très-souvent que, dans les métiers à broder sur tulle, le fil se casse sans qu'on s'en aperçoive; le travail continue au grand détriment du fabricant. Il fallait trouver un œil vigilant qui annonçât la rupture du fil et qui arrêtât le métier. Il n'y avait qu'à s'adresser à l'électricité.

On l'a appliquée à diverses combinaisons dont voici l'une des plus simples. Les fils se rompent presque toujours près des aiguilles; en ces points, on suspend de légers crochets à contre-poids métalliques; au-dessous on place de petits augets en bois dont le fond est garni de deux lames en cuivre, disposées côte à côte sans contact. Si le fil se casse, le contre-poids tombe dans l'auget, s'assoit sur les deux lames, les met en communication métallique, et un courant électrique, interrompu jusqu'alors, passe et va faire retentir une sonnerie. Le même courant, en circulant, anime un électro-aimant, qui, en attirant une pièce de fer, déclenche l'embrayeur par l'intermédiaire duquel la force motrice mettait le métier en mouvement. Le mécanisme s'arrête jusqu'à ce qu'on soit venu relier les deux bouts du fil rompu.

Ce n'est pas tout; les ouvriers sont payés en raison

du nombre de points qu'ils effectuent. On ne compte pas facilement les points faits au bout de la journée. L'électricité fait la besogne. Chaque fois qu'un point passe, le métier établit un contact, qui ferme un circuit électrique. Le courant fait avancer d'un cran la roue d'un compteur et, au bout de dix heures de travail, le fabricant sait d'un coup d'œil la paie qui revient à son ouvrier.

Ce n'est pas encore fini. Dans les métiers de dévidage, comment savoir rapidement si la machine a dévidé la longueur exacte de laine qui correspond à un poids donné? Les fils dévidés par le métier viennent tomber en serpentant dans des vases cylindriques en fer-blanc; chaque cylindre est suspendu au fléau d'une sorte de romaine que l'on règle pour qu'elle trébuche lorsque le cylindre a atteint le poids réglementaire.

Quand le cylindre est convenablement plein de laine, le fléau penche et vient appuyer sur un contact métallique. Un courant électrique peut passer et agir sur un levier qui arrête le défilement. Chaque cylindre a son mécanisme d'arrêt. Il suffit donc de regarder pour savoir quand on a obtenu le poids de laine désiré. Une seule ouvrière peut conduire un de ces dévideurs électriques.

Une application analogue a été faite au mesurage de l'avoine des chevaux.

Nous ne nous arrêterons pas sur les avertisseurs d'incendie exposés en très-grand nombre; ils sont tous plus ou moins connus. Quelques lignes seulement sur les fils avertisseurs de M. Charpentier et sur ses « sphères de sûreté » qui paraissent conçus

dans un esprit pratique. L'auteur a eu l'idée de réunir dans une même gaine trois fils de très-petit calibre : deux fils de cuivre séparés par un fil d'étain. Chacun de ces fils est revêtu de coton ; il forme ainsi une sorte de ganse, de cordon très-ténu, qu'on coud dans les rideaux, dans les tentures, les tapis d'un appartement ; on fait encore courir ce cordon imperceptible et d'une couleur appropriée le long des murs, du plafond, etc. Si un incendie se déclare, le petit cordon de M. Charpentier devient précieux ; la chaleur fait fondre le fil intermédiaire d'étain, en même temps que le coton qui servait d'isolant se consume. L'étain, en se fondant, établit le contact entre les deux fils de cuivre et ferme le circuit électrique. Le courant déclenche une sonnerie d'alarme, qui retentit jusqu'à ce qu'on vienne l'arrêter.

La « sphère de sûreté » consiste dans une boule métallique creuse, au milieu de laquelle sont presque en contact deux lames de cuivre. Si la température s'élève un peu, les deux lames se dilatant viennent se toucher. Un courant électrique fait résonner une sonnerie. On règle à volonté la sensibilité de l'appareil par le rapprochement des deux lames ; on peut le rendre assez impressionnable pour que la chaleur de l'haleine suffise à mettre en mouvement la sonnerie. Ces sphères de sûreté permettent de limiter très-rigoureusement au degré voulu la température d'un local, d'une serre, d'un séchoir, d'un magasin, d'un réservoir à fermentation, etc. En même temps, elles peuvent mettre en garde contre les combustions spontanées ; placées dans les soutes à charbon, elles avertissent de même automatiquement que la température atteint un degré anormal.

Et les couveuses électriques? Pourquoi pas? Habituellement, pour produire l'incubation artificielle, les œufs sont déposés dans des boîtes à tiroirs convenablement aménagés, et la température maintenue au degré voulu au moyen d'eau chaude. A l'Exposition, on a chargé l'électricité de remplacer la poule couveuse. Quelques fils de platine traversent une gaine métallique plongée dans l'eau qu'il faut maintenir à la température moyenne de 40 degrés. Le courant électrique porte les fils au rouge, et la chaleur atteint le degré convenable. De plus, une sonnerie retentit lorsque la température s'élève au delà de 40 degrés.

A côté de la couveuse de MM. Rouillier et Arnoult, on trouvait la « Mireuse électrique ». Derrière chaque œuf un petit fil de platine en spirale devient incandescent sous l'action d'un courant et sa lueur remplace celle de la lampe ordinaire; on peut voir d'un coup d'œil si l'œuf est bon à être couvé ou s'il est infécond.

D'autre part, M. Fremond avait installé une couveuse dans laquelle l'électricité ouvrait, par le jeu d'un électro-aimant, une porte de sortie à l'air de l'appareil, quand la température dépassait le degré convenable, l'air froid pénétrait en même temps et la chaleur revenait automatiquement à son taux normal. M. Fremond a poussé l'esprit d'invention jusqu'à construire une « Gaveuse électrique » pour volailles. L'opération d'emplissage est accélérée par la manœuvre électrique de la gaveuse.

En somme, dans le coin des couveuses, grands artifices, petits résultats. Il fallait bien pénétrer dans le Palais, et l'électricité seule en tenait les clefs.

Que d'efforts d'imagination déployés par les inventeurs ! M. Chapuis a voulu devenir la Providence des gens rangés, des grands et petits ménages. La cave est loin, et la domesticité aime le bon vin ; c'est si facile de prendre du vin dans la pièce qui vient d'arriver de Bordeaux ou de Mâcon ! Désormais défense, de par l'électricité, de goûter le vin sans permission, ou de soustraire le plus petit verre pendant la mise en bouteilles. Quand à la cave, on ouvre le robinet du tonneau, une sonnerie retentit dans l'office ; quand on le ferme, la sonnerie parle de nouveau. En même temps un disque mobile tourne et enregistre le nombre de fois que les sonneries ont fonctionné et l'intervalle de temps compris entre les deux tintements ; il n'en faut pas davantage pour que toute absorption de vin illicite soit révélée. En effet, le temps nécessaire pour emplir une bouteille est toujours le même ; par conséquent, si l'on tire du tonneau une fraction de bouteille, les sonneries ne résonnent pas après l'intervalle du temps voulu, et l'inscription des durées révèle la fraude. Si l'on veut escamoter une bouteille, le compteur électrique est là pour avertir qui de droit : si l'on veut goûter à une bouteille pleine, c'est facile, mais pour cacher le larcin, il faut la remplir ; et la maudite sonnerie et l'avisé compteur disent immédiatement qu'on a de nouveau ouvert le robinet pour remplacer la portion manquante ; le compteur précise même le volume de liquide qui a été soustrait. Sommeliers, essayez du compteur œnologique !

Le même système peut mettre en garde contre les fuites de liquide, contre les changements de niveau, et averti aussi, lorsqu'on effectue des transvase-

ments, que le liquide a atteint, dans un récipient, la hauteur convenable.

Enfin, pour clore cette série, dernière application originale : la « toise électrique ! » Elle était exposée dans la section espagnole par M. Alejo Cazola. Qu'elle soit légère aux conscrits !

Les jeunes gens en Espagne, paraît-il, comme dans tous les pays du monde sans doute, ont recours à certains subterfuges pour échapper au recrutement militaire ; par des flexions adroites, ils essaient de se rapetisser au-dessous de la taille réglementaire. Hélas ! l'électricité s'est mise du côté de la loi.

M. Cazola dispose, au pied du poteau de la toise, deux contacts électriques sur lesquels doivent appuyer les talons du conscrit et deux contacts au niveau des mollets. L'homme est pris entre ces témoins bavards ; s'il reste immobile, les contacts sont parfaits et deux sonneries électriques tintent, à qui mieux mieux, aux oreilles des officiers de recrutement ; mais si le conscrit cherche à fléchir légèrement les genoux, les sonneries se taisent. D'un autre côté, la potence glissante qui doit s'appuyer sur le haut de la tête et donner la taille, porte également un contact. Quand la règle touche bien le crâne, une nouvelle sonnerie en avertit l'examineur. Dans ces conditions, la vérification de la taille est exacte, et il serait vraiment bien difficile qu'il en fût autrement.

De l'autre côté des Pyrénées, les conscrits ne sont pas contents ; la toise électrique vient d'être rendue réglementaire dans toute l'armée espagnole.

XVIII

Applications industrielles récentes. — L'électricité en meunerie. — Sasseur électrique. — Les grandes meuneries des États-Unis. — Machines Osborne et Smith de la section américaine. — Utilisation de l'électricité statique pour séparer le son de la farine. — Blutage rapide. — L'électricité dans les usines. — Electro-trieuses Vavin, Siemens, Edison. — Séparation des minerais de fer de leur gangue. — Épuration électrique de la porcelaine à la fabrique de Creil. — L'électricité en métallurgie. — L'électro-métallurgie en Allemagne et en Angleterre. — Séparation électrique des métaux précieux. — Extraction du zinc par voie électrique; procédé Létrange. — L'électricité en chimie. — Fabrication électrique des substances colorantes. — Rectification électrique des eaux-de-vie de mauvais goût. — Procédé Naudin. — Méthode d'Eisennam. — Les ozoniseurs. — Les Expositions spéciales. — Conclusion. — Postface.

Il existait à l'Exposition, dans la section américaine, une machine extrêmement remarquable qui n'a pas eu le don d'attirer la foule, parce qu'il était, en effet, assez difficile au premier coup d'œil de saisir son importance pratique. Depuis un an, elle a cependant fait naître une véritable émotion dans le monde agricole des États-Unis. Elle serait, dit-on, de nature à opérer une révolution dans l'outillage et les procédés actuels de la meunerie.

D'après MM. Osborne et Smith, qui l'ont les premiers réalisée et installée dans leurs grandes meuneries de Brooklyn, la machine fonctionnerait parfaitement et donnerait des résultats économiques tout à

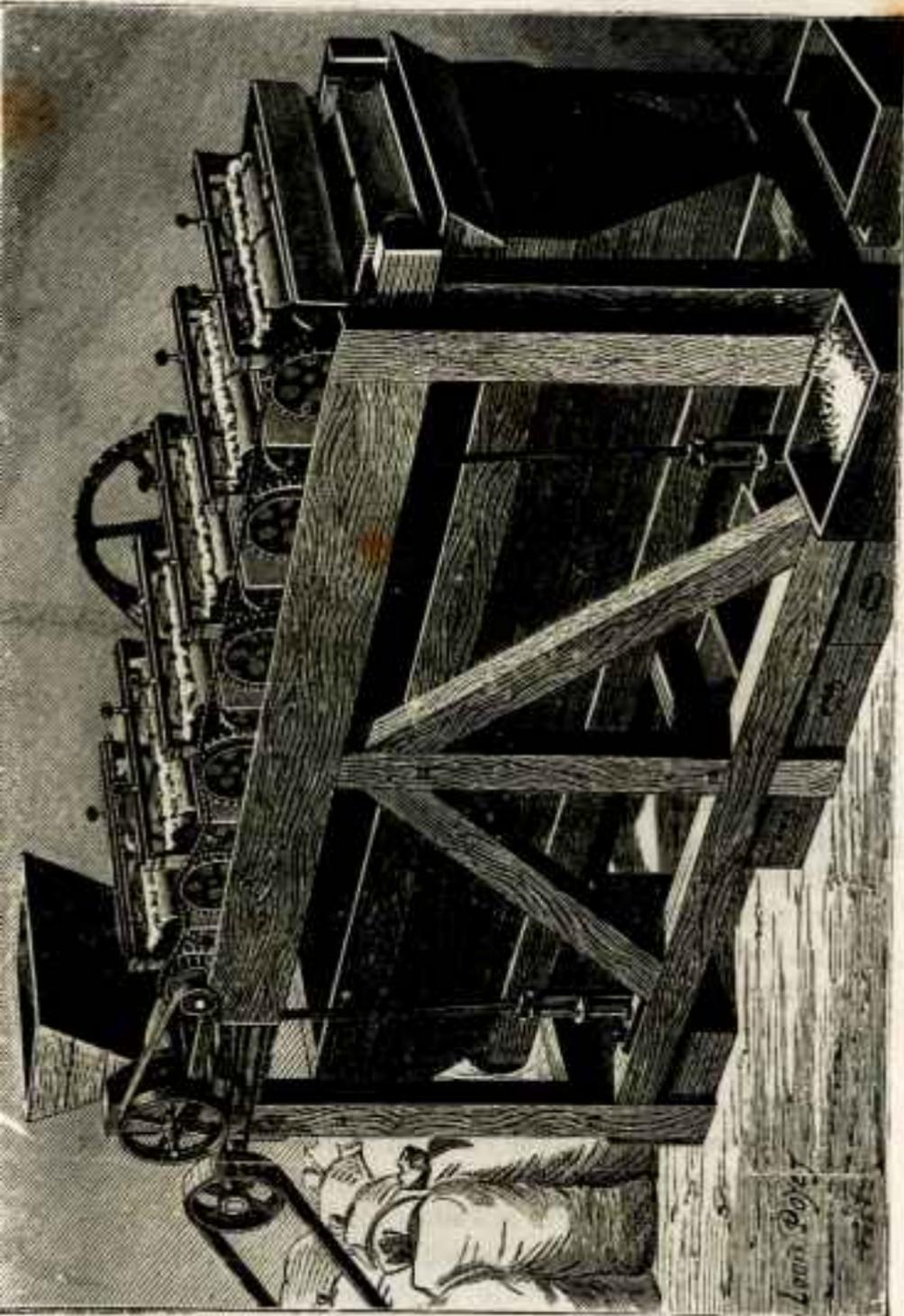


Fig. 169. — Vue d'ensemble du système Alastisches de 1881. (D'après le rapport de M. de la Commission.)

fait surprenants. Les inventeurs ont eu l'idée originale d'appliquer l'électricité à la purification de la farine brute.

La farine brute renferme, comme on sait, beaucoup de son ; or, le son s'électrise facilement et la farine difficilement. Si l'on frotte du papier à lettre préalablement chauffé et séché et qu'on promène ce papier au-dessus de la farine brute, on constatera que tout le son est attiré sur la feuille de papier et que la farine ne l'est pas. En se fondant sur cette observation, MM. Osborne et Smith ont imaginé l'appareil qui a fonctionné, pendant plus de six semaines, au Palais des Champs-Élysées.

La farine brute est introduite dans une trémie disposée à l'extrémité de la machine; elle est conduite sur un grand tamis horizontal animé mécaniquement d'un mouvement de va-et-vient, qui a pour effet d'opérer un triage préliminaire ; la farine tombe au fond et le son est ramené à la surface.

Au-dessus du tamis et presque en contact avec la farine brute sont rangés parallèlement à petite distance 24 rouleaux en caoutchouc durci. Cette longue rangée de rouleaux se développe de la trémie à l'extrémité de la machine. Ils sont tous commandés par un arbre qui les oblige à tourner sur eux-mêmes à la vitesse de 25 à 30 tours par minute. Chacun d'eux a 23 centimètres de longueur et 15 centimètres de diamètre.

Au-dessus de chaque rouleau sont fixées des peaux de mouton qui frottent sur leur surface supérieure. Ces peaux électrisent le caoutchouc, et quand le rouleau, dans son mouvement de rotation, passe à portée de la farine brute, sa surface se couvre de son.

Le rouleau tournant toujours, le son rencontre les peaux qui le brossent et le détachent, puis le font tomber dans une rigole. Chaque rouleau a sa rigole d'évacuation ; un petit balai mû mécaniquement chasse dans les rigoles le son jusqu'à un conduit



Fig. 183. — Vue d'un rouleau en ébonite électrisé.

général qui, à son tour, le porte hors de la machine.

Le son est ainsi poussé dehors ; quant à la farine, elle reste d'abord sur le tamis ; puis, peu à peu, elle se sépare selon sa finesse, comme dans les sasseurs ordinaires.

La machine entière occupe un volume de 3 mètres de longueur sur 0^m90 de largeur et 1^m20 de hauteur. La surface du tamis est de 1^m11 ; le tamis fonctionne

par oscillations, en donnant environ 100 coups à la minute.

Il peut passer dans la machine 225 kilogs de farine brute par heure. Il suffit de la force d'un demi-cheval-vapeur pour la faire fonctionner; c'est le tiers environ de la force motrice employée dans les appareils de blutage ordinaire.

Le nouveau procédé de blutage électrique s'applique, affirme-t-on, à toutes les farines de blé tendre ou dur; il supprime tout ventilateur; il évite toute production de poussière, résultat important, car la poussière de blutage est dangereuse; elle amène des explosions formidables. On se rappelle sans doute qu'en 1872, à Glasgow, et à Saint-Louis en 1881, des explosions dues aux poussières firent sauter plusieurs minoteries.

MM. Osborne et Smith font construire en ce moment à Minneapolis un moulin colossal qui produira plus de 3,000 mètres cubes de farine par jour, dont l'épuration sera obtenue au moyen de leurs sasseurs électriques.

Nous devons en Europe suivre pas à pas les progrès du nouvel outillage américain. Les villes de Minneapolis et de Saint-Louis, qui concentrent aujourd'hui la plus grande partie de la meunerie américaine, produisent journellement 6,000 mètres cubes de farine; la construction des usines nouvelles et l'emploi du blutage électrique vont leur donner encore un développement plus grand; l'importation de la farine américaine ne peut donc aller qu'en croissant, si nous n'adoptons pas de notre côté les mêmes moyens de production. En Amérique, on a laissé de côté les meules antiques et on les a remplacées par des cylindres

broyeurs. La production américaine dépasse aujourd'hui celle de l'Autriche-Hongrie, qui était, il y a peu de temps encore, le principal centre de cette industrie. On ne saurait donc trop attirer l'attention sur la machine de MM. Osborne et Smith.

Différents inventeurs ont également utilisé l'électricité pour le triage des minerais en grains. Les minerais de fer sont composés d'oxydes ferrugineux et de gangues inutiles ; une fois grillés, les oxydes de fer deviennent aptes à être attirés par des aimants. On peut donc séparer le « grain de l'ivraie », débarrasser les portions utiles des parties superflues à l'aide d'électro-aimants. Dans cet ordre d'idées, on voyait à l'Exposition divers électro-trieuses, notamment celles de MM. Chenot dont l'invention remonte à 1852, celles plus récentes de MM. Vavin, Siemens et Edison.

Les grains de minerais sont jetés dans une trémie, descendent sur des cloisons constituées par des électro-aimants qui saisissent au passage les parties ferrugineuses ; les parties minérales tombent au fond de l'appareil.

Le même système est utilisé pour la séparation des limailles de fer et des autres poussières métalliques. La trieuse Vavin est employée dans les ateliers de construction de l'État ; elle est très-compacte, réduite à 0^m80 en surface et 1^m60 en hauteur. Dans les ateliers Caïl, une trieuse Vavin traite par jour 2,000 kilogr. de limaille.

L'électro-trieuse Siemens est formée par un cylindre incliné muni à l'intérieur d'une vis d'Archimède. Le cylindre, renfermant des électro-aimants, saisit les

grains ferrugineux qu'un racloir mécanique rejette dans un compartiment spécial. Cet appareil peut séparer par jour jusqu'à 20 tonnes de minerai; il est puissant et très-employé en Espagne dans les mines de fer.

Le séparateur magnétique de M. Edison est fondé sur un principe un peu différent. Les électro-aimants ne recueillent pas au passage les grains ferrugineux sortant de la trémie, ils ne font que changer la direction du jet. Les minerais tombant devant des aimants, tout ce qui est fer est dévié de la direction primitive et va s'emmagasiner dans un compartiment; tout ce qui est poussière minérale continue sa route rectiligne et passe dans un autre compartiment. Ce séparateur magnétique est très-simple et très-efficace; on l'emploie beaucoup maintenant aux États-Unis et dans toute l'Amérique.

L'électricité commence aussi à pénétrer dans les fabriques de porcelaine. Entre les pièces de porcelaine blanche et celles qui présentent la plus petite tache, il existe une différence de valeur commerciale de 40 0/0. Il y avait donc un avantage énorme à débarrasser la pâte de porcelaine des particules ferrugineuses qui donnent naissance aux taches. Ces matières sont attirables à l'aimant. On avait songé, il y a longtemps, à purifier la pâte avec des électro-aimants; mais autrefois il fallait se servir de piles et d'électro-aimants trop petits pour pouvoir agir efficacement. Aujourd'hui le problème est complètement résolu.

On fait arriver la pâte liquide en regard des deux pôles d'un puissant électro-aimant; on l'oblige à se laminer en quelque sorte à portée du champ magné-

tique. Les particules ferrugineuses quittent la pâte et vont se fixer sur l'aimant. De temps en temps, on arrête le travail, on nettoie les surfaces polaires des électro-aimants en les rendant d'abord inactifs et en projetant ensuite sur leur surface un jet d'eau sous pression. On a recours, pour animer les électro-aimants, à une machine Gramme de très-petit modèle actionnée par un peu de force empruntée au moteur de l'usine.

L'épuration magnétique de la porcelaine se fait sur une grande échelle chez MM. Pillivuyt et C^e, à Mehun-sur-Yèvre (Cher), et à la faïencerie de Creil. A Mehun, trois machines épurent environ 600 kilogrammes de pâte par jour. On extrait à peu près 8 kilogrammes de matière ferrugineuse par 100.000 kilogrammes de pâte.

Dans l'exposition de M. Breguet, on avait placé sous les yeux du public des gâteaux de porcelaine, dans lesquels on avait emmagasiné les parties ferrugineuses séparées par la machine. Chacune de ces parcelles ferrugineuses enlevées par les électro-aimants eût considérablement déprécié la valeur des objets de porcelaine. Les parcelles donnent à l'analyse 82.20 de fer, 18 de matière argileuse, 0.24 de charbon.

Les industries chimiques commencent à faire de nouvelles et importantes applications de l'électricité. Nous ne parlerons pas des opérations galvano-plastiques, qui ont pris un développement excessif, mais qui sont bien connues de nos jours; nous voulons seulement signaler quelques autres applications qui sont à peine sorties du laboratoire et qui paraissent pleines d'avenir.

Au premier rang, il convient de placer l'électrométallurgie. Deux établissements allemands avaient exposé des produits obtenus par affinage électrique. Le *Königlich Preussisches und Herzoglich Braunschweigisches Communions Hüttenamt* et la *Norddeutsche Affinerie* avaient présenté au public du cuivre affiné, de l'or et de l'argent d'une pureté absolue. On tend aujourd'hui à substituer à l'affinage métallurgique ordinaire l'affinage électrique.

Le cuivre impur est réduit en plaques et plongé dans un bain de sulfate de cuivre traversé par un courant électrique. Par suite du passage du courant, la plaque de cuivre impur se dissout dans le bain, et au pôle opposé, on recueille un dépôt de cuivre pur. L'usine de la *Norddeutsche Affinerie* emploie à l'heure actuelle six machines Gramme actionnées par 40 chevaux pour produire annuellement 500 tonnes de cuivre parfaitement pur et d'une homogénéité remarquable.

Pour obtenir l'or ou l'argent fin et les séparer du platine, du cuivre et des autres métaux qui s'y trouvent associés, on traite l'alliage par l'acide sulfurique, qui dissout tous les métaux, à l'exception de l'or et du platine. Cet alliage binaire est soumis dans un bain à l'action du courant. L'or se dépose; le platine se dissout et est recueilli ensuite dans une opération ultérieure. L'argent s'extrait d'une manière analogue.

Des échantillons de cet or affiné électriquement ont donné, analysés à la Monnaie de Paris, le titre exact de 1,000 pour 1,000; l'argent a fourni 999,7 pour 1,000.

Ce procédé a été employé, quand on a refondu les

monnaies de billon de l'Allemagne, et l'on a pu séparer du cuivre 23 kilogrammes d'or. Ce sont des méthodes d'une délicatesse infinie, qui rendront de grands services à l'industrie métallurgique.

Dans la même voie, il convient de mentionner les essais, déjà très-avancés, qui sont tentés depuis quelque temps pour extraire le zinc par voie électrique. Dans le procédé actuel, qui consiste à réduire le zinc de ses minerais par du charbon à une température élevée, les frais de traitement sont évalués en moyenne à 50 fr. par tonne de minerai; il faut ajouter à cette dépense de 20 à 30 fr. pour les pertes de zinc resté dans le minerai. La préparation d'une tonne de minerai à 45 0/0 de zinc coûte environ de 70 à 80 fr., soit 20 à 25 fr. les 100 kilos. En outre, lorsque les minerais viennent de Grèce, de Sardaigne, d'Espagne, pour être traités à Liège, à Stolberg, à Swansea ou même en France, les dépenses afférentes au transport s'élèvent à 25 ou 30 fr. la tonne. Il y aurait donc grand intérêt à diminuer la consommation en charbon et à réduire le minerai sur place.

Différents procédés ont été expérimentés; plusieurs lingots de zinc exposés ont été obtenus électriquement. En principe, on dissout le minerai dans des acides appropriés à sa composition, et la liqueur est soumise à l'action d'un courant électrique. Le zinc se dépose dans un grand état de pureté. M. Létrange se sert, pour dissoudre le minerai, d'acide sulfurique obtenu par le grillage simultané de la blende et de la calamine; et quand c'est possible, il utilise des chutes d'eau pour actionner les machines dynamo-électriques qui engendrent le courant. Même lorsqu'il faut employer du charbon pour les machines, l'économie

résultante est considérable, elle atteint plus de 45 0/0. Dans la méthode actuelle, une usine qui produit 1 million de kilogrammes de zinc exige une dépense d'installation de 1 million. Avec le nouveau procédé, la dépense d'installation serait réduite à 500.000 francs.

Évidemment l'électro-métallurgie permettra d'extraire tout le métal renfermé dans les minerais; elle sera extrêmement économique et réalisera de ce chef un progrès sérieux dans l'industrie des métaux.

Autre application, qui malheureusement n'est pas encore réellement sortie de la phase expérimentale; elle promet beaucoup et mérite d'être mentionnée; M. Goppelsroder a inventé la teinture électrique; il prépare des matières colorantes au moyen de l'électrolyse. On voyait dans la section suisse des noirs, des bleus d'aniline obtenus par voie électro-chimique.

On sait que si l'on plonge dans de l'eau légèrement acidulée deux fils de platine communiquant respectivement aux pôles d'une pile, le liquide est décomposé; de l'oxygène se réunit au pôle positif et de l'hydrogène au pôle négatif. Il résulte de là que, si l'on met en dissolution dans l'eau des substances chimiques, qui sous l'action de l'oxygène ou de l'hydrogène peuvent se décomposer ou se combiner en formant d'autres corps, on obligera l'électricité à fabriquer de nouvelles substances. M. Becquerel a déjà employé utilement ce procédé. Avant 1860, Frankland, Kolbe, Van Babo s'étaient aussi servis de l'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau pour réduire divers composés organiques tels que la cinchonine. M. A. Renard, plus récemment, a eu recours à la même méthode pour préparer les dérivés de l'alcool.

M. Goppelsroder, dès 1875, obtenait de même certaines matières colorantes par l'action d'un courant électrique; il les montrait alors à la Société industrielle de Mulhouse; à la même époque, du reste M. Coquillon produisait par le même procédé le noir d'aniline insoluble. Depuis, le chimiste suisse a poursuivi ses recherches et il a donné beaucoup d'extension à la méthode électro-chimique.

Les nouvelles substances tinctoriales employées aujourd'hui dans l'industrie proviennent du goudron de houille; par une suite de transformations chimiques, on métamorphose la houille en matières colorantes d'un grand éclat, telles que la rosaline, l'aniline, le bleu d'Hoffmann, etc. Le traitement chimique consiste à oxyder certaines substances, à réduire certaines autres, c'est-à-dire à leur enlever de l'oxygène à l'aide d'hydrogène. Ces oxygénations et ces hydrogénations s'effectuent dans la méthode de M. Goppelsroder à l'aide de la pile.

M. Goppelsroder met en dissolution dans l'eau acidulée les corps organiques qui, hydrogénés ou oxydés, sont susceptibles de se transformer en matière colorante, et il fait passer le courant. Comme souvent une substance se fabrique sous l'influence de l'oxygène et qu'une autre se produit en même temps sous l'action de l'hydrogène, l'inventeur sépare au milieu de l'eau les deux fils actifs correspondant à chaque pôle au moyen d'un vase poreux. On évite ainsi d'ailleurs les réactions secondaires. Dans un vase se décomposent les matières colorantes résultant de l'oxydation; dans l'autre, celles qui se forment par hydrogénation.

Les sels sur lesquels le chimiste de Bâle a opéré sont principalement les sels d'aniline, de toluidine et

leurs mélanges, ceux de méthylamine, de dyphénylamine et de méthyldiphénylamine, le phénol et les sels de naphtylamine. Il a pu retirer ainsi du noir d'aniline, différents bleus d'aniline, le violet d'Hoffmann, l'alizarine artificielle, etc.

Le noir d'aniline se dépose au pôle positif par l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorhydrate, de sulfate ou de nitrate d'aniline acidulée d'un peu d'acide sulfurique. Les bleus d'aniline vont aussi au pôle positif quand on soumet à l'action du courant une solution de sel de rosaline additionnée d'alcool méthylique, d'un peu d'acide sulfurique et très-peu d'iodure de potassium. L'alizarine se fait au pôle négatif, quand on mélange l'anthroquinone avec une solution concentrée de potasse caustique, etc.

Les échantillons de soie teints au moyen de ces produits sont très-beaux ; ils étaient au nombre de trente-six présentant des couleurs différentes. Il est vraisemblable que le mode de préparation déjà employé par M. Goppelsroder prendra de l'extension, et ce ne sera pas une des moindres surprises de notre temps que de voir l'électricité travailler ainsi à fabriquer les substances colorantes qui servent à teindre les tissus soyeux, les étoffes, les tentures dont les couleurs chatoyantes attirent les regards à la devanture des magasins.

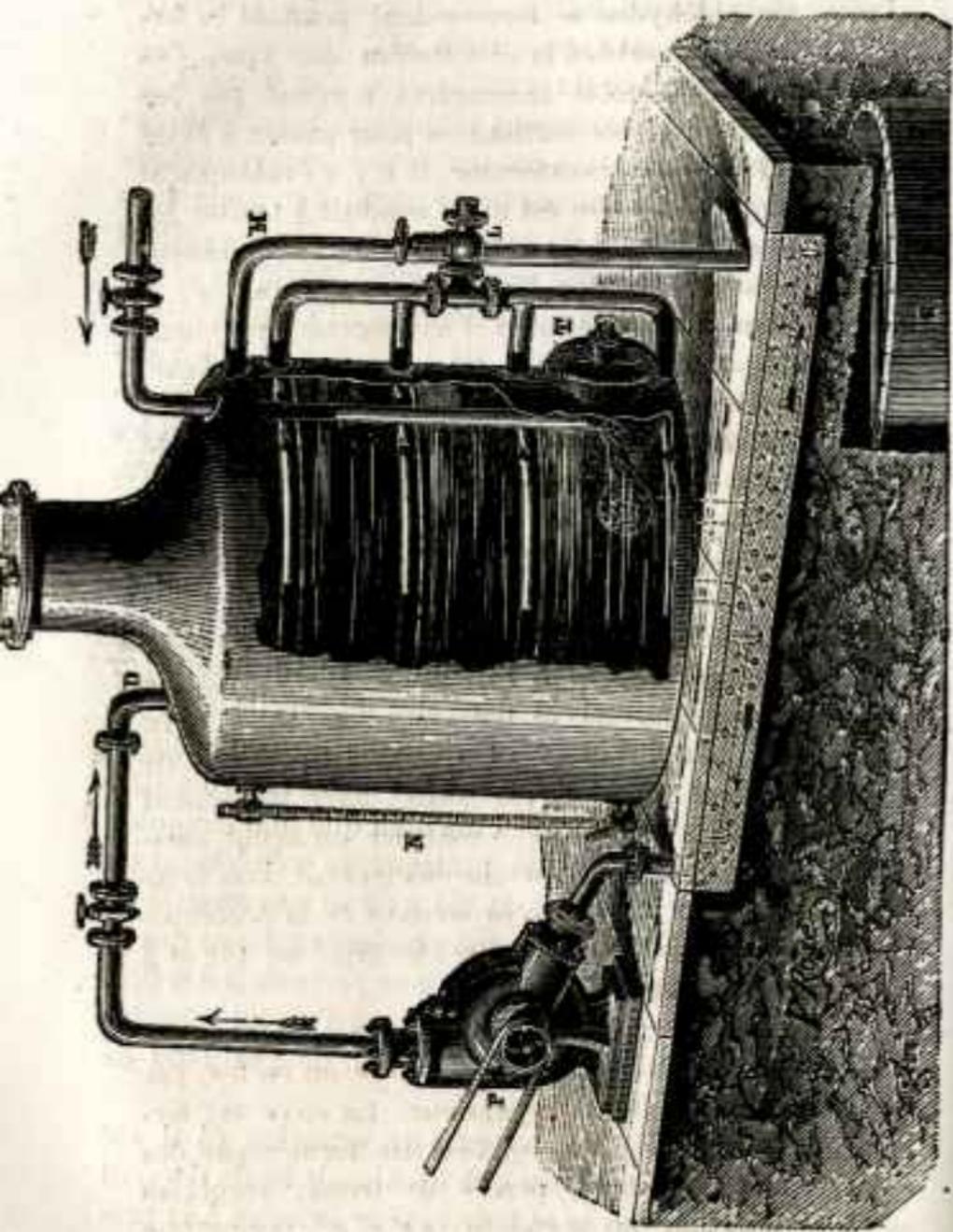
Voici enfin une nouvelle et très-importante application de l'électricité. M. Laurent Naudin est parvenu à rectifier complètement et très-économiquement les alcools de mauvais goût au moyen d'un courant électrique. Le procédé n'en est plus à la période de tâtonnements ; il fonctionne depuis un an avec succès, dans

l'usine de M. Boulet, à Bapeaume-lez-Rouen. L'appareil de M. Naudin était exposé salle XII.

Le problème de la rectification des alcools de mauvais goût exerce depuis longtemps la sagacité des chimistes. La formation des matières sucrées engendre non-seulement de l'alcool proprement dit, mais tous les alcools provenant de ce que les chimistes appellent la série grasse, puis des corps acides, basiques et des éthers. Ces corps étrangers donnent à l'alcool vinique un mauvais goût; comme ils ne diffèrent généralement de l'alcool que par un excès d'hydrogène, longtemps on chercha à les débarrasser de cet excès en les soumettant à l'action d'oxydants tels que le chlore, l'acide permanganique, l'acide nitrique, etc. La méthode était trop énergique et l'on détruisait l'alcool en voulant détruire les corps étrangers. Le remède était pire que le mal et l'on y renonça. Aujourd'hui on s'en tient encore à la simple rectification par distillations successives dans les appareils Cail ou Savalle. L'alcool vinique, les alcools de composition voisine et les autres corps ont des degrés de volatilité différents; ils se séparent tant bien que mal lorsqu'on distille plusieurs fois. En pratique, le rendement en alcool premier jet bon goût ne s'élève pas au-delà de 45 0/0; le reste est fractionné plusieurs fois, ce qui se traduit à chaque opération par une perte de 3 à 4 0/0. Nous ne savons donc pas tirer tout l'alcool possible d'un poids donné de sucre, de raisin, de grain ou de betteraves.

M. Laurent Naudin a repris la question et il est arrivé à cette conclusion que les alcools bruts doivent également leur odeur et leur saveur infectes à la présence d'aldéhydes de la série grasse (alcools déshydro-

187
L'ÉCLAIRAGE À GAZ
Système de M. L. L. L.



génés). Ces aldéhydes se formeraient pendant la fermentation des moûts et la distillation des vins. Ces corps sont des alcools incomplets n'ayant pas les molécules d'hydrogène suffisantes pour passer à l'état d'alcools. Pour les transformer, il n'y a évidemment qu'à les hydrogéner. On est ainsi conduit à traiter les alcools impurs, comme nous avons vu précédemment M. Goppelsroder traiter les matières colorantes; il faut les soumettre à l'action de l'hydrogène, provenant de la décomposition de l'eau par un courant électrique.

Une partie de l'eau contenue dans les flegmes (alcool à 50 degrés Gay-Lussac) est décomposée par le courant: l'hydrogène naissant se porte sur les aldéhydes pour les transformer en alcools correspondants.

Industriellement, M. L. Naudin opère l'hydrogénation des flegmes en mettant ces derniers au contact d'une pile spéciale composée de lames de zinc recouvertes de cuivre précipité *chimiquement*. Ce couple jouit de la propriété de décomposer l'eau *pure*, avec dégagement d'hydrogène et formation d'hydrate d'oxyde de zinc. Il peut, par suite, agir facilement dans les liquides *neutres* et constituer un agent puissant d'hydrogénation. C'est une électrolyse, avec cette particularité que l'oxygène provenant de la décomposition de l'eau est absorbé par le zinc au fur et à mesure de sa production.

Voici le dispositif adopté. Le zinc en rognures est placé dans une cuve en bois, en cuivre ou en fer, par lits à *a' a'' a'''* de 0^m20 d'épaisseur. La cuve est fermée à la partie supérieure. Ces lits formés par des doubles fonds en bois, percés de trous, reçoivent sur leur pourtour un serpentín *e e' e'' e'''* permettant une circulation d'eau chaude pour maintenir une

température moyenne de 25 degrés. Les flegmes arrivent, ainsi que l'indique la flèche, par le tube de droite et après hydrogénation sont envoyés au rectificateur par le tube de vidange H. L'hydrogène chargé de vapeur d'alcool vient barboter par le tube M dans le récipient R contenant les flegmes ordinaires.

Pendant une heure environ, la pompe P aspire les flegmes dans le sens des flèches pour les ramener à la partie supérieure D de la cuve.

Ce mouvement de bas en haut assure une complète hydrogénation de toutes les parties infectes des flegmes mis en œuvre.

Le trou d'homme T permet le démontage et le nettoyage de la pile lorsqu'il y a lieu.

Le niveau N marque à tout instant le niveau du liquide dans la cuve.

Au lieu d'employer des rognures qui se nettoient très-difficilement, on fait usage, depuis peu, de lames de même métal ondulées, placées horizontalement les unes au-dessus des autres.

La précipitation chimique du cuivre sur le zinc est obtenue en mettant les lames de zinc au contact d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre. Cette précipitation exige environ trois heures.

Ainsi formé, ce couple, avec des soins d'entretien, peut fonctionner pendant un an.

Les alcools traités par cette nouvelle méthode accusent des rendements en alcool pur très-élevés; ils atteignent 80 0/0, tandis que l'ancien procédé ne donnait que 45 0/0. La qualité est aussi sensiblement supérieure à celle de l'alcool bon goût ordinaire.

Ce procédé est satisfaisant lorsqu'il s'agit de traiter des flegmes de maïs; il est insuffisant pour les eaux-

de-vie de pommes de terre ou de betterave; la désin-

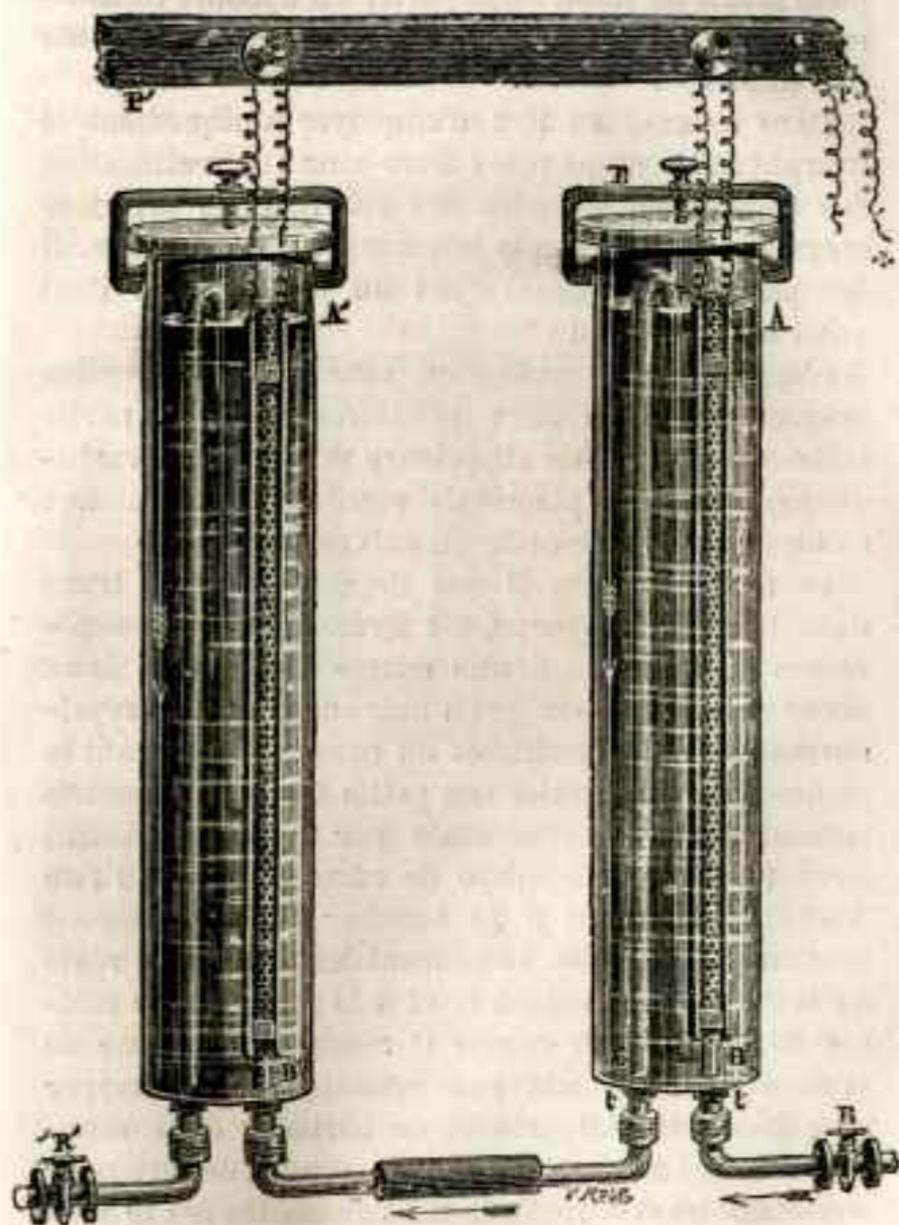


Fig. 185. — Appareil électrolyseur pour la rectification des alcools.

fection n'est pas totale, et c'est surtout dans le cas des

eaux-de-vie de betterave qu'une rectification complète serait de nature à apporter un appoint considérable au développement de cette branche importante de l'industrie.

Dans ce cas, au lieu d'employer uniquement le courant faible d'une pile cuivre-zinc à la rectification des flegmes, M. Naudin fait suivre cette première opération d'une seconde beaucoup plus énergique. Il fait passer les flegmes dans un électrolyseur dont voici la description :

L'appareil se compose d'un vase en verre A cylindrique, muni de deux tubulures *tt'* à la partie inférieure. La partie supérieure est fermée hermétiquement par une plaque de verre rodée, maintenue solidement par une grille en cuivre E.

Le tube d'amenée B des flegmes percé de trous dans toute sa longueur, est fermé à la partie supérieure et maintenu à une courte distance de deux lames de plomb (figurées en noir sur le dessin) représentant les deux électrodes du courant traversant la plaque de verre rodée. Les petits trous par lesquels passent ces fils sont bouchés par du liège, faisant aussi fonction de soupape de sûreté, au cas où l'un des tubes viendrait à se boucher accidentellement pendant l'électrolyse. Le courant des flegmes est réglé à l'entrée par le robinet R et à la sortie par le robinet R'. Le tube de retour C recourbé en forme de siphon, permet aux gaz produits de s'échapper avec le courant liquide et de barboter d'un voltamètre dans l'autre. Ce que nous venons de dire pour le voltamètre A s'applique au voltamètre A'; le tube de retour C du premier vase étant relié au tube d'amenée B' du second vase A' et ainsi de suite.

Nous donnons aussi une vue perspective d'un électrolyseur à trois voltamètres qu'on peut accoupler avec une autre batterie de 3, 6 ou 9 voltamètres. Cet électrolyseur est actionné par une machine dynamo-électrique de Gramme ou de Siemens. Le courant

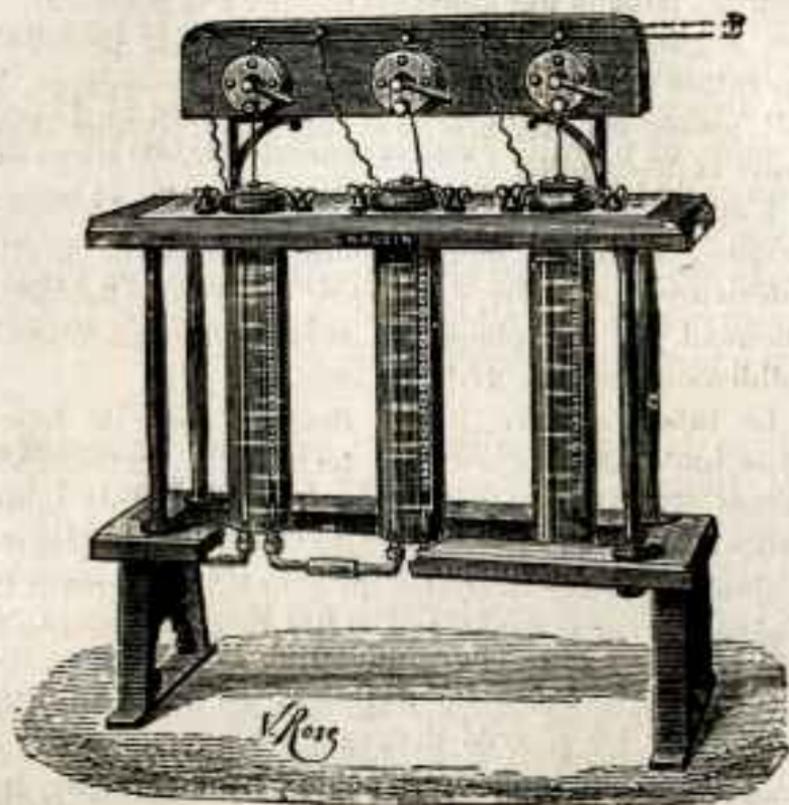


Fig. 186. — Électrolyseur à trois voltamètres.

énergique qui traverse les lames de platine et les flegmes décomposent l'eau en abondance. L'oxygène se porte sur les produits de mauvais goût et les brûle. Probablement on se débarrasse ainsi des produits qui réclament un excès d'oxygène pour se transformer. Il se fait ensuite une nouvelle hydrogénation

des produits, qui ont besoin d'être saturés d'hydrogène. Quoi qu'il en soit, tout mauvais goût est enlevé et l'alcool de betteraves acquiert une qualité comparable à celle des meilleurs alcools de grain. Les rendements de premier jet s'élèvent à 85 0/0. Par les anciens procédés, les flegmes de betteraves ne donnent qu'un alcool d'assez mauvais goût à la première rectification.

A Bapeaume-lez-Rouen, du 15 mars 1881 au 15 novembre, on a traité électriquement 700,000 litres de flegmes de trois provenances, mélasse, maïs et betteraves. Un appareil Naudin permet de transformer en bonne eau-de-vie 200 hectolitres de flegmes en vingt-quatre heures. Il était utile de signaler cette invention à nos cultivateurs français.

Dans la section allemande, près des ateliers de MM. Heilmann, Ducommun et Cie, on trouvait un appareil également destiné à l'épuration électrique des alcools. M. Eisennam, de Berlin, traite les alcools par l'ozone, oxygène électrisé, qui jouit des propriétés oxydantes plus énergiques que l'oxygène ordinaire. On avait échoué autrefois en essayant de transformer les alcools mauvais goût par des oxydants, parce que le chlore, l'acide permanganique, le manganèse, etc., auxquels on avait recours, après avoir détruit les composés impurs, en formaient d'autres également de mauvais goût. L'oxygène actif, agissant seul, n'introduit plus ces causes d'altération et peut, en effet, amener des résultats satisfaisants. C'est ainsi que, à Paris, M. Wideman a imaginé depuis plusieurs années de rectifier les alcools en les baignant dans de l'air ayant traversé par insufflation

un bec de gaz. Selon l'auteur, l'air traversant une flamme se chargerait d'ozone.

M. Eisennam prépare de l'ozone, comme M. Houzeau, en faisant passer une effluve électrique dans un tube de verre traversé par un courant d'air. L'ozone se forme et est aspiré par un jet de vapeur dans un grand réservoir en cuivre hermétiquement clos, chauffé à 70 degrés par des tuyaux de vapeur formant serpentín à l'intérieur. Dans ce réservoir sont enfermés les flegmes; l'ozone barbote dans le liquide et oxyde les alcools mauvais goût. Il suffit d'une pile de quatre éléments et d'une bobine de Ruhmkorff pour préparer l'ozone. Les flegmes ozonisés sont rectifiés comme d'habitude.

Cet appareil est très-simple; mais nous ne pensons pas qu'il soit aussi efficace que celui de M. Naudin; nous avons dit que les produits impurs mêlés à l'alcool se composent d'aldéhydes infectants et d'éthers, d'acides organiques, etc. Les éthers, les acides nécessitent l'action de l'oxygène pour être décomposés, et pour eux l'ozone est utile, mais évidemment cet ozone ne saurait exercer d'influence sur les aldéhydes qui, pour se modifier, réclament de l'hydrogène. La seule action de l'ozone doit donc être insuffisante et l'épuration moins complète qu'avec le procédé électrolytique.

En somme, M. Eisennam a répété sur une échelle un peu plus grande ce que la foudre avait fait jadis dans la cave d'un riche viticulteur. Ce propriétaire avait chez lui un certain nombre de bouteilles d'eau-de-vie de qualité inférieure. Un jour d'orage, le tonnerre tomba sur les bouteilles, en brisa plusieurs, fit sauter le bouchon de quelques-unes d'entre elles et

transporta les autres de la cave dans le cellier. Quand le viticulteur goûta l'eau-de-vie des bouteilles débouchées, il la trouva excellente. La foudre l'avait vieillie en un tour de main, et lui avait enlevé son mauvais goût. Il est probable que l'ozone fabriqué sur place par le coup de foudre avait brûlé les alcools mauvais goût. Cette opération mystérieuse aurait dû guider depuis longtemps les chimistes et leur faire employer plutôt l'ozone à la rectification électrique des eaux-de-vie mauvais goût.

Dans un coin du Palais, MM. Blin frères avaient également installé un ozoniseur de leur façon; il a fonctionné derrière les charrues de Sermaize, près des couveuses électriques. L'oxygène obtenu chimiquement était soumis aux effluves d'une bobine de Ruhmkorff et se transformait en ozone. Ce sont là toutes tentatives encore à leur début, mais qui permettront peut-être d'employer industriellement l'ozone non-seulement à l'épuration des eaux-de-vie, mais encore au blanchiment des tissus, des fils etc., et à un certain nombre d'opérations chimiques, qui exigent l'intervention d'oxydants énergiques.

Il nous faut bien limiter ici ces études rapides. Aussi bien, nous avons passé en revue les machines les plus intéressantes et les inventions les plus curieuses; il nous resterait sans doute beaucoup à dire encore sur la télégraphie et ses applications à l'exploitation des chemins de fer, mais ce sont là des sujets spéciaux qui sont toujours d'actualité. Nous trouverons l'occasion d'y revenir. Ce coup d'œil d'ensemble, si superficiel qu'il ait été, aura suffi, nous l'espérons du moins, pour faire apprécier toute l'importance de l'Exposition

de 1881, et donner des idées générales sur le rôle qu'est appelée à jouer aujourd'hui l'électricité dans l'industrie.

Cette Exposition d'électricité, presque née au milieu de l'indifférence générale, aura été féconde à plus d'un titre; elle aura donné bien plus qu'elle n'avait promis; elle a surpris par son succès éclatant, même ceux qui avaient été ses plus ardents partisans de la première heure. Elle laissera peut-être plus de traces durables que son aînée, la grande Exposition universelle de 1878. Elle a fait sauter aux yeux des moins clairvoyants le rôle désormais assuré des Expositions spéciales.

Les Expositions universelles ont, pour ainsi dire, perdu en utilité directe ce qu'elles ont gagné en développement; en voulant faire immense, on a fini par faire petit. On décrète des concours universels et l'on bâtit des caravansérails. Le spectacle a tué l'étude et les comparaisons fructueuses; le cadre a écrasé le tableau. D'ailleurs, la scène est trop étendue, pour qu'on puisse l'embrasser avec profit dans tous ses détails. L'esprit se refuse à bien voir, quand il faut voir partout et vite. Les Expositions spéciales, au contraire, permettent de fouiller les creux et les reliefs, de bien se rendre compte des lignes et de formuler des jugements plus solides. Le cercle est restreint et l'examen plus approfondi. Les points de contact entre ces exposants et le public sont beaucoup plus intimes; on se connaît mieux; on s'apprécie davantage. L'Exposition d'électricité aura sous ce rapport servi d'enseignement très-précieux à tout le monde, à l'État aussi bien qu'aux industriels. La voie est ouverte maintenant et on la parcourra avec utilité et avec honneur.

L'Exposition aura fait naître des applications considérables, qui étaient bien comme dans l'air si l'on veut, mais auxquelles il manquait une occasion pour se produire et s'affirmer. Il leur fallait le rayon de soleil qui chauffe les premiers germes, les vivifie et les force à éclore. Il se prépare de tous côtés, en ce moment, une évolution évidente dans les procédés de l'industrie. L'éclairage, la production, la distribution de la force, la traction sur voies étroites, la métallurgie, l'agriculture, etc., passent dès aujourd'hui par des phases imprévues hier; la perspective est changée et l'horizon puissamment élargi.

Au Palais, l'électricité avait permis de produire, avec 1,800 chevaux, une lumière équivalente à plus de 55,000 becs de gaz, soit environ 6,000 becs de gaz de plus qu'il n'en existe dans toutes les rues et les promenades de Paris. La force électrique remplaçait partout la force immédiate de la vapeur et donnait le mouvement à des milliers de machines; un tramway électrique amenait les curieux. C'est un symptôme significatif; les temps changent. Nous sommes à l'aurore d'une époque nouvelle.

Nous manquerions de justice et de reconnaissance si, après le public, après les gouvernements étrangers, après les électriciens de toute nationalité, après les chambres de commerce, nous omettions de placer à côté de l'œuvre les noms désormais retentissants des auteurs. M. A. Cochery, Ministre des postes et des télégraphes, a saisi, dès le premier jour, la portée de l'Exposition, et il a voulu la prendre sous son patronage éclairé; il l'a encouragée de toute son initiative; il l'a présidée, en quelque sorte, comme il a présidé le Congrès des électriciens; il lui a donné l'éclat, qui

a attiré à Paris les plus hautes illustrations de la science contemporaine.

Le Commissaire général, M. Georges Berger, à lui seul, a su enlever de vive force le succès de l'entreprise; il a fait preuve d'une puissance d'organisation incomparable; il a fallu toute sa fougue, son entrain irrésistible, sa vivacité de conception pour arrêter et réaliser, en quelques mois, les plans d'une Exposition sans précédent; il a fallu des qualités bien personnelles pour entraîner les volontés indécises, pour les faire travailler d'un commun accord, et les pousser en avant au pas de course, de victoire en victoire, jusqu'au triomphe définitif. M. Berger, aidé de ses deux collaborateurs dévoués et infatigables, MM. A. Bréguet et Monthiers, est resté sur la brèche nuit et jour pendant huit mois. Que de difficultés vaincues, que d'obstacles renversés! Elle serait bien curieuse à écrire l'histoire de l'Exposition d'électricité.

Nous ne serions pas équitable assurément si nous ne rappelions pas, d'une part, le concours empressé et indispensable de la commission d'organisation, de la commission des finances et du comité technique, et, d'autre part, les services rendus par le Syndicat français d'électricité, présidé par M. H. Fontaine.

Les grands labeurs sont finis, mais il est bon que la mémoire s'en perpétue, et que les générations à venir gardent le souvenir de ceux qui ont contribué, par des efforts vraiment féconds, à grandir notre pays dans l'opinion des peuples.