

“ L'Énergie Electrique ”

Directeur scientifique : Marcel Deprez — Rédacteurs : Franck Géraldy et Jules Sarcia

Numéro unique à l'occasion des expériences de transport d'énergie de Grenoble, en 1883

A Monsieur Marcel Deprez,

Monsieur et très respecté Directeur scientifique,

Vos deux collaborateurs dévoués se font un honneur d'inscrire votre nom en tête du numéro unique de ce Journal, consacré à votre œuvre.

Un aperçu à peine esquissé de vos belles découvertes scientifiques, un résumé trop bref de vos efforts et de vos progrès dans la voie difficile de l'application, la constatation de votre entier et glorieux succès, sont les éléments qui rempliront cette petite feuille ; elle sera d'ailleurs, par elle-même, la preuve matérielle de la valeur pratique de vos travaux.

Qu'il nous soit permis, en même temps, d'offrir, en votre nom, ce souvenir d'une expérience mémorable à la municipalité et aux habitants de la ville de Grenoble. Nous n'oublierons jamais l'accueil sympathique qu'ils nous ont fait, et nous sommes sûrs que leur initiative scientifique, dans cette question si importante, recevra sa légitime récompense lorsqu'un avenir prochain verra se réaliser chez eux les vastes applications qui vont suivre votre premier essai.

Jules SARCIA, Frank GERALDY.

LE TRANSPORT ELECTRIQUE DE LA FORCE

Depuis environ vingt ans nous possédons le principe de machines capables de fournir un courant électrique continu lorsqu'on les fait tourner ; depuis quinze ans à peu près, ces machines sont entrées dans la pratique et se fabriquent couramment sous diverses formes. On sait également, depuis assez longtemps, que ces appareils sont réversibles, c'est-à-dire qu'ils peuvent être employés dans les deux sens : si on les fait tourner, ils fournissent de l'électricité, si, au contraire, on leur fournit de l'électricité, ils tournent et reproduisent le mouvement. Prenons alors une machine de ce genre, mise en mouvement par un moteur (machine à vapeur, chute d'eau) ; au bout du fil conducteur sur lequel elle envoie son courant, plaçons une autre machine analogue, elle recevra le courant de la première, se mettra à tourner, et son mouvement pourra être utilisé ; nous dépensons du travail à un bout de fil, nous en recueillons à l'autre, nous avons réalisé le transport de la force par l'électricité. Ce principe, aujourd'hui si fécond, est resté longtemps confiné dans des applications très restreintes, parce qu'on ne pouvait, à l'origine, opérer les transports qu'à très petite distance. Cela tenait à l'ignorance où l'on était des lois de ce phénomène.

Vers 1880, M. Marcel Deprez entreprit cette étude. Il examina d'abord complètement le fonctionnement des machines dynamo-électriques et en montra les lois, qu'il exprima à l'aide d'une courbe nommée caractéristique, laquelle, relevée pour une machine, en fait connaître toutes les particularités. Dans tout transport électrique de la force (comme du reste dans tous les transports non électriques), il y a une perte. Le rapport entre la force reçue et la force dépensée se nomme rendement, il mesure l'efficacité du transport. On croyait autrefois que, si l'on allait à de grandes distances, le rendement s'abaissait nécessairement, et que l'on perdait presque toute sa force en chemin. M. Marcel Deprez prouva que le rendement était indépendant de la distance, c'est-à-dire qu'en se plaçant dans des conditions convenables on pouvait, à toute distance, obtenir un travail donné, en ne subissant qu'une perte déterminée. Après avoir montré les conditions nécessaires à remplir, lesquelles consistent principalement à employer l'électricité sous une tension convenable, M. Marcel Deprez entreprit de les réaliser. Une première difficulté se rencontrait. Parmi les lois qui régissent le fonctionnement des machines, une est inconnue : c'est celle qui lie l'intensité électrique avec l'aimantation du fer. Par un détour extrêmement habile et admirablement simple, M. Marcel Deprez supprima la difficulté et trouva le moyen de changer tous les éléments de la machine sans

toucher à son aimantation. Il put ainsi, d'abord transformer les anciennes machines, puis, par une série d'inventions, constituer les nouvelles machines appropriées au transport. Ces solutions ont donné au transport électrique de la force les qualités nécessaires qui lui manquaient : la sécurité dans les résultats, la grande portée qui lui permet d'aller chercher les forces à quelque distance qu'elles se trouvent, la liberté dans le choix des moyens qui permet d'opérer le transport à l'aide de fils fins, ce qui le rend économiquement et pratiquement applicable.

L'expérience de Grenoble, dont les détails sont donnés plus loin a été soumise, par la Commission municipale chargée de la suivre, à un examen extrêmement approfondi ; elle aura duré environ un mois, les machines marchant tous les jours plusieurs heures, quelquefois presque toute la journée, soit pour la Commission, soit pour le public ; la force recueillie s'est élevée jusqu'à 7 chevaux vapeur, travail suffisant pour faire marcher une usine de quelque importance. Cette installation sort des limites de la démonstration, c'est en réalité la première application pratique du transport à grande distance ; à ce titre, cette expérience comptera dans l'histoire de la science.

Frank GERALDY.

LA DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE DE LA FORCE

Comme on doit le penser, on va immédiatement chercher à tirer du transport toute l'utilité qu'il comporte en s'adressant aux grandes sources de force. Mais on comprend aussi qu'ayant une fois amené au lieu de consommation, à Grenoble par exemple, une force considérable, mille chevaux-vapeur, si l'on veut, il sera impossible de l'utiliser d'un seul bloc ; aucune usine ne demande de pareilles sommes de travail. Il faut la répartir entre plusieurs, la distribuer. Pour cela, il faut distribuer l'électricité elle-même, la subdiviser et amener à l'aide de fils conducteurs, chez chacun des participants, la quantité d'énergie qu'il réclame. Cette distribution doit satisfaire à certaines conditions. Il faut d'abord que l'on puisse diviser la force en parties aussi nombreuses qu'on le désirera et aussi différentes de grandeur qu'on le voudra ; chacun doit, de plus, pouvoir user de son courant au moment où cela lui convient, sans que pour cela les autres prises de courant soient influencées. Il faut en même temps que la machine génératrice d'électricité exige toujours une quantité de force en rapport avec la consommation faite ; qu'elle dépense peu si l'on demande peu ; et beaucoup, seulement quand on demande beaucoup. Ces effets de régulation et de division ne doivent pas être obtenus à la main par l'action incertaine d'un employé, ils doivent résulter d'organes agissant automatiquement, comme cela a lieu dans les machines à vapeur. Comme on le voit, la question est compliquée. M. Marcel Deprez l'a résolue en principe dès 1881, et cela sans l'intervention d'organes mécaniques. Une modification électrique dans les machines, l'emploi de deux fils et de deux courants combinés dans le même appareil résolvent ce problème d'une façon d'autant plus satisfaisante qu'elle est plus simple. A l'Exposition d'électricité de 1881, un exemple de cette solution fut placé sous les yeux du public. Vingt-cinq moteurs environ étaient placés sur une conduite électrique alimentée par une seule machine génératrice, et fonctionnaient tous à volonté.

L'installation faite à Grenoble est analogue, mais de proportions plus faibles ; afin de montrer le problème dans toute son étendue, on a laissé, fonctionnant l'un à côté de l'autre, et distincts les exemples des deux problèmes résolus. La machine qui reçoit la force de la chute d'eau à Vizille-Gare la transmet à la machine de Grenoble, opérant ainsi un transport de force ; la machine de Grenoble, à son tour, fait mouvoir un ensemble de machines qui font la distribution à une série de petits moteurs. Il est bien entendu que, dans une distribution réelle, cette complication n'existerait pas : une seule machine suffirait à faire le transport et la distribution.

Depuis les premiers essais, M. Marcel Deprez a complété le système en pourvoyant aux petites nécessités de régularisation de vitesse, etc... Il ne reste plus qu'à aborder les grandes installations pratiques.

Frank GÉRALDY.

TRANSPORT ET DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE PAR L'ÉLECTRICITÉ (Système Marcel DEPREZ)

Historique de la question.

La question du transport de l'énergie à grande distance a une histoire bien courte, mais bien remplie. Jusqu'à l'année 1881, quelques essais de transport de force à courte distance ont été tentés, mais sans qu'aucune idée théorique ait précédé leur réalisation, et sans qu'aucune mesure ait ensuite permis de contrôler les résultats obtenus.

Le premier, M. Marcel Deprez, a trouvé, par le calcul, la solution complète du problème, et, dans le numéro 38 de l'année 1881, tome II du journal *La Lumière électrique*, il a montré quelles modifications il fallait apporter aux machines existantes pour réaliser avec elles le transport de l'énergie à toute distance. Les principes posés par lui sont expliqués ailleurs, dans ce journal, par mon collaborateur Frank Géraldy, et je n'ai pas à les rappeler ici. Mon rôle de chroniqueur doit se borner à raconter brièvement les applications successives réalisées par M. Marcel Deprez.

Après avoir modifié deux machines Gramme, type A, de façon que leur résistance intérieure s'élevât jusqu'à 430 ohms, il fit une conférence, le 15 juin 1882, au Conservatoire des Arts et Métiers et y montra, pour la première fois, une expérience de transport de force à grande distance. Une ligne artificielle de 500 ohms de résistance, équivalente par conséquent à une ligne de fil télégraphique ordinaire de 80 kilomètres de longueur, permit de transporter un demi-cheval de force devant les spectateurs émerveillés. A la suite de ce succès, les membres de la Commission technique de l'Exposition d'électricité à Munich, écrivirent à M. Deprez et lui demandèrent de répéter son expérience avec une ligne réelle qu'ils mettraient à sa disposition. Il convient de dire que ces messieurs s'étaient d'abord adressés à la Maison Siemens, de Berlin, pour obtenir un transport de force à grande distance, et que ce n'est qu'après son refus qu'ils songèrent à M. Deprez. Malgré la hardiesse de la tentative, malgré qu'aucun essai antérieur ne fut là pour l'encourager et lui montrer la voie, Marcel Deprez accepta.

La machine génératrice fut placée à Miesbach, petite ville du sud de la Bavière, où se trouvent des mines importantes de charbon et située à 87 kilomètres de la ville de Munich. La machine réceptrice placée dans la grande nef de l'Exposition, à Munich, actionnait une pompe rotative qui, elle-même, alimentait une petite cascade artificielle. La ligne se composait de deux fils télégraphiques ordinaires.

Le 23 septembre 1882, le hardi transport de force que nous venons de décrire succinctement marcha pour la première fois avec un succès complet. Il resta du reste le clou de l'Exposition, si nous pouvons emprunter cette expression au langage théâtral.

Rentré à Paris, M. Marcel Deprez, poursuivant ses recherches avec une infatigable persévérance, fit construire une machine dynamo-électrique puissante, celle qui, actuellement, sert de génératrice à la station de Vizille-gare, et modifia une machine Gramme D pour l'employer comme réceptrice.

La Compagnie du chemin de fer du Nord, ayant mis gracieusement à sa disposition un ligne de fil télégraphique, M. Deprez exécuta une nouvelle expérience de transport de force à grande distance, le 4 mars 1883. L'Académie des Sciences nomma une Commission pour prendre les mesures dynamométriques et électriques. Cette Commission se composait de MM. Bertrand, Tresca, de Lesseps, de Freycinet et Cornu, rapporteur. Nous n'entrerons pas dans le détail de cette Commission. Nous rappellerons seulement les conclusions de son rapport :

« En conséquence, elle propose à l'Académie de féliciter M. Marcel Deprez des progrès importants qu'il a accomplis dans la solution du problème si intéressant du transport électrique de l'énergie, et de l'encourager à poursuivre ses travaux, en continuant à mettre, comme il l'a fait jusqu'ici, les ressources d'un esprit ingénieux au service des principes les mieux établis de la science électrique ».

Les conclusions de ce rapport, mises aux voix, furent acceptées à l'unanimité.

Jules SARCIA.

EXPÉRIENCES DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION DE FORCE (Système Marcel Deprez).

De Vizille-Gare à Grenoble (14 kilomètres).

Les expériences de transport de force, exécutées par M. Marcel Deprez aux ateliers du chemin de fer du Nord, ont eu un retentissement très grand dans le monde entier. La municipalité de Grenoble s'était préoccupée, à juste titre, d'une question aussi capitale, pour le développement de la richesse, nationale surtout dans le département de l'Isère, où les chutes d'eau utilisées sont si nombreuses et si importantes, et M. Rey, maire de la ville, pria M. le docteur Bordier de suivre de près les expériences et de lui adresser un rapport sur les résultats obtenus. Tout le monde à Grenoble a lu ce rapport où M. le docteur Bordier a prêté, d'une façon si heureuse, ce qui devait se réaliser plus tard ici. Quelque temps après, dans un voyage qu'il fit à Paris, M. Rey rendit visite à M. Marcel Deprez.

Entre l'illustre savant et l'éminent administrateur, l'accord fut bientôt fait : « Montrons au public grenoblois, notre juge en dernier ressort, ce que vous pouvez faire, en transportant la force à grande distance et en la distribuant à son arrivée : dans le cas d'un succès, il en résultera, j'en suis sûr, une solution avantageuse et pour vous et pour lui ». Tel fut le langage de M. Rey, et M. Marcel Deprez accepta de répéter à Grenoble les expériences des ateliers du chemin de fer du Nord. Avant de partir, il répara quelques défauts qui existaient aux machines électriques, surtout à la machine réceptrice. On verra plus loin ce qui en résulta. Les détails de l'installation sont connus de tous, et nous ne perdrons pas la place qui nous est parcimonieusement réservée dans ce journal de faible format à les décrire un à un. Qu'il nous suffise de rappeler en quelques mots que la machine génératrice a été installée à l'usine Damaye et C^{ie}, à Vizille-gare, que la ligne télégraphique qui sert au transport de la force a été posée par les soins de l'Administration des lignes télégraphiques, et qu'elle se compose de deux fils en bronze sillicieux de 2 millimètres de diamètre, gracieusement prêtés à la ville de Grenoble par M. Lazare Weiller, fabricant à Angoulême ; enfin, que la Halle a été le centre de réception choisi à Grenoble.

Un troisième fil, en fil de fer télégraphique ordinaire, a servi à réunir les deux postes, et leur a permis de communiquer entre eux tout le temps des expériences au moyen du téléphone.

Investi de la confiance de M. Marcel Deprez, j'ai été chargé par lui de tous les détails pratiques de l'installation. Mon ami Frank Géraldy, venu à Grenoble pour y faire deux conférences, tout le monde sait avec quel succès, s'est adjoint à moi pour la préparation des expériences et tous les deux, nous avons fait pour le mieux. Ajoutons, du reste, avec plaisir que nous avons eu, de la part de l'ouvrier électricien Heinrich, que nous connaissons depuis longtemps, et qui avait déjà aidé à l'expérience de Miesbach-Munich, le concours le plus dévoué et le plus absolu.

La décoration de la Halle et l'installation des machines-outils, nécessaires pour montrer la distribution de la force, a été faite avec la collaboration de M. Thiervoz, directeur du service de la ville, et de son second, M. le Conducteur des Ponts et Chaussées, Barnier.

Dans la Halle, la machine réceptrice, placée au centre, actionne d'une part une pompe rotative ; d'autre part, un renvoi qui met en marche deux nouvelles machines électriques, dites machines à distribution. La pompe sert à élever de l'eau qui retombe dans des roches, formant une cascade artificielle du plus heureux effet.

Les machines de distribution, au moyen d'une conduite générale, portent l'électricité à différents récepteurs qui mettent en marche un tour, une scie à ruban, la presse à imprimer sur laquelle est tiré ce journal, et deux machines à coudre. Enfin, dans cette même conduite générale, est placée une lampe à incandescence, gracieusement prêtée par M. Cerutti, opticien de la ville.

Tous les appareils, quoique branchés sur la même conduite électrique, sont indépendants les uns des autres au point de vue de la marche.

Pour contrôler les résultats obtenus, M. le maire de Grenoble a nommé une Commission ainsi composée :

MM. le capitaine du génie Boulanger, président ; Kuss, ingénieur des mines, Jordan, ingénieur-mécanicien, Rivoire, ingénieur des Ponts et Chaussées, Merceron, ingénieur des Ponts et Chaussées, Pérémé, ingénieur-inspecteur des lignes télégraphiques ; Labatut, préparateur à la Faculté des Sciences ; Peyrard et Charlon, ingé-

nieurs civils et Perrin, directeur de l'Ecole Professionnelle, ont été adjoints à la Commission pour l'aider à prendre ses mesures.

Les résultats obtenus devant elle marquent un grand pas fait en avant dans le difficile problème du transport de la force à grande distance, et ils ont dépassé de beaucoup ceux que M. Marcel Deprez avait annoncés. A un moment donné, on a reçu jusqu'à 7 chevaux à Grenoble, avec un rendement supérieur à 60 %. Ce résultat est unique au monde.

Notre journal aura une durée éphémère, mais il présente cette étonnante originalité d'être tiré sur une presse à imprimer qui prend sa force à 14 kilomètres de la ville, et la reçoit au moyen de deux fils qui ont 2 millimètres de diamètre. Ceux qui, trop peu avancés dans l'étude des sciences, ne peuvent pas se rendre compte des merveilles découvertes de M. Marcel Deprez, seraient au moins frappés de ce fait et admireront le grand savant qui l'a réalisé.

Pour qu'il reste un souvenir de tous ceux qui, de près ou de loin, ont touché à cette magnifique expérience, nous donnons la composition du Conseil municipal de la ville de Grenoble, au moment où nous écrivons :

MM. Rey Edouard, maire ; Eymard, premier adjoint ; Durand-Savoyat, deuxième adjoint ; Germain, troisième adjoint ; Dantart, Bergès, Bernard, Bertrand, Calvat Ernest, Cavalis, Cauley, Charlon, Collet, Durand Léon, Gauthier Abel, Giraud, Guignonnet, Jay, Marquian, Pellet, Poulat, Porteret, Refait, Tarillon, Testoud, Laurat, Robert, conseillers.

En terminant, qu'il me soit permis de dire un mot de la presse grenobloise : MM. Maisonville, rédacteur en chef de l'*Impartial des Alpes*, Mascet, rédacteur en chef du *Réveil du Dauphiné*, Claude, rédacteur en chef du *Républicain de l'Isère*, Roux, correspondant du *Lyon Républicain*, Gaillard, de l'*Impartial des Alpes*, Dumas, du *Réveil du Dauphiné*, ont laissé de côté toute question de clocher, et nous ont été de précieux intermédiaires auprès du public. Qu'ils en acceptent ici tous nos remerciements. Jules SARCIA.

L'AVENIR

L'avenir n'est à personne, et il n'est pas possible, au début d'une application aussi importante, d'en définir d'avance les résultats, mais il est très permis, d'après la rapidité de sa marche passée, la sûreté des résultats acquis, d'en prévoir au moins le développement prochain.

Le transport de la force n'a que quelques années d'existence. Au Congrès d'électricité en 1881, des contradictions, des doutes entourèrent l'exposé des doctrines de M. Marcel Deprez, alors appuyées seulement sur des essais de laboratoire. Deux années ne sont pas écoulées, voici les machines en marche et l'application pratique réalisée.

Les conséquences de cette découverte sont connues de tous. L'accroissement immense de richesses qui résultera de la récolte et de l'apport dans les villes d'une quantité illimitée de forces jusqu'ici perdues, est un fait évident ; les heureuses modifications sociales, l'agrandissement de l'initiative individuelle qui sortiront de la distribution de la force ont été souvent signalés. Spécialement à Grenoble, dans ce pays de forces naturelles, d'industrie active et d'intelligence pratique, il est superflu d'insister sur ces choses.

Ce qu'il faut dire, c'est qu'il n'y a plus d'incertitudes à conserver sur cet avenir. Si, après les expériences de laboratoire, même après les expériences contrôlées par de si hautes autorités, faites au chemin de fer du Nord, si, disons-nous, après ces faits un murmure de contradictions pouvait encore s'élever, il n'en est plus de même aujourd'hui ; l'application de Grenoble a été pratique à tous les points de vue : chutes d'eau, ligne télégraphique, valeur de la force reçue ; elle a été contrôlée sur tous les points ; elle aura duré un mois avec des marches journalières ; le doute doit cesser, l'avenir est immense et il est assuré.

Frank GÉRALDY, Jules SARCIA.

L'Enseignement Technique à l'Exposition de Grenoble

Les expositions des diverses classes de l'Enseignement Technique, à Grenoble, occupent, avec la librairie technique, la totalité du développement des galeries du premier étage du grand Palais de la Houille blanche.

La classe 15 « *Grandes Ecoles de l'Etat* », parmi lesquelles nous regrettons malheureusement la non-participation de l'Ecole Polytechnique, comporte les expositions de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures (photographies de laboratoires), celle de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (programme de cours et gravures anciennes représentant les célébrités ayant appartenu au corps des ingénieurs des Ponts et Chaussées), et encore celle de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines (photographies de laboratoires, cours d'électrotechnique et ouvrage sur les manipulations). Bien plus largement représentés sont le Conservatoire National des Arts et Métiers et l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes.

Le premier établissement offre un certain nombre d'appareils de démonstration, suivant les conceptions matérielles chères aux professeurs anglais (appareils mettant en évidence l'influence des champs alternatifs polyphasés sur des masses métalliques non magnétiques (moteurs asynchrones) et sur une aiguille aimantée (moteurs synchrones) ; à citer également un transformateur (lampe à trois électrodes pour très haute fréquence, 300.000 périodes par seconde) ; un électroaimant excité par une simple pile de lampe de poche, des appareils de démonstration, ampèremètre et électrodynamomètre ; enfin, de belles photographies et de suggestives solutions graphiques de problèmes d'électrotechnique élémentaire.

L'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes expose différents modèles d'appareils téléphoniques, entre autres la boîte à cigares dont le précurseur français, Boursault, avait fait, dès 1854, un appareil téléphonique. En outre de publications sur des essais de téléphonométrie, à signaler une très curieuse maquette de lignes télégraphiques et téléphoniques, due à M. Pierrer, fonctionnaire de l'Administration.

La classe 16 « *Instituts techniques d'Enseignement supérieur, Ecoles supérieures diverses* », est, dans son ensemble, beaucoup plus intéressante.

L'Ecole Supérieure d'Electricité de Paris expose des graphiques fort importants relatifs à ses mouvements d'élèves, puis les éléments constitutifs d'une ligne artificielle représentant un transport d'énergie à très haute tension et à très grande distance. L'installation comporte, en plus de la ligne proprement dite, une station génératrice, des appareils récepteurs et un dispositif approprié pour les mesures. La station génératrice qui comprend essentiellement un alternateur diphasé, permet d'alimenter la ligne à tension constante, mais à phase variable. La ligne est, du reste, établie d'une longueur équivalente à peu près égale à un quart d'onde. Ces machines spéciales, étudiées par les ateliers de « Lyon-Dauphiné », à Lyon, sont particulièrement intéressantes et méritent un examen approfondi. Regrettons cependant que l'installation n'ait pu être mise en marche effective.

L'Institut Electrotechnique de Nancy montre d'intéressants graphiques et de beaux laboratoires de recherches et d'enseignement, notamment son laboratoire de recherches hydrauliques, fondé en 1922. La station de jaugeage par moulinets hydrométriques est particulièrement séduisante. En outre, les traditionnels projets d'élèves et comptes rendus d'essais.

L'Institut Electromécanique de Lille, tout récent, destiné à remplacer, incomplètement du reste, l'ancien Institut Electrotechnique détruit par un incendie durant la guerre, n'expose que des cours, du reste fort remarquables, de ses divers professeurs.

L'Office National des Recherches scientifiques et industrielles et des inventions, montre l'appareil du docteur Panis pour la respiration artificielle, appareil éminemment utile et humanitaire.

L'Institut Technique de Normandie (Caen) et l'Institut Polytechnique de l'Ouest (Nantes), offrent aux visiteurs des séries de travaux et de graphiques intéressants, mais un peu maigres. Citons encore l'Institut Electrotechnique de Toulouse, dont la réputation, notamment au point de vue hydraulique, où son directeur est passé maître, n'est plus à faire (station de tarage des moulinets hydrométriques et laboratoire d'hydraulique de Banlève) ; une très artistique affiche illustrée complète cette exposition.