

LA

TRACTION ÉLECTRIQUE

TRAMWAYS

LOCOMOTIVES ET MÉTROPOLITAINS ÉLECTRIQUES

TRACTION DANS LES MINES, SUR EAU ET SUR ROUTE

ÉTUDES ET PROJETS — MATÉRIEL

PRIX DE PREMIER ÉTABLISSEMENT

EXPLOITATION

PRIX DE REVIENT ET RENDEMENT FINANCIER

PAR

PAUL DUPUY

INGÉNIEUR DE LA SOCIÉTÉ DE TRACTION ÉLECTRIQUE



PARIS

LIBRAIRIE DE SCIENCES GÉNÉRALES

H. BÉCUS, DIRECTEUR

53, RUE MONSIEUR-LE-PRINCE, 53

—
1897

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDES ET PROJETS

CHAPITRE I

INTRODUCTION

	Pages
Considérations générales sur la traction mécanique et électrique. — Développement de la traction électrique dans les différents pays. — Voitures automobiles et voitures automotrices. — Classification des systèmes de traction électrique. — Principe du tramway électrique : tramways automobiles et tramways automoteurs.....	4

CHAPITRE II

ÉTUDE THÉORIQUE

<i>Étude des divers coefficients</i> : Définition de l'effort de traction et de la puissance de traction. — Formules se rapportant au calcul de l'effort de traction. — Cas pratique ; formules. — Influence des courbes ; exemples. — Formules pratiques. — Effort supplémentaire dû au démarrage : exemples. — Adhérence. — Coefficient de traction. — Calcul de l'effort de traction et de la puissance, dans le cas général d'un profil quelconque donné. — Effort moyen obtenu sur différentes lignes de tramways ; exemples pratiques. — Calcul de la puissance nécessaire à la station centrale pour une ligne d'un profil et d'un trafic donnés ; puissance des moteurs sur les voitures. — Variations de la puissance de traction avec la vitesse. — Énergie supplémentaire absorbée pour gravir les rampes et pour la mise en vitesse des voitures. — Economie possible d'énergie par la conduite rationnelle de la voiture. — Conditions de fonctionnement pratique de quelques lignes de tramways. — Renseignements nécessaires pour établir l'avant-projet et l'étude d'une ligne de tramways à traction électrique.....	10
---	----

DEUXIÈME PARTIE

STATION CENTRALE. — VOIE ET LIGNE DE TRAVAIL. —
MATERIEL ROULANT

CHAPITRE I

STATION CENTRALE GÉNÉRATRICE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Considérations sur les unités de machine à employer. — Charge variable des stations génératrices. — Dispositions générales à employer. — Machines à vapeur à grande et à petite vitesse. — Dynamos génératrices : couplage des machines compound. — Rendement. — Dépôt et remise des voitures ; dispositions générales. 42

CHAPITRE II

VOIE ET LIGNE DE TRAVAIL

A. — *Voie de roulement.* — Voie proprement dite. — Prix d'établissement. — Types de rails employés. — Conductance des rails ; son importance. — Liaison électrique des rails : Joint Chicago. — Résistance électrique des voies et des joints. — Pertes d'énergie aux joints des rails. — Vérification de la conductance des joints.. 65

CHAPITRE III

LIGNE AÉRIENNE OU FIL DE TRAVAIL

B. — *Ligne aérienne ou fil de travail.* — Description générale. — Alimentation du fil de travail par feeders, leur calcul : exemple. — Proportionnalité de la section des conducteurs aériens et des rails. — Fil de trolley ou fil de travail. — Résistance d'isolement du fil de travail. — Effets d'électrolyse. — Procédés proposés pour les éviter. — Étude de M. Potier. — Règlement du Board of Trade pour prévenir les effets d'électrolyse. — Perturbations diverses : sur les fils téléphoniques, sur les appareils de mesure. — Moyens employés pour annuler ces perturbations. — Réparations des dommages causés par les divers genres de perturbations..... 82

C. — *Ligne souterraine.* — Ligne souterraine à caniveau. — Considérations sur le petit et le grand caniveau : caniveau circulaire. — Ligne souterraine à caniveau ; système Siemens et Halske. — Système Holroyd Smith. — Systèmes divers. — Grand caniveau circulaire. — Coût de premier établissement du caniveau souterrain et de son équipement électrique..... 134

D. — <i>Ligne sectionnée, alimentée par distributeurs.</i> — Avantages et raisons de ce système. — Tramways électriques à système électromagnétique Westinghouse. — Système Diatto. — Système Vuilleumier, à distributeurs automatiques.....	150
--	-----

CHAPITRE IV

MATÉRIEL ROULANT

Définition. — Moteurs électriques : considérations générales. — Connexions des moteurs électriques : diagrammes schématiques. — Appareils de manœuvres contrôleurs. — Trucks : descriptions générales. — Divers types. — Trolley : différents systèmes de trolleys. — Trolley à navette, à roulettes. — Trolley à archet. — Trolley système Walker et autres. — Frein et freinage des voitures : considérations générales. — Frein électrique, frein à corde, à main. — Frein à air comprimé. — Appareils protecteurs contre les accidents des personnes : Fenders, divers types ; leur efficacité. — Éclairage des voitures. — Chauffage des voitures : chauffage électrique et autres systèmes. — Entretien et conduite des voitures de tramways. — Entretien des moteurs électriques et des appareils de manœuvre. — Considération sur la conduite des tramways électriques. — Entretien de la voie : balayage, arrosage, enlèvement des neiges. — Application des courants alternatifs à la traction électrique.....	161
--	-----

CHAPITRE V

PRIX DE PREMIER ÉTABLISSEMENT DU MATÉRIEL EN GÉNÉRAL

Données se rapportant à la station centrale : terrain, bâtiment. — Matériel d'usine comprenant : chaudières, machines à vapeur, dynamos et accessoires. — Matériel roulant : voitures sans impériale et avec impériale. — Ligne : prix d'établissement au kilomètre avec des poteaux de différents genres. — Prix unitaires : fil de travail. — Alimentation du fil de travail ou feeder. — Circuit de retour. — Poteaux en bois et poteaux métalliques. — Prix d'établissement d'un kilomètre de ligne équipée avec le système électromagnétique. — Résumé concernant le prix moyen d'établissement d'un kilomètre de ligne. — Devis général pour un cas déterminé : prix par kilomètre. — Résumé statistique des dépenses et répartition des frais de premier établissement par kilomètre en Amérique. — Dépenses d'exploitation et revenus de ces mêmes lignes.....	237
--	-----

CHAPITRE VI

VOITURES AUTOMOTRICES : TRAMWAYS A ACCUMULATEURS

Traction électrique par voitures automotrices : tramways à accumulateurs. — Description succincte du système : batterie, commutateur-coupleur; durée des plaques. — Avantage de ce système. — Prix de premier établissement : prix par voitures en service. — Prix de revient de la voiture-kilomètre en France, en Belgique, en Amérique. — Récupération de l'énergie dans les pentes, avec les voitures à accumulateurs : étude théorique. — Dépense d'énergie avec une voiture sans récupération et une autre avec récupération. — Rendement pratique des voitures à accumulateurs avec récupération. — Système mixte : fil aérien combiné avec les accumulateurs; marche mixte avec dépôt de la batterie d'accumulateurs. — Avantages du système mixte. 253

TROISIÈME PARTIE

EXPLOITATION. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. —
PRIX DE REVIENT. — RENDEMENT FINANCIER

CHAPITRE I

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. — PRIX DE REVIENT

Frais d'exploitation à la station centrale : tableaux divers. — Feuille d'exploitation. — Énergie consommée par voiture-kilomètre. — Frais d'entretien de la caisse, du truck et du trolley. — Durée pratique des divers organes. — Frais de personnel ; prix unitaires. — Prix de revient; répartition détaillée des dépenses d'exploitation d'une entreprise de tramways électriques. — Considérations sur l'établissement du prix de revient de la voiture-kilomètre. — (A) Prix de revient de la voiture-kilomètre avec fil de travail aérien : prix en Amérique donnés par MM. Watson, Badger, Crossby et Bell. — Prix de la voiture-kilomètre des tramways de Washington, de Kansas City, de Pittsburg et de Rochester. — Frais d'exploitation des lignes de tramways électriques de l'État de Massachusetts et des lignes de la West End Railway Co, de Boston. — Prix donnés par la Général Electric Co, par la Edison Co. — Prix de revient détaillé de la voiture-kilomètre de la West End Street Railway Co. — Prix de la voiture-kilomètre à Cincinnati, à New-York ; comparaison avec celui obtenu à Vevey-Montreux, Clermont-Ferrand et Buda-Pesth. — Répartition des dépenses d'exploitation suivant les différents chapitres. — Prix de revient de la voiture-kilomètre dans les différents pays d'Europe : Alle-

magne : tramways de Hambourg, de Francfort à Offenbach, de Halle; Angleterre : tramways de Birmingham : de South-Straffordshire; France : tramways de Dijon; Oullins (Lyon), Le Havre; divers; Suisse : tramways de Vevey-Montreux; Belgique : tramways de Bruxelles. — (B). Prix de revient de la voiture-kilomètre avec fil de travail souterrain. — Tramways de Buda-Pesth, système Siemens. — Tramways, système Lineff. — Tramways de Washington. — Résumé des prix de revient de la voiture-kilomètre dans les pays considérés..... 281

CHAPITRE II

RENDEMENT FINANCIER DES ENTREPRISES DE TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

Considérations générales. — Rapport du Board of Railway de l'État de Massachusetts : discussion de ce rapport. — Dividendes moyens donnés par les Compagnies américaines. — Revenu probable d'une ligne donnée. — Détermination du point critique, où la traction électrique devient plus économique que la traction animale; formule. — Quelques résultats financiers obtenus sur des lignes existantes : bilan de la Société des tramways de Clermont-Ferrand, de Hambourg, d'Erfurt, de Rochester. — Dividendes payés par la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. Tramways de Buda-Pesth. — Conclusion..... 351

QUATRIÈME PARTIE

LES MÉTROPOLITAINS ÉLECTRIQUES LES LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES ET LES CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES A GRANDE VITESSE

CHAPITRE I

LES MÉTROPOLITAINS ÉLECTRIQUES

Considérations générales sur l'établissement des métropolitains. — Les métropolitains de Londres; description générale. — Dépenses et recettes; prix du train-kilomètre. — Métropolitain de Liverpool; description générale. — Trafic et dépenses d'exploitation; prix du train-kilomètre. — Métropolitain électrique de Chicago. — Chemin de fer souterrain de Buda-Pesth; description générale; coût de la ligne. — Projet de métropolitain électrique de Paris : description générale; dépenses probables de premier établissement. — Considérations sur le prix du train kilométrique, évalué d'après les données précédentes. — Trafic probable..... 383

CHAPITRE II

LES LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES ET LES CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES
A GRANDE VITESSE

Considérations générales sur la vitesse d'un train. — Réalisation de ces conditions dans les locomotives électriques. — Comparaison des puissances dépensées, sur un même profil, par une locomotive électrique et une locomotive à vapeur. — Économie résultant de l'emploi des locomotives électriques sur les locomotives à vapeur. — Comparaison d'exploitation de ces deux modes de traction. — Puissance nécessaire pour remorquer une machine électrique. — Locomotives électriques construites ; la locomotive Siemens et Halske. — La locomotive électrique de la Baltimore and Ohio Railroad Co ; description générale ; données de construction, puissance, etc. — Dépense d'exploitation de cette locomotive électrique ; prix de revient du train et de la tonne kilométrique. Les locomotives électriques de la Général Electric Co. — Locomotive électrique de MM. Sprague-Duncan-Hutchinson. — Locomotive électrique, système J.-J. Heilmann ; description générale. — Essais pratiques de la Fusée. — Différents projets de locomotives électriques. — Soulagement de la voie de roulement avec les locomotives électriques. — Résultats pratiques obtenus avec les locomotives électriques. — Limite de la vitesse des chemins de fer électriques à grande vitesse. — Premier projet de chemin de fer électrique à grande vitesse de M. C. Ziperowsky ; description générale. — Projet de la ligne New-York-Chicago ; prix d'établissement. — Prix du train kilométrique ; revenu probable. — Réalisation pratique des chemins de fer à grande vitesse. 406

CINQUIÈME PARTIE

TRACTION ÉLECTRIQUE SUR L'EAU
APPLICATIONS DIVERSES
TRACTION DANS LES MINES
VOITURES ROUTIÈRES ÉLECTRIQUES
TELPHÉRAGE

CHAPITRE I

TRACTION ÉLECTRIQUE SUR L'EAU

Bateaux automobiles et bateaux automoteurs. — Premiers essais ; expériences de M. Denelle et Co. — Description générale des deux systèmes employés. — Résultats d'expériences. — Comparaisons des deux systèmes ; rapport de la Commission belge. —

TABLE DES MATIÈRES 503

Prix de revient de traction électrique de la tonne kilométrique. —
Traction électrique à voie sous-marine. — Bateaux automoteurs ;
premiers essais. — Exploitation actuelle à Bergen ; description du
système 461

CHAPITRE II

APPLICATIONS DIVERSES

Traction dans les mines ; description générale. — Telphéage.
— Voitures routières électriques..... 478