

est considérable par rapport à l'effort retardateur provenant des résistances passives, les seules en jeu.

Il en résulte en pratique une très grande stabilité.

Ce redresseur est appelé aussi *régulateur*, parce qu'il permet, non seulement de transformer du courant alternatif en courant continu, mais aussi de régler à volonté la tension de ce courant continu tout en laissant constante la tension du courant alternatif reçu. Ce réglage se fait depuis zéro jusqu'au voltage maximum, sans perte d'énergie, par simple modification du calage des frotteurs servant à recueillir le courant continu sur la partie tournante de l'appareil.

Un appareil d'essai d'une puissance effective de 500 kilowatts a été construit, à la fin de l'année 1904, pour le compte de la Compagnie P.-L.-M., dans les ateliers Schneider et C<sup>ie</sup>, à Champagne-sur-Seine, et a pu être soumis à une première série d'expériences et de mesures, en mai et avril 1905, dans la station centrale du Chemin de fer Métropolitain à Bercy, où le courant alternatif dont nous avons besoin a été mis à notre disposition.

Ces premiers essais, dont les résultats ont été exposés en détail dans la *Revue Générale des Chemins de fer et Tramways* (n° d'octobre 1905), ont permis de constater que le redressement et le réglage du courant se faisaient dans d'excellentes conditions et que la stabilité de l'appareil était parfaite.

La commutation était très satisfaisante et le rendement total, constaté par des mesures précises faites avec des appareils enregistreurs, dépassait, *toutes pertes comprises*, 88 % pour un débit de 400 kw., 86 % pour un débit de 200 kw., et 79 % pour un débit de 100 kw.

Le rendement était d'ailleurs à peu près indépendant de la tension du courant continu fourni par l'appareil, ce qui montre que le réglage de la tension se faisait sans perte sensible d'énergie.

Une deuxième série d'essais vient d'être faite récemment avec le redresseur-régulateur par la Société d'Electricité Alioth, dans ses ateliers de Münchenstein, près Bâle, en vue de compléter les essais que nous avons faits à Paris en 1905 et d'élucider certains points spéciaux qui avaient été primitivement laissés de côté.

On a vérifié ainsi qu'on pouvait sans aucune difficulté alimenter avec du courant redressé des moteurs à excitation séparée, et qu'on pouvait aussi, à l'aide du redresseur-régulateur, transformer du courant continu à tension variable en courant alternatif à tension constante.

Il résulte de ce qui précède que, grâce à l'emploi des redresseurs-régulateurs, on pourra facilement construire des locomotives électriques dans lesquelles la dépense d'énergie électrique sera exactement proportionnée à la production du travail mécanique au moment des démarrages, et pendant la marche normale, et qui jouiront aussi de la propriété précieuse de restituer au réseau, sous forme de courant alternatif, l'énergie disponible correspondant à la diminution de force vive lors des ralentissements, ou au travail de la gravité pendant la descente des pentes.

En raison de l'extrême modérabilité des redresseurs-régulateurs, on pourra régler la vitesse sur les pentes et ralentir les trains presque jusqu'à l'arrêt complet, sans faire usage des freins mécaniques.

En résumé, en combinant les propriétés du courant continu avec celles du courant alternatif, il est aujourd'hui possible de construire des locomotives électriques d'une puissance considérable, plus grande que celle des plus fortes locomotives à vapeur; avec ces nouvelles locomotives, le coût de la traction électrique ne serait, dans beaucoup de cas, pas plus élevé que le coût de la traction à vapeur sur les profils faciles, et sur les profils accidentés, grâce à la récupération, il deviendrait très nettement inférieur.

## TRACTION ÉLECTRIQUE DES BATEAUX

Rapport de M. LÉON GÉRARD  
ingénieur, ancien président de la Société Belge des Electriciens.

### HISTORIQUE

L'évolution des moyens de transports est un des faits les plus saillants de l'histoire contemporaine.

Cette évolution s'est opérée d'une manière très curieuse, car elle a tour à tour fait abandonner et reprendre les divers modes usuels pour les perfectionner ensuite et les développer.

Dans les pays les plus industriels, la locomotive, aussitôt après son adoption, a fait complètement abandonner la route de terre, et le désir de limiter la concurrence des moyens de transport a poussé les puissantes compagnies de railways à accaparer les canaux pour les réduire à l'impuissance; c'est l'histoire des canaux houilliers alimentant les ports anglais au début du XIX<sup>e</sup> siècle.

La France a eu l'heureuse fortune de n'avoir jamais abandonné ses admirables routes. Elle en est récompensée par l'essor si remarquable de sa grande industrie nationale de l'automobile.

Par un singulier retour des lois du progrès, toutes les perfections de la mécanique s'appliquent en ce moment à remettre en pleine activité le transport rapide sur route et bientôt sans doute le transport lourd.

Cette évolution récente est d'autant plus remarquable que l'on considérerait, il n'y a pas vingt ans, le transport sur route comme ne présentant qu'un mode arriéré de locomotion destiné à tomber en complète désuétude.

Le même phénomène s'est produit en matière de navigation intérieure. Là, encore, la France jouit à l'heure actuelle du remarquable avantage d'avoir sans cesse entretenu et perfectionné ses voies navigables, et, après une période d'erreur économique qui avait presque livré l'exploitation de ces voies à leur victorieux concurrent, le chemin de fer, on vit successivement se produire l'abolition des péages, la régularisation des grandes rivières, l'approfondissement et la systématisation d'un admirable réseau de canaux dont la législature a décidé, il y a quelques années, l'extension d'après un plan grandiose.

### IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

En 1905, le trafic des quelques rivières canalisées françaises atteignait plus de 600 millions de tonnes kilométriques et 1 470 kilomètres de canaux proprement dits assuraient à eux seuls un trafic de 2 milliards de tonnes kilométriques. Ces chiffres sont relatifs à une petite partie seulement du réseau des canaux français, dont l'utilisation économique généralisée dépendra de divers facteurs, parmi lesquels le prix du halage et la vitesse sont des éléments essentiels. La France possédait, en 1904, 8 325 kilomètres de rivières, canalisées en 4 930 kilomètres de canaux.

Afin de se faire une idée comparative de l'importance économique des transports par eau, le fret moyen par eau pour les marchandises pondéreuses est, en France, le quart du prix du transport par rail.

En Allemagne, ce chiffre est du sixième. En Angleterre le transport par eau est dix fois moins cher et il est, en Belgique et en Amérique, six fois moins coûteux que le transport par rail.

L'ensemble du trafic par eau en France, que l'on peut estimer grossièrement à plus de 4 milliards de tonnes kilométriques, économise annuellement à l'industrie française plus de 96 millions de francs sur les dépenses de transport.

Les raisons techniques de cette formidable supériorité économique des transports par eau résultent de la réduction des efforts de traction, de la grandeur des unités de transport. L'unité moyenne est en France de 350 tonnes, et ce chiffre tend à grandir, et la barque type de navigation intérieure atteindra probablement 600 tonnes.

Les conséquences de la réduction des frais de transport sont considérables, je n'ai pas à en développer bien longuement les résultantes économiques. Les progrès si rapides et si décisifs de la grande industrie métallurgique américaine, et spécialement celle des centres de l'Ouest, sont dus à la création des grandes unités de transport à bon marché sur rail et de ces formidables unités de transport par eau qui sillonnent les lacs du Nord. Ces outils, qui permettent le transport des coques et des minerais sur de très longues distances, à des prix dérisoires, comparés à nos prix, sont la force industrielle de l'Amérique.

D'autres pays que la France et l'Amérique peuvent songer aussi à utiliser de très longs parcours pour de fortes charges transportées par unités de transports importantes. Je n'insisterai pas sur l'importance des réseaux hollandais et belges (ce dernier, avec 1 620 kilomètres, a un trafic de près de 1 milliard de tonnes kilométriques) parce qu'ils ne comportent que des trajets assez courts, mais je signale l'immense réseau des voies navigables de la Russie, dont M. le professeur Merczyng a tracé un tableau si intéressant au dernier Congrès international de Navigation en 1905 (\*).

Parmi ces voies, une série d'entre elles, allant de la Caspienne à la Baltique, a 4 000 kilomètres de développement et forme une artère essentielle du trafic continental.

Le trajet d'Astrakan à St-Petersbourg comportait en 1904, à lui seul, 5 millions de tonnes, formant près de 10 milliards de tonnes kilométriques.

Le réseau des canaux intérieurs, connu sous le nom de système Marie, comprend 1 100 kilomètres de voies, avec un mouvement de 4 millions de tonnes. Ce réseau est en voie d'extension et de réfection.

L'Allemagne, après avoir admirablement systématisé le cours de ses grands fleuves, dont elle fait des voies de transport à service intensif (le mouvement du Rhin atteint à lui seul 5 milliards 300 millions de tonnes kilométriques), poursuit avec tenacité l'exécution du canal du Rhin-Elbe-Oder, quoiqu'elle dispose déjà, en plus de son important réseau fluvial, de 400 kilomètres de grands canaux ayant plus de 1 1/2 millions de tonnes trafic, et que son réseau canalisé soit de 2 530 kilomètres.

L'Angleterre a laissé ensabler et tomber en désuétude plus de 5 500 kilomètres de canaux dont les proportions et le tirant d'eau ne sont plus appropriés aux exigences du trafic moderne.

L'opinion publique, les économistes, l'élite scientifique et technique, ont porté récemment leur attention sur cet état de choses, et sans doute l'esprit pratique et énergique des Anglais trouvera une solution à ces difficultés précisément dans l'adoption des moyens mécaniques et de la traction électrique.

Le grand développement du trafic des voies navigables continentales est dû surtout à la dimension des unités de transport sur les rivières canalisées.

La généralisation des moyens mécaniques, la substitution au halage animal de procédés mécaniques, la substitution de tarifs réguliers aux marchandages des frets, l'organisation des transports à heure fixe et leur systématisation sont autant de mesures qui abaisseront encore le prix des transports par eau et assureront avec une plus grande régularité un effet utile plus considérable du réseau exploité.

Si l'on songe qu'une réduction de chaque millimètre de fret pour chaque milliard de tonnes kilométriques portées par voie de canaux représente un bénéfice d'un million de francs ; si l'on considère que les canaux ne transportent pas actuellement la dixième partie du tonnage qui représenterait leur capacité réelle, on peut mesurer l'importance économique

considérable du problème de la traction mécanique des bateaux au point de vue social.

#### PROCÉDÉS DE HALAGE ET DE TOUAGE

Les procédés mécaniques du transport sur canaux sont des procédés de remorquage par hélice, de touage par câble mobile ou par câble ou chaîne immergés, ou de halage par tracteur circulant sur la berge.

Disons brièvement que les ingénieurs français ont joué un rôle prépondérant dans ces recherches, avec les Américains et les Belges.

Rappelons brièvement les noms de Levy, de De Mas, de La Rivière, Bourguin, Galliot, de Bovet, Lombard-Gérin, qui, avec tant d'autres Français, ont étudié pratiquement ces questions. Rappelons que c'est un ingénieur belge, Bouquié, qui a réalisé le premier touage à vapeur sur chaîne immergée, et que les Américains ont été les pionniers de l'emploi de l'électricité à la propulsion des bateaux, pour passer à l'examen de l'état actuel des recherches relatives à la traction des bateaux par les procédés électriques.

#### SUPÉRIORITÉ DES PROCÉDÉS ÉLECTRIQUES

Les procédés de halage et de touage électriques tirent leur supériorité des mêmes causes qui ont déterminé l'emploi de l'électricité dans les autres domaines de la traction.

Le haut rendement des petites unités électriques, la divisibilité de la puissance, la légèreté des moteurs, la simplicité de leur maniement, la rapide accélération des mobiles, la facile distribution à distance d'une puissance d'autant plus économique que sa production est plus centralisée sont autant de facteurs généraux de cette supériorité.

Parmi les avantages spéciaux aux procédés électriques au point de vue de la navigation intérieure, on doit ranger en première ligne l'absence des remous qui rendent l'emploi des remorqueurs à hélice très onéreux par la destruction des berges, la facilité du démarrage progressif, le petit encombrement des appareils et leur docilité, leur haut rendement mécanique, l'absence de consommation au repos, la rapide motion des appareils à vide, la faible main-d'œuvre exigée pour leur maniement, la possibilité propre à certains systèmes de s'appliquer à la voie sans modifier les ouvrages d'art existants.

L'électricité permet le rapide maniement des écluses et des ponts tournants, l'alimentation artificielle des biefs et l'éclairage de la voie.

Les principaux procédés de traction électrique sont :

Le halage sur berge sans rails (type Galliot).

Le halage sur berge à crémaillère (type Siemens).

Le halage sur berge sur voie bi-rail lisse (types de Gérard, Chanay et Siemens).

Le halage sur berge sur voie monorail lisse à adhérence proportionnelle (système américain type Wood-Gérard).

Le touage électrique ou mécanique sur chaîne à adhérence magnétique (système de Bovet).

Le touage électrique sur câble.

#### TRACTION SUR BERGES SANS RAILS

Après une longue expérience, fournie par l'exploitation des canaux français et belges, on peut considérer la traction sur berge sans rails comme un système condamné par l'expérience, encore que son application puisse être fort utile pour des services temporaires ou spéciaux.

Le côté séduisant du système, qui est de n'exiger aucune installation de voie, est compensé par la nécessité de disposer d'une chaussée fortement empierrée dont le coût est considérable et dont l'entretien a atteint en France annuellement 875 fr. par kilomètre (\*) et 1 900 fr. en Belgique.

(\*) Association Internationale permanente des Congrès de navigation. X<sup>e</sup> Congrès. Milan 1905, Etude économique sur la traction mécanique des bateaux par H. Merczyng, ingénieur des voies de communication, professeur à l'Institut Impérial.

(\*) Association internationale permanente des congrès de navigation. 10<sup>e</sup> Congrès. Milan. Etude économique et technique de la traction méca-

D'autre part, l'élévation du prix d'entretien du matériel cahoté dans les ornières de la route, et le rendement faible des appareils ont prouvé, après l'expérience française et belge, l'économie à résulter de l'emploi du rail.

#### TRACTION SUR RAIL A CRÉMAILLÈRE

La maison Siemens, de Berlin, établit un système de ce genre, basant l'adhérence du tracteur d'abord sur la crémaillère (Canal de Finow), puis sur l'emploi d'un rail guide, la roue motrice trouvant son adhérence sur le gravier de la route empierrée. Ces deux systèmes présentaient des défauts de prix et des difficultés tels que leurs applications furent des plus réduites et que ses inventeurs, après la publication au Congrès de Dusseldorf (1902), des travaux belges et français sur l'emploi des rails lisses, et la détermination des efforts de démarrage et de traction des bateaux (travaux de M. Mollard, ingénieur à Paris et rapport cité plus haut \*), appliquèrent sur deux kilomètres, au canal Teltow, en 1905, les systèmes expérimentés presque en même temps en 1902 et aussitôt appliqués au canal d'Aire et de la Deule, en France, et au canal de Charleroi, en Belgique, c'est-à-dire le système à voie bi-rail lisse en abandonnant complètement la voie à crémaillère.

#### TRACTION SUR VOIE BI-RAIL LISSE

Jusqu'en 1901, l'on admettait, au point de vue scientifique, que les efforts de démarrage d'un bateau en écluse, ou en profil de section réduite en canal, étaient de si grande valeur qu'aucun engin à adhérence simple n'était capable d'entraîner un bateau.

L'étude analytique et expérimentale du phénomène de démarrage me convainquit de la possibilité de résoudre la question, sans exagération du poids du véhicule, par un réglage approprié des résistances du moteur dont la courbe d'accélération devait présenter un caractère en rapport avec le rapport des profils mouillés et du poids du bateau.

L'expérience conduisait, à peu de temps de là, les ingénieurs français Mollard et Chanay à réaliser le démarrage sur rails lisses à l'aide d'une locomotive minière symétrique lestée d'une charge de fonte brute.

Dès lors, la supériorité de la traction sur rails lisses, non pas au point de vue du coût du premier établissement, mais au point de vue du prix d'exploitation (consommation de courant, entretien de la voie, du matériel et amortissement) fut reconnue.

C'est sur la base de ce système, réalisé en principe dès 1902, que les 83 kilomètres formant le réseau des canaux d'Aire, de la Deule et de la Scarpe en France furent projetés, et que la traction sur rail lisse s'étendit progressivement sur les 53 kilomètres déjà concédés depuis 1889.

En Belgique, l'absence de disposition légale sur la concession à longs termes des chemins formant les berges, pour permettre la construction des voies permanentes métalliques, et l'impossibilité pour les exploitants d'avoir cependant un temps de concession suffisant pour permettre l'amortissement du capital investi dans les voies, fit ajourner de manière indéterminée l'établissement du système. Cette détermination était d'autant plus nécessaire que le canal de Charleroi étant en voie d'élargissement, ses berges devaient subir pendant quelques années de nombreuses modifications.

En Allemagne, le concours établi en 1903 par l'Etat prussien pour l'électrification du canal de Teltow avait primé le système Siemens de Finow, lequel ne fut cependant pas appliqué.

nique des bateaux sur les fleuves, canaux et lacs. Rapport de M. M.-G. La Rivière, ingénieur des ponts et chaussées, à Lille.

(\*) 9<sup>e</sup> Congrès international de navigation. Dusseldorf 1902. Traction électrique des bateaux. Détermination des efforts de démarrage et de traction, par Léon Gérard, ingénieur, président de la Société Belge des Electriciens.

Les études de la direction du canal de Teltow conduisirent au choix, pour une partie du canal, d'un système de bateau remorqueur à hélice actionné soit par accumulateurs, soit par trolley, avec trolley auto-moteur Lombard-Gérin. Le rendement d'une hélice de touage dont le glissement est considérable, combiné avec le rendement des accumulateurs ne devait pas amener à des résultats fort économiques, et l'adoption de ce système ne devait évidemment avoir qu'un pur intérêt de recherche.

D'autre part, pour deux ou trois kilomètres de traction sur berge, on adopta un système de locomotive dyssymétrique à six roues, comprenant quatre moteurs, dont deux pour actionner les roues, l'un pour relever et abaisser un martereau de halage, et le quatrième pour actionner le treuil d'enroulement emprunté au tracteur belge du type de 1899. Ce système ne se distingue guère du système de locomotive française que par la complication de ses organes, et le grand encombrement du système qui représente une compilation fort heureuse des procédés employés jusque-là en Europe.

L'encombrement de l'appareil inauguré avec quelque solennité au canal de Teltow, en 1906, est de  $6,80^m \times 1,80^m \times 2,80^m$ , le poids de la locomotive est d'environ 11 tonnes. Son rendement moyen au crochet est en moyenne 65 % avec une puissance normale de 16 HP. Le service projeté pour la traction du canal Teltow devra porter sur 37 kilomètres.

La locomotive française de halage, employée au canal du Nord depuis 1903, pour un réseau de 83 kilomètres, dont 58 sont actuellement en exploitation, a  $4,80^m \times 1,60^m \times 2,50^m$  et pèse seulement 8 tonnes; son rendement moyen est de 67 1/2 % avec une puissance maxima de 40 chevaux pour une puissance normale de 20 HP.

A la différence de la locomotive allemande, dont six dixièmes seulement du poids mort est adhérent, et dont la dyssymétrie ne permet que le halage dans un sens, la locomotive française est symétrique, à adhérence à poids total, et fonctionne dans les deux sens avec facilité. Ce fait permet le service à une voie pour les canaux d'importance moyenne.

Tandis que les expériences allemandes et les exploitations françaises se poursuivaient sur la base du système bi rail, réalisé d'abord en Belgique, les Américains réussissaient à mettre en usage, en matière de halage électrique, le système monorail déjà inutilement tenté en Europe par Rudolph et Feldmann.

Les premiers appareils de Wood, expérimentés en 1903 sur le canal Erié, se réduisaient aux moteurs, avec leurs engrenages circulant sur des poutres à double té, lesquelles étaient pincées verticalement par des galets à ressort. L'exagération des vitesses pratiquées (9 à 10 kilomètres à l'heure), la grandeur des unités remorquées, empêchèrent de tirer de ce système tous les avantages résultant de son haut rendement, de sa compacité et de l'absence de tout poids mort.

Dès 1905, les recherches simultanées de Mr St John Clarke, ingénieur en chef du Métropolitain de New-York, de Mr Francis Blackwell, et de moi-même, conduisirent à la réalisation d'un type d'appareil monorail caractérisé par les deux faits que l'adhérence d'un appareil de moins de 3 tonnes permettait de développer des efforts au crochet de 4 000 kilogrammes, et que le rendement moyen de l'appareil était de 80 % pour une puissance normale de 45 HP. L'encombrement de l'appareil est de  $1,65 \times 0,75 \times 1,65$ .

La voie consiste en une simple poutrelle double té du commerce, pesant 37 kilogrammes par mètre.

Le même appareil réduit, dans le but d'application à la plupart des canaux de dimensions moyennes en Europe, a 14 chevaux et mesure  $1,40 \times 0,45 \times 1,25$ . La poutre servant de voie est réduite à un double té de 175 millimètres pesant 21 kilogrammes par mètre.

En comparant le système américain, à adhérence propor-

tionnelle, au système européen, le poids mort des appareils atteint seulement le quart des appareils à adhérence simple et le rendement net est de 15 % supérieur.

Du fait de ses faibles dimensions, l'appareil est le seul pouvant donner en tunnel un appareil de grande puissance, n'encombrant pas le débouché par ses voies et son gabarit propre. En canal courant, nulle occupation du chemin de halage qui reste libre; sous les ouvrages d'art, nulle nécessité d'augmentation de portée; sur les quais, la voie s'applique comme une simple main courante sur la paroi verticale des parapets, ou sur une voie surélevée au-dessus des bateaux en déchargement (\*).

#### TOUAGE ÉLECTRIQUE SUR CHAÎNE

Le touage électrique sur chaîne jouit des excellents caractères économiques du touage à vapeur sur chaîne. Ses applications sont limitées aux canaux à fort trafic et à longs biefs; et le prix élevé du premier établissement de la chaîne, l'usure de ses maillons sur les roues à empreintes, ont causé souvent des déceptions que l'application ultérieure de l'électricité n'est pas parvenue à réparer complètement. L'abandon des roues à empreintes et la substitution des poulies magnétiques de De Bovet atténuent le dernier de ces défauts autant pour les touages à vapeur que pour les touages sur chaînes.

#### TOUAGE ÉLECTRIQUE SUR CÂBLE

Pour les petits canaux à faible trafic, et là où la présence de bateaux toueurs ne constitue pas une gêne de service, le système du touage sur câble peut produire d'excellents résultats, à condition de ne devoir exercer que de faibles efforts de traction dans des canaux à rayons suffisamment grands.

Dans ces appareils, l'adoption du principe d'adhérence employé en Amérique conduit aux mêmes résultats d'efficacité, de rendement et à la réduction dans une mesure considérable du capital de premier établissement à investir pour la voie.

Pour un tel système, la voie se réduit à un câble souple dont la valeur ne dépasse guère 1 500 francs par kilomètre. Il en résulte que la possibilité d'application de la traction électrique au halage est étendue, par le fait de l'emploi d'un tel système, à des canaux de petit trafic qu'il était impossible de considérer jusqu'à présent comme exploitable mécaniquement.

Une étude économique détaillée du problème de l'électrification des canaux, électrification dont les conséquences directes et indirectes sont considérables pour l'exploitation du canal lui-même, et pour la région industrielle desservie par ce canal, ne peut trouver place dans les limites de ce rapport déjà trop long.

#### CONCLUSIONS.

Il est utile de fixer en termes généraux que, dans l'état présent de la question, en usant de tarifs appropriés aux nécessités commerciales en France, le système allemand du canal de Teltow ne paraît guère applicable en raison de son prix, de sa complication et de son encombrement; que le halage sur rails doubles, tel qu'il est pratiqué dans le Nord, permet l'exploitation de canaux ayant plus de 2 000 000 de tonnes avec la certitude de rémunérer les capitaux engagés, et que ce système a donné des preuves pratiques d'application depuis cinq ans.

Que la traction sur monorail américain permet l'exploitation économique à tarif modéré de tout canal ayant environ

1 500 000 tonnes de trafic, et que la simplicité du système, et son petit encombrement, en font le système par excellence, adaptable en souterrain et sous les ouvrages d'art; enfin que le touage sur câble, basé sur les mêmes principes, mais réduit à des unités de petites forces, permet d'appliquer les avantages de la traction électrique à des canaux ayant au plus 400 000 tonnes de trafic (\*).

Ces données sont évidemment à corriger en fonction des tarifs et en fonction des conditions locales d'établissement et d'exploitation, mais il y a lieu de retenir ce fait que la technique des canaux dispose actuellement de moyens mécaniques permettant l'organisation systématique du halage, la substitution avantageuse de la machine à l'animal de trait, et que cet immense progrès a les conséquences industrielles les plus importantes au point de vue du grand problème économique des moyens de transport,

Les avantages économiques généraux à retirer de l'existence des lignes de distribution de force établies le long d'un canal, pour les populations, ne sont pas moindres :

La diminution des frets, l'augmentation du trafic du canal, la rapidité des échanges, favorisent le développement d'industries nouvelles le long de la voie navigable. Ces industries utilisent les lignes de force préexistantes, et par une répercussion économique bien connue, le prix de l'électricité sur de tels réseaux tend à diminuer par la meilleure utilisation des puissances installées.

L'importance économique de l'établissement du halage électrique est donc considérable, puisqu'il tend à faciliter l'établissement de centres de production électrique à bon marché, au bénéfice de la généralité.

### APPLICATION DES TURBINES A VAPEUR AUX STATIONS CENTRALES D'ÉLECTRICITÉ

Rapport de M. de MARCHENA  
ingénieur en chef de la Compagnie Thomson-Houston

L'application des turbines à vapeur à la commande directe des dynamos ne date vraiment que de quelques années; mais, dans ce très court laps de temps, elle a pris un développement extraordinaire qui constitue certainement le fait le plus saillant de l'industrie électrique durant cette période.

A l'heure actuelle, pour ne citer que les types les plus en vogue, il y a en exploitation, ou en cours de construction environ :

600 000 kilowatts en turbines Parsons;  
600 000 kilowatts en turbines Curtis;  
100 000 kilowatts en turbines Zoelly;

et cependant ces deux derniers types sont relativement récents, puisqu'elles n'ont paru sur le marché: les turbines Curtis qu'en 1902, et les turbines Zoelly qu'en 1903.

Le mouvement en faveur des turbines à vapeur est si général, et leurs avantages sont si universellement reconnus, et hors de toute discussion, qu'à l'heure actuelle on ne concevrait plus guère de grande station génératrice constituée autrement qu'avec ces appareils.

La principale difficulté qu'a rencontrée, à ses débuts, la turbine à vapeur résidait dans les vitesses élevées de rotation auxquelles leur emploi conduisait. Cette difficulté a été résolue par l'emploi des expansions plus ou moins multipliées, permettant de réduire considérablement les vitesses d'écoulement de la vapeur, et par suite les vitesses périphériques qui leur sont étroitement liées.

Ces expansions sont surtout nombreuses dans les types de turbines plus anciens, tels que les turbines Parsons, dans lesquelles on est ainsi arrivé à réduire les vitesses

(\*) Association internationale permanente des congrès de navigation. 10<sup>e</sup> Congrès. Milan 1905. Étude économique et technique de la traction mécanique des bateaux sur les fleuves, canaux et lacs. Rapport de M. M. St-John Clarke, ingénieur conseil à New-York, et Léon Gérard, ingénieur, ancien président de la Société Belge des électriciens

(\*) Ces chiffres sont établis en admettant pour le kilowatt-heure le prix de 0 fr. 10.