

Titre : Les Tramways : voie et matériel

Auteur : Séguéla, R.

Mots-clés : Tramways*Matériel roulant

Description : 1 vol. (181-[16]-16 p.) ; 19 cm

Adresse : Paris : Gauthier-Villars et fils Masson, [1896]

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 12 Le 38

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?12LE38>

BOYVEAU & CHEVILLET
22, rue de la Banque
PARIS (TÉLÉPHONE)
LIVRES ANGLAIS, ALLEMANDS
ITALIENS, ESPAGNOLS, ETC.
Achat de livres étrangers.

LLARS ET FILS ET MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 250 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHACQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

R.-V. PICOU. — Distribution de l'électricité. — I. Installations isolées. II. Usines centrales.
A. GOULLY. — Air comprimé ou raréfié.
DUQUESNAY. — Résistance des matériaux.
DWELSHAUVERS-DERY. — Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur.
A. MADAMET. — Tiroirs et distributeurs de vapeur.
M. DE LA SOURCE. — Analyse des vins.
ALHEILIG. — Travail des bois.
AIMÉ WITZ. — Thermodynamique.
LINDET. — La bière.
TH. SCHLESING fils. — Chimie agricole.
SAUVAGE. — Types de moteurs à vapeur.
LE CHATELIER. — Le grison.
MADAMET. — Détente variable de la vapeur. Dispositifs qui la produisent.
DUDEBOUT. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.
CRONEAU. — Canon, torpilles et cuirasse.
H. GAUTIER. — Essais d'or et d'argent.
LECOMTE. — Les textiles végétaux.
ALHEILIG. — Corderie.
DE LAUNAY. — Les gîtes métallifères.
BERTIN. — État de la marine de guerre.
FERDINAND JEAN. — L'industrie des peaux et des cuirs.
BERTHELOT. — Traité pratique de calorimétrie chimique.
DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.
MADAMET. — Épures de régulation.
GUILLAUME. — Unités et étalons.
WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.
MINEL (P.). — Électricité industrielle. (2 vol.).
LAVERGNE (Gérard). — Turbines.
HÉBERT. — Boissons falsifiées.
NAUDIN. — Fabrication des vernis.
SINIGAGLIA. — Accidents de chaudières.
H. LAURENT. — Théorie des jeux.
GUENEZ. — Décoration de la porcelaine au feu de moufle.
VERMAND. — Moteurs à gaz et à pétrole.

Section du Biologiste

FAISANS. — Maladies des organes respiratoires.
MAGNAN et SÉRIEUX. — Le délire chronique à évolution systématique.
AUVARD. — Séméiologie génitale.
G. WEISS. — Electrophysiologie.
BAZY. — Maladies des voies urinaires.
WURTZ. — Technique bactériologique.
TROUSSEAU. — Hygiène de l'œil.
FÉRE. — Épilepsie.
LAVERAN. — Paludisme.
POLIN et LABIT. — Examen des aliments suspects.
BERGONIE. — Physique du physiologiste et de l'étudiant en médecine. Actions moléculaires, Acoustique, Électricité.
AUVARD. — Menstruation et fécondation.
MÉGNIN. — Les acariens parasites.
DEMELIN. — Anatomie obstétricale.
CUÉNOT. — Les moyens de défense dans la série animale.
A. OLIVIER. — L'accouchement normal.
BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.
CHARRIN. — Les poisons de l'urine.
ROGER. — Physiologie normale et pathologique du foie.
BROCC et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie. (5 vol.).
HANOT. — De l'endocardite aiguë.
WEILL-MANTOU. — Guide du médecin d'assurances sur la vie.
LANGLOIS. — Le lait.
DE BRUN. — Maladies des pays chauds.
BROCA. — Traitement des tumeurs blanches chez l'enfant.
DU CAZAL et CATRIN. — Médecine légale militaire.
LAPERSONNE (DE). — Maladies des paupières et des membranes externes de l'œil.
KOEHLER. — Application de la photographie aux Sciences naturelles.
BEAUREGARD. — Le microscope et ses applications.
LESAGE. — Le choléra.
LANNELONGUE. — La tuberculose chirurgicale.
CORNEVIN. — Production du lait.
J. CHATIN. — Anatomie comparée (4 v.).

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT



SEGUELA — Les Tramways

1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien
élève de l'Ecole Polytechnique, Secrétaire général,
169, boulevard Malesherbes, Paris.*

N° 155 B

in 12 Le 38 Prix 3.1/2.55

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LES TRAMWAYS

VOIE ET MATÉRIEL

PAR

R. SEGUELA

Ancien élève de l'École Polytechnique



PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
IMPRIMEURS-ÉDITEURS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS,
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Quai des Grands-Augustins, 55, Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

INTRODUCTION

On désigne d'une manière générale sous le nom de *tramway*, toute voie ferrée posée dans le sol des chaussées.

En France, au point de vue administratif, la loi du 11 juin 1880 a établi dans les articles 26 et suivants le régime des tramways, et elle considère comme tramway toute voie ferrée établie totalement ou partiellement sur les voies dépendant du domaine public de l'État, des départements et des communes, qu'ils soient à traction de chevaux ou de moteurs mécaniques, et cette désignation comporte effectivement toutes les voies ferrées qu'il faut entendre par tramways.

Les cahiers des charges de chaque concession réglementent les conditions d'établissement et d'exploitation auxquelles elles sont soumises. Le décret du 6 août 1881 réglemente, en outre, d'une manière générale, les différentes disposi-

tions techniques communes à toutes les voies ferrées empruntant le sol des voies publiques. D'autres décrets, entre autres, ceux du 18 mai 1881 et du 23 décembre 1885, réglementent la matière au point de vue administratif, mais nous n'envisagerons ici le sujet qu'au point de vue technique et en laissant, en outre, de côté tout ce qui concerne la traction par chevaux ; la traction mécanique a fait, en effet, sous diverses formes de très grands progrès, elle tend de plus en plus à se substituer à la traction par chevaux sur les points où le trafic est considérable et où il faut gagner le plus possible de vitesse, ce qui est le cas de la plupart des lignes suburbaines des grandes villes.

L'objet de ce volume est de passer sommairement en revue la plupart des diverses dispositions de voie et de matériel, en indiquant succinctement les principes auxquels elles se rattachent, telles qu'elles ont été appliquées en France et à l'étranger, surtout en Angleterre et aux États-Unis.

Mars 1896.

PREMIÈRE PARTIE

VOIES

Sur le domaine de l'État, des départements et des communes, les voies de tramways peuvent occuper, soit le sol même de la chaussée qui reste ainsi accessible aux voitures ordinaires, soit un trottoir le long de la chaussée, désigné aussi sous le nom d'accotement, qui, tout en restant accessible aux piétons, est inaccessible aux voitures ordinaires. Les cahiers des charges des diverses concessions indiquent les emplacements relatifs des rails, par rapport à la voie publique et aux riverains.

1000

ig



pesant 20 kilogrammes le mètre courant avec les éclisses pesant 5^{kg},600 la paire (*fig. 1*), posé

sur des traverses espacées de 0^m,80 en voie d'accotement, et de 0^m,60 aux joints et aux supports voisins, soit une pose de douze traverses par longueur de 9 mètres, est d'une solidité très suffisante pour marcher à la vitesse limite fixée par les règlements d'administration publique.

Un rail tel que celui représenté par la *fig. 1*, ayant environ 98,5 de hauteur, 50 de champignon, 80 de patin et 9 d'âme paraît bien convenir.

Le tableau ci-dessous donne les éléments constitutifs avec leur poids d'une pareille voie ayant un mètre de largeur entre bords intérieurs; elle pèse 89^{kg},5 le mètre courant.

POIDS D'UNE VOIE VIGNOLE DE 20 KILOGRAMMES
SIMPLE POUR UNE LONGUEUR DE 9 MÈTRES
(VOIE DE 1 MÈTRE)

Désignation des matières	Poids unitaire	Poids total
2 rails de 9 mètres .	20 ^{kg} le mètre	360 ^{kg} , 00
4 éclisses en acier .	2, 825 la pièce	11, 300
8 boulons d'éclisse .	0, 325 "	2, 600
48 tirefonds	0, 240 "	11, 520
12 traverses	35, 000 "	420, 000
1,80 × 0,16 × 0,13 8 rondelles Grower .	"	"
Total		805, 420
Soit par mètre courant $\frac{805,420}{9} = 89^{\text{kg}},49$		

Dans certains cas, notamment au début, on a pris des voies un peu plus légères formées de rails pesant 15 à 16 kilogrammes le mètre courant ; c'est ainsi que M. Faliès a constitué ses voies, d'ailleurs avec succès, sur les tramways de la Sarthe et de Loir-et-Cher qui ont été des premiers construits en France.

Pour l'établissement de la voie, on creuse simplement une forme de 0^m,35 de profondeur et de 2^m,20 environ de largeur pour une voie de un mètre, afin de pouvoir loger les traverses de 1^m,80 sans difficulté, le tout est rempli de ballast soit en pierre cassée, soit en gravier.

CHAPITRE II

VOIES EN CHAUSSEE

Lorsque la voie est établie dans la chaussée et reste accessible aux voitures, elle est posée avec des rails noyés qui doivent être à gorge ou accompagnés de contre-rails ; il y a cependant quelques cas où l'administration dispense, mais à titre révocable, de l'emploi de contre-rails surtout dans les voies en macadam (décret du 30 janvier 1894), et sur lequel nous reviendrons plus loin.

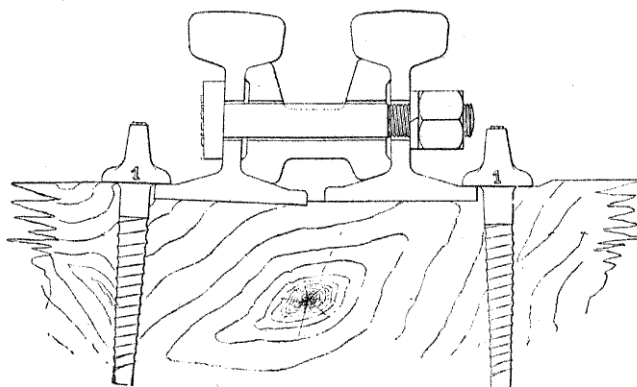
A. VOIES FORMÉES DE RAILS ET DE CONTRE-RAILS

Il y a deux cas principaux à distinguer, selon que la voie est posée dans une chaussée en macadam ou dans une chaussée pavée.

Voie Vignole double. — Dans le cas d'une chaussée empierrée, on peut se contenter d'accoler au rail Vignole un second rail identique, ou non, relié au rail proprement dit par un boulon traversant une cale ou fourrure comme l'indique la *fig. 2*.

En prenant un rail et un contre-rail identiques

Fig. 2



à celui de la *fig. 1*, et la même pose de voie, on fait facilement l'éclissage des joints de rails et de contre-rails; on a ainsi une voie dont le matériel pèse 136 kilogrammes le mètre courant comme l'indique le tableau suivant :

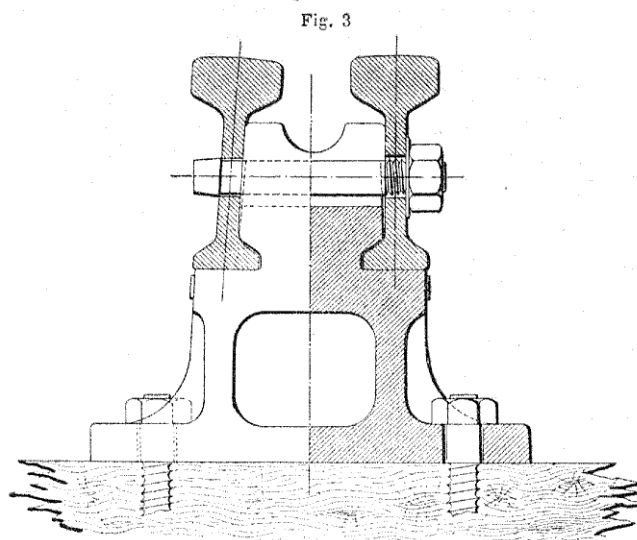
POIDS D'UNE VOIE VIGNOLE DE 20 KILOGRAMMES
AVEC CONTRE-RAIL
POUR UNE LONGUEUR DE 9 MÈTRES
(VOIE DE 1 MÈTRE)

Désignation des matières	Poids unitaire	Poids total
4 rails ou contre-rails de 9 mètres . . .	20 kg le mètre	720 kg, 000
8 éclisses en acier . .	2, 825 la pièce	22, 600
16 boulons d'éclisse . .	0, 325 "	5, 200
2 traverses	35, 000 "	420, 000
0,80 × 0,16 × 0,13		
48 tirefonds	0, 240 "	11, 520
24 cales	1, 400 "	33, 600
24 boulons de cales . .	0, 440 "	10, 560
40 rondelles Grower . .	"	"
Total		1223, 480
Soit par mètre courant $\frac{1223,480}{9} = 135\text{kg},94$		

Voie Marsillon. — Dans les chaussées pavées, il faut surélever le rail et le contre-rail au-dessus des traverses, de manière à pouvoir loger les pavés au-dessus des traverses.

M. Marsillon, ancien ingénieur de la C^{ie} générale des omnibus à Paris, a imaginé et appliqué un système de voie avec contre-rails qui a été appliqué à Paris, à Lille, à Lyon, etc.

La *fig. 3* ci-dessous donne une section de cette voie assemblée par le coussinet et dont la hauteur varie de 100 à 175, selon la hauteur des pavés ; le



rail et le contre-rail sont identiques, la hauteur est de 110 millimètres, la largeur du champignon, 46 millimètres, l'épaisseur de l'âme, 10 millimètres et la largeur du patin 35.

Le poids est de 17^{kg},4 le mètre courant. L'écartement du rail et du contre-rail est maintenu

par des coussinets et fourrures dans lesquels passe un boulon les reliant.

Cette voie est composée de rails de 8 mètres, chaque longueur étant posée sur neuf traverses espacées normalement de un mètre et de 0^m,50 aux joints. Les joints d'un rail d'une file sont concordants avec celui du contre-rail de l'autre file, de sorte que les joints des rails sont chevauchés d'un mètre. Entre les traverses et au milieu des intervalles, sont placées, entre le rail et le contre-rail, des fourrures ou cales pour maintenir l'écartement de l'ornièrè; ces fourrures peuvent, d'ailleurs, être remplacées par des coussinets placés sur traverses sur les points où la voie est très fatiguée, dans les courbes raides entre autres.

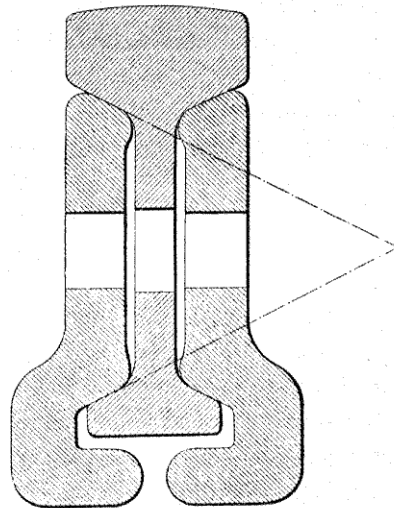
Dans le cas où la chaussée est posée sur béton, on remplace simplement les coussinets par leur partie supérieure à laquelle on donne toutefois une plus large base d'appui et que l'on pose simplement sur le béton ou que l'on encastre dedans; leur hauteur en contre-bas du rail est alors de 0^m,03; l'écartement de la voie est maintenu par des entretoises en fer plat passant entre les pavés.

Dans certains cas, on incline le rail au $\frac{1}{20}$, de manière à lui faire présenter comme dans les

chemins de fer une surface tangente à la surface de roulement des roues qui ont une conicité de même valeur.

L'éclissage ordinaire à paru insuffisant dans

Fig. 4



certain cas et on lui a substitué des éclisses cornières (fig. 4).

Cette voie pèse 137 kilogrammes le mètre courant comme l'indique le tableau suivant :

POIDS DE LA VOIE MARSILLON POUR UNE LONGUEUR
DE 8 MÈTRES
(VOIE DE 1^m,44. — LILLE)

Désignation des matières	Poids unitaire	Poids total
2 rails de 8 mètres de long.	17 ^{kg} ,400 le mèt.	278 ^{kg} ,400
2 contre-rails de 8 mètres de long.	17, 400 "	278, 400
18 coussinets en fonte, de 0,100 de hauteur	8, 800 la pièce	158, 400
8 éclisses ordinaires en acier	3, 405 "	27, 240
16 boulons d'éclisse .	0, 268 "	4, 288
18 boulons tête de gendarme, pour coussinets	0, 360 "	6, 480
36 tirefonds	0, 215 "	7, 740
9 traverses en chêne, 2,00 × 0,16 × 0,12	35, 000 "	315, 00
14 fourrures en fonte.	1, 150 "	16, 100
14 boulons de fourrure	0, 360 "	5, 040
48 rondelles Grower .	"	"
Total		1097, 088
Soit par mètre courant $\frac{1097,088}{8} = 137^{\text{kg}},131$		

Si les fourrures sont remplacées par des coussinets de poids ci-dessus indiqué :

Il y a lieu de déduire :

	Poids unitaire	Poids total
14 fourrures en fonte. . .	1 kg, 150 la pièce	16 kg, 100

et d'ajouter :

14 coussinets en fonte . . .	8, 800 //	123, 200
------------------------------	-----------	----------

Ce qui porte le poids		
total pour 8 mètres de		
voie à		1204, 48

Soit par mètre courant $\frac{1204,48}{8} = 150\text{kg},518$.

Voie Heude. — M. Heude, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a modifié ⁽¹⁾ la voie Marsillon à rails jumelés, pour la construction des tramways Nogentais, de manière à remplir les conditions suivantes :

1° Le rail jumelé doit s'éclisser facilement avec le rail Vignole placé en accotement.

2° Dans les chaussées pavées, les boulons des coussinets ne doivent pas dépasser la verticale extérieure du champignon.

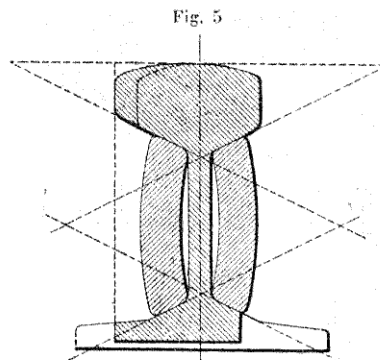
3° La joue extérieure du champignon du rail et l'extrémité inférieure du patin doivent être sur une même verticale.

Ces deux dernières conditions ont pour but de

⁽¹⁾ *Annales des Ponts et Chaussées*, 1^{er} semestre, 1890, p. 581. — Nous avons emprunté à cette publication les renseignements ci-dessus, ainsi que les *fig.* 5 à 7.

pouvoir placer les pavés contre la voie sans les entailler ou les échaner, de manière à leur donner toute leur assiette et les empêcher de se déverser.

A cet effet, M. Heude a pris un profil de rail Vignole (*fig. 5*) pesant 20 kilogrammes le mètre,

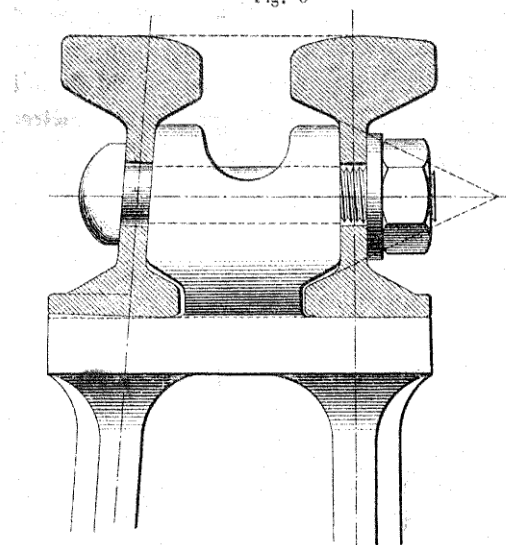


ayant 98 de hauteur, 45 de champignon, 9 d'âme et 90 de patin, puis il a augmenté la largeur du champignon vers l'extérieur et il a réduit le patin de manière à réaliser les conditions ci-dessus.

Il a obtenu ainsi un rail dissymétrique, pesant 17^{kg},925, soit 18 kilogrammes le mètre courant, ayant 52 de champignon, 98 de hauteur, 9 d'âme et 46,5 de patin (*fig. 6*).

M. Heude a incliné le rail comme on l'a

Fig. 6



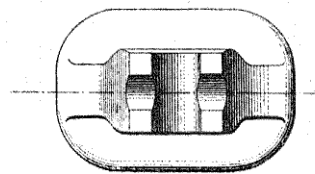
déjà indiqué plus haut à propos de la voie Marsillon.

La pose de cette voie est la même que celle de la voie Marsillon.

Dans les parties sur béton, on pose les rails sur des coussinets (*fig. 7*) formés, comme il a été déjà dit pour la voie Marsillon, seulement par la partie supérieure du coussinet surélevé

ayant ainsi 138×200 , et maintenus à l'écartement par de simples entretoises en lames de tôle

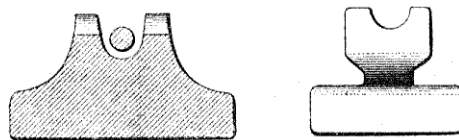
Fig. 7 A



qui passent entre les pavés; leur hauteur en contre-bas des rails est de 0,04.

Les voitures automobiles qui passent sur cette voie pèsent quatorze tonnes et l'on a reconnu

Fig. 7 B



qu'avec cette pression, le béton se mâchait sous les coussinets et on a alors interposé une tôle de $\frac{200 \times 250}{10}$, mais M. Heude considère qu'il serait mieux d'augmenter la base du coussinet qui n'a que 138×200 . On obtient ainsi une voie qui pèse 140 kilogrammes le mètre courant comme l'indique le tableau suivant :

**POIDS DE LA VOIE HEUDE POUR UNE LONGUEUR
DE 8 MÈTRES
(VOIE DE 1^m,44 DES TRAMWAYS NOGENTAIS)**

Désignation des matières	Poids unitaire	Poids total
2 rails de 8 mètres de longueur . . .	17 ^{kg} ,925 le mèl.	286 ^{kg} ,800
2 contre-rails de 8 mètres de longueur . . .	17, 925 "	286, 800
4 paires d'éclisses . . .	4, 900 la paire	19, 600
18 coussinets . . .	9, 500 la pièce	171, 000
14 fourrures . . .	1, 20 "	16, 800
16 boulons d'éclisse . . .	0, 340 "	5, 44
32 boulons de coussinets et fourrures . . .	0, 420 "	13, 44
36 tirefonds . . .	0, 319 "	11, 48
9 traverses . . .	35, 00 "	315, 00
2,20 × 0,14 × 0,10		
48 rondelles Grower . . .	"	"
Total . . .		1126, 360
Soit par mètre courant $\frac{1126,360}{8} = 140^{\text{kg}},795$		

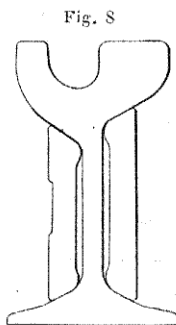
B. RAILS A GORGE

Dans les rails à gorge, le champignon comporte un canal venu au laminage, de sorte que le rail et le contre-rail ne forment qu'une seule et même pièce.

Voie Broca. — La voie Broca est formée par un rail poutre à patin posé directement sur le sol au-dessus d'une couche de sable ou de ballast placée au-dessus du sol naturel, soit sur le béton même quand il y a une fondation en béton, ou bien il est encastré dans ce dernier de manière à ne pas avoir plus de hauteur au-dessus du béton que les pavés employés.

Ce rail est employé à Paris, Calais, Toulon, Rouen, Roubaix, Tourcoing, etc.

Le rail employé à Paris (*fig. 8*) pèse 44 kilogrammes le mètre courant, il a une hauteur de 170, un patin de 102, une âme de 11,5 et un champignon de 92 formé par une table de roulement de 44, une ornière de 28 (dont la profondeur est 28) et un contre-rail de 20.



Ces rails, d'une longueur de 6 mètres, sont éclissés par deux fortes éclisses dissemblables à cause de la dissymétrie du champignon et pesant l'une 6^{kg},340, l'autre 5^{kg},800, soit en tout 12^{kg},140 la paire.

Le maintien de l'écartement est obtenu par

des entretoises en fer plat passant entre les pavés, espacées de 3 en 3 mètres et assemblées soit directement dans les deux rails avec écrou et contre-écrou, soit dans l'un par une cornière boulonnée avec une semelle et dans l'autre directement avec écrou et contre-écrou. Ces entretoises sont soigneusement calibrées :

La pose s'effectue par joints chevauchés d'une demi-longueur et à chaque joint correspond une entretoise passant dans les extrémités des rails évidées à cet effet et dans les éclisses correspondantes.

La voie ainsi posée pèse $96^{\text{kg}},77$ le mètre courant comme l'indique le tableau ci-dessous :

POIDS DE LA VOIE BROCA POUR UNE LONGUEUR
DE 6 MÈTRES
(VOIE DE $1^{\text{m}},44$)

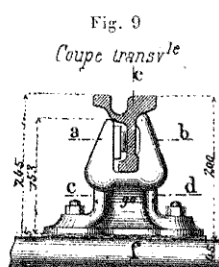
Désignation des matières	Poids unitaire	Pois total
2 rails de 6 mètres de long	$44^{\text{kg}},29$ le mètre	$531^{\text{kg}},48$
2 paires d'éclisses . .	$14,12$ la paire	$28,28$
2 cales de serrage . .	$1,35$ la pièce	$2,70$
2 entretoises complètes	$7,55$ //	$15,10$
8 boulons d'éclisse . .	$0,390$ //	$3,12$
Total		$580,64$
Soit par mètre courant $\frac{580,64}{6} = 96^{\text{kg}},77$		

M. Broca a, en outre, appliqué deux types de rails plus petits pesant : l'un 36 kilogrammes le mètre courant avec des éclisses de 5 kilogrammes et 4^{kg},400, l'autre de 28 kilogrammes le mètre courant qui peut être posé sur traverses.

Voie Humbert. — La voie Humbert est formée par un rail à gorge posé sur traverses métalliques ; elle est employée sur les tramways de Marseille, le Havre, Nancy, Tours, Orléans, Gènes, Bordeaux, etc.

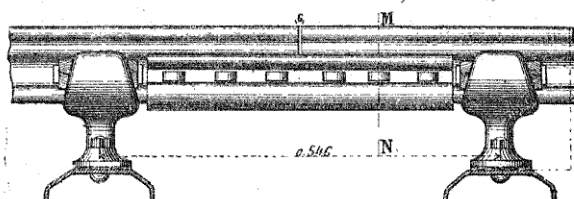
Le rail a un poids de 27 kilogrammes le mètre courant, il a une hauteur de 110, un champignon inférieur de 34, une âme de 10 et un champignon supérieur de 94 se décomposant comme suit : table de roulement 40, ornière 28 (sa profondeur est de 32), contre-rail 26 (*fig. 9 à 11*).

La traverse métallique est du système Vautherin ayant 160 d'ouverture à la base et 80 de base d'appui. La hauteur des coussinets varie avec celle des pavages entre 153 et 217, de ma-



nière que la partie supérieure du rail varie de

Fig 10

Ensemble de l'éclissage

200 à 250 au-dessus de la traverse, la hauteur totale du rail et de la traverse variant de 245 à 295.

Fig. 11
Coupe M.N.

Le coussinet est assemblé sur les traverses au moyen de deux boulons avec interposition d'une semelle en chêne comprimé de 5 millimètres d'épaisseur, afin de donner à la voie plus d'élasticité. M. Humbert a d'ailleurs appliqué ce système de pose sur traverses métalliques à la voie Vignole ordinaire.

L'assemblage du rail dans les coussinets se fait au moyen de coins s'appuyant du côté du coussinet sur une semelle en chêne comprimé; sous l'action de l'humidité du sol, cet assemblage acquiert une très grande solidité.

L'éclissage se fait au moyen d'une seule éclisse à six trous placée du côté du contre-rail.

POIDS DE LA VOIE HUMBERT POUR UNE LONGUEUR
DE 10 MÈTRES
(VOIE DE 1^m,44)

Désignation des matériaux	Poids unitaire	Poids total
2 rails d'acier, de 10 mètres de long . .	27 ^{kg} ,00 le mètre	540 ^{kg} ,000
11 traverses, de 1 ^m ,70 de long.	10, 00 "	187, 000
2 éclisses en acier . .	9, 300 la pièce	18, 600
22 coussinets en fonte (hauteur 153) (1) .	5, 500 "	121, 000
12 boulons à tête de gendarme, pour éclisses.	0, 180 "	2, 160
44 boulons pour fixer les coussinets sur les traverses. . . .	0, 210 "	9, 240
22 coins en fer	0, 300 "	6, 600
22 coins en bois. . . .	"	"
22 semelles en bois (entre les traverses et les coussinets) .	"	"
Total.		884, 600

Soit 88^{kg},460 par mètre courant.

Les rails ont 10 mètres de longueur et la voie se pose sur les traverses préalablement assem-

(1) Le poids du coussinet rehaussé ayant 217 de hauteur est 6^{kg},300.

blées avec leurs coussinets placés à l'écartement voulu. La pose se fait, soit avec joints concordants sur onze traverses par longueur, espacées normalement de 0,946 et de 0,546 aux joints, soit avec joints chevauchés d'une demi-longueur sur onze traverses par longueur, espacées de 0,990 normalement et de 0,546 aux joints (*fig. 10*). Cette voie se pose également dans le béton en y encastrant les traverses. Elle pèse 88^{kg},500 le mètre courant comme le montre le tableau de la p. 27.

C. ASSISE ET FONDATIONS

Pour la pose des voies en chaussées, on ouvre une forme ayant une profondeur un peu plus grande que la hauteur du rail et des traverses s'il y en a, de manière à pouvoir légèrement bourrer en dessous avec du sable ou du ballast ; la profondeur de ces formes varie, selon la nature du sous-sol, des pavages et la hauteur des voies employées, de 0,25 à 0,40. Pour le rail Broca, la profondeur est un peu moindre.

Dans le cas où l'on fait une assise en béton, on se rapproche le plus possible des assises analogues faites par les villes. Voici la manière

indiquée par M. Heude. Le béton est composé de 1 mètre cube de sable tout venant pour 125 kilogrammes de ciment de Portland ou, ce qui revient au même, de 0,88 de caillou et de 0,44 de sable pour 125 kilogrammes de ciment. Ce béton est très maigre, mais comme il ne sert qu'à former une couche résistante et indéformable, il est suffisant.

Avec un sous-sol en béton, on peut réduire très fortement la queue des pavés à la hauteur du pavé en bois, 0,12 par exemple, comme l'a fait M. Heude. Dans ce cas, les pavés doivent être posés sur mortier de ciment de Portland et jointoyés de même, et c'est souvent une pratique usitée dans les grandes villes, le sous-sol se trouve ainsi à l'abri de l'atteinte des eaux de pluie et des boues ou poussières qui peuvent s'infiltrer à travers les pavés ordinaires.

CHAPITRE III

CHANGEMENTS DE VOIE

Sur les lignes de tramways à traction mécanique, il est indispensable que les deux lames d'aiguille soient mobiles et solidaires l'une de l'autre, et on doit, par suite, proscrire les systèmes dans lesquels il n'y a qu'une seule lame d'aiguille mobile (ce qui simplifie, il est vrai, la construction et la manœuvre), et qui sont employés dans presque toutes les exploitations à chevaux, où ils sont d'ailleurs bien suffisants.

La manœuvre des lames d'aiguille placées en chaussée, constitue la principale particularité des appareils de changement de voie qui, sur les autres points, ressemblent d'ailleurs aux ap-

pareils de chemins de fer auxquels les changements de voie établis dans les parties inaccessibles aux voitures sont analogues en tous points, même pour la manœuvre. Toutefois, la longueur des appareils doit être réduite, afin d'occuper le moins de place possible ; mais il semble toutefois que l'angle de croisement ne doive pas excéder 10° et que les rayons des courbes de raccord ne doivent guère descendre au-dessous de 30 mètres, si l'on veut assurer le passage des voitures et des trains dans de bonnes conditions.

Pour la manœuvre des lames d'aiguille, on n'a parfois pas d'appareil spécial et on se contente d'appliquer les lames contre le rail correspondant au moyen d'une pince, et elles conservent leur position sous la seule action des frottements des lames contre leurs coussinets ; mais cette pratique, d'ailleurs très simple, n'empêche pas les lames de changer de place et l'aiguille de s'entrebailler sous une action quelconque, comme le passage d'une charrette par exemple, et, en conséquence, ces aiguilles ne peuvent être abordées par la pointe qu'avec la plus grande prudence et même après que leur position a été vérifiée.

Dans d'autres cas, où l'aiguille doit toujours

avoir normalement la même direction, comme sur les voies d'évitement ou aux jonctions, on maintient l'aiguille abordée par la pointe dans sa position normale au moyen d'un simple ressort à lame fixé sur le rail contraiguille ; l'aiguille est ainsi talonnable et on peut changer la position des lames en agissant sur celles-ci au moyen d'une pince ; toutefois, cette manière d'opérer ne laisse pas que de présenter des difficultés.

Aussi M. Delettrez a perfectionné ce système rudimentaire par un système de manœuvre auquel il a donné le nom d'aiguille automatique. Au lieu d'agir directement par un ressort à lame sur la lame d'aiguille, il agit sur le prolongement de la première tringle de connexion, par un ressort à boudin placé dans une boîte noyée dans la chaussée à l'extérieur de la voie, du côté où on veut appliquer normalement la lame d'aiguille ; le ressort à boudin porte d'un côté sur un arrêt fixe de la boîte, du côté du rail, et de l'autre sur une butée de la tringle de connexion ; le ressort maintient celle-ci constamment éloignée et donne une direction fixe. Pour changer la direction, on agit, au moyen d'un levier passant dans un trou ménagé dans le couvercle de la boîte, sur l'extré-

mité de la tringle de connexion, de manière à vaincre la tension du ressort et à changer ainsi les lames d'aiguille de place. Ce système permettant de placer le levier de manœuvre en dehors de la voie rend la manœuvre plus commode que dans le cas précédent ; il ne permet que de donner la direction dans une direction seulement, soit sur la voie droite, soit sur la voie déviée, selon le côté où est placée la boîte de manœuvre par rapport à la voie. J'ai appliqué un système de boîte de manœuvre un peu plus encombrant, il est vrai, que le système Delettrez, et qui permet de fixer à volonté, d'une manière permanente, la direction de l'aiguille, soit sur la voie droite, soit sur la voie déviée, en la laissant talonnable, ou bien de laisser l'aiguille dans la position qui lui serait assignée après le talonnement.

Dans cet appareil ⁽¹⁾, la commande de la tringle de la connexion est obtenue par un contrepoids formé par un boulet en fonte qui se meut dans un cylindre creux oscillant autour d'un axe perpendiculaire à ses génératrices. En retenant le boulet à l'une ou l'autre extrémité

(1) *Portefeuille économique des machines*, 1894, p. 129, Baudry, Paris.

du cylindre au moyen d'une vis, on donne à l'aiguille l'une ou l'autre direction. Si, au contraire, le boulet peut aller d'une extrémité à l'autre du cylindre, l'aiguille change de direction après avoir été talonnée.

CHAPITRE IV

PRIX DE REVIENT DES VOIES

Le prix de revient des voies varie non seulement avec le système de voies employé, mais encore avec une foule d'éléments tels que les cours des fers et aciers, la distance aux usines de fabrication et surtout avec les prix de main-d'œuvre dans les régions où l'on opère. En outre le prix des traverses en bois, du ballast, du sable, etc., varie beaucoup avec les régions. Dans ces conditions, le prix de revient est une question d'espèces, il varie dans chaque cas, et on ne peut le faire d'une manière générale même par système de voie.

Les éléments contenus dans les tableaux suivants permettront de dresser facilement le prix de revient d'une voie placée dans des conditions déterminées.

1. VOIE VIGNOLE SUR TROTTOIR EMPLOYÉE AU BOIS DE VINCENNES
PRIX DE REVIENT D'UNE LONGUEUR DE HUIT MÈTRES

36

Désignation	Poids de l'unité	Poids ou cube total	Prix de l'unité	Prix total
2 rails en acier de 8 mètres de longueur, le mètre.	20 ^{kg} ,1875	323 ^{kg} ,000	14 ^{fr} ,83	47 ^{fr} ,900
2 paires d'éclisses en acier la paire.	4, 900	9, 800	14, 83	1, 450
8 boulons d'éclisses	0, 340	2, 72	0, 2725	0, 740
40 tirefonds	0, 319	12, 76	0, 225	2, 870
10 traverses, 2 ^m ,20 × 0 ^m ,10 × 0 ^m ,14	35, 00	350, 000	2, 40	24, 000
8 rondelles	"	"	0, 077	0, 620
Total du matériel de la voie.		698 ^{kg} ,280		77 ^{fr} ,58
Fouilles de terre de toute nature 8 ^m × 2 ^m ,60 × 0 ^m ,35.		7 ^m , 3	0, 87	6, 09
Transport en décharge non désignée		7, 3	2, 91	20, 37
Fourniture de ballast, comprenant emploi				
8 ^m × 2 ^m ,50 × 0 ^m ,35 = 7 ^m 3,000.				

PRIX DE REVIENT DES VOIES

A déduire :				
Rails 16 ^m × 0 ^m 2,23 = 0 ^m 3,037	}	0 ^m 3,345		
Traverses 10 × 2 ^m ,20 × 0 ^m ,10 × 0 ^m ,14 = 0 ^m 3,308				
Reste			6, 655	6, 30
Mètre linéaire de pose de voie			8, 00	1, 94
Indemnité pour difficulté de pose $\frac{3\,880 \times 8}{11\,200}$				2, 77
Total				164 ^{fr} ,26
Prix du mètre linéaire se décomposant comme suit	Acier, fer, fonte	$\frac{53,58}{8} =$	6,697	
	Traverses	$\frac{24,00}{8} =$	3,000	
	Ballast	$\frac{41,93}{8} =$	5,241	
	Main-d'œuvre (fouilles et pose)	$\frac{44,75}{8} =$	5,593	
	Total	$\frac{164,26}{8} =$	20,531	soit 21 ^{fr} ,00

PRIX DE REVIENT DES VOIES

37

**II. VOIE SUR TRAVERSES AVEC RAILS JUMELÉS ÉTABLIE SUR CHAUSSEES EMPIERRÉES ET PAYÉES
EN MATÉRIAUX NEUFS DANS L'ENTRE-VOIE ET SUR 0^m,50 DE CHAQUE CÔTÉ
PRIX DE REVIENT D'UNE LONGUEUR DE HUIT MÈTRES**

Désignation	Poids unitaire	Poids ou cube total	Prix unitaire	Prix total
4 rails en acier de 8 mètres de longueur	143 ^{kg} ,400	573 ^{kg} ,600	0 ^{fr} ,1483	85 ^{fr} ,064
4 paires d'éclisses en acier	4, 900	19, 600	0, 1483	2, 906
18 coussinets	9, 500	171, 000	0, 1425	24, 370
14 fourrures	1, 200	16, 800	0, 1425	2, 390
32 boulons longs	0, 420	13, 440	0, 25	3, 360
16 boulons d'éclisses	0, 340	5, 440	0, 2725	1, 480
36 tirefonds	0, 319	11, 480	0, 225	2, 580
9 traverses de 2 ^m ,00 × 0 ^m ,10 × 0 ^m ,14	35, 000	315, 000	2, 40	21, 600
48 rondelles	"	"	0, 077	3, 700
Total du matériel de la voie		1 126 ^{kg} ,360		147 ^{fr} ,450
Mètre linéaire de pose de voie		8 ^m ,00	1, 94	15, 520

Indemnité pour difficulté de pose $\frac{3880 \times 8}{11200}$	"	"	2, 770
Démolition d'empierrement de 0 ^m ,15 d'épaisseur 2 ^m ,60 × 8 ^m ,00 =	20, 80	0, 97	20, 180
Fouilles de terre de toutes natures 2 ^m ,60 × 8 ^m ,00 × 0 ^m ,25 =	5, 20	0, 87	4, 520
Transport de terres en décharge non désignée : 1 ^o Déblais " " " " 5 ^m ,20 } 2 ^o $\frac{3}{5}$ de la démolition d'empierrement . . . } = $\frac{3}{5} \times 3m,12 = 1m,87$	7, 07	2, 91	20, 570
Passage à la claie de démolition d'empierrement 20 ^m ,80 × 0 ^m ,15 =	3, 12	1, 45	4, 520
Fourniture de ballast 2 ^m ,60 × 8 ^m ,00 × 0 ^m ,15 = 3 ^m 3,12. A déduire : Traverses 9 × 2 ^m ,00 × 0 ^m ,10 × 0 ^m ,14 = 0 ^m 3,252 $\frac{2}{5}$ de la démolition d'empierrement . . . } 1 ^m 3,50 $\frac{2}{5} \times 3m,12 = 1m3,248 }Reste 1m3,62$	1, 62	6, 30	10, 21

H. VOIE SUR TRAVERSES AVEC RAILS JUMELÉS ÉTABLIE SUR CHAUSSÉES EMPIERRÉES ET PAVÉES
 EN MATÉRIAUX NEUFS DANS L'ENTRE-VOIE ET SUR 0^m,50 DE CHAQUE CÔTÉ
 PRIX DE REVIENT D'UNE LONGUEUR DE HUIT MÈTRES

Désignation	Poids unitaire	Poids en cube total	Prix unitaire	Prix total
Reprise et emploi de démolition d'empierrement .		1, 25	0, 39	0, 49
Façon du mètre carré de pavage :				
Entre-voie 1 ^m ,28 × 8 ^m ,00	10,24	18, 24	1, 01	18, 42
Côtés 2 × 8 ^m ,00 × 0 ^m ,50	8,00			
Fourniture de pavés 10/24/16 18 ^m ,24 × 33 ^p	602 ^p		406,98 ⁰ / ₁₀₀	245, 00
Fourniture de sable 18 ^m ,24 × 0 ^m ,20		3 ,65	5, 33	19, 45
Total				509 ^{fr} ,10

Prix du mètre linéaire se décomposant comme suit	Acier, fer, fonte Traverses	$\frac{125,85}{8} = 15,731$ $\frac{21,60}{8} = 2,700$
Prix du mètre linéaire, se décomposant comme suit	Ballast Pavés et pavages Main-d'œuvre (fouilles et pose)	$\frac{10,21}{8} = 1,276$ $\frac{282,87}{8} = 35,358$ $\frac{68,57}{8} = 8,581$
Total		$\frac{509,10}{8} = 63,646$ soit 64 ^{fr} ,00

**III. VOIE AVEC RAILS JUMELÉS ÉTABLIE DANS UNE ANCIENNE CHAUSSEE EMPIERRÉE
SUR UNE PLATEFORME EN BÉTON AVEC PAVAGE NEUF
PRIX DE REVIENT D'UNE LONGUEUR DE HUIT MÈTRES**

42

PRIX DE REVIENT DES VOIES

Désignation	Poids unitaire	Poids ou cube total	Prix unitaire	Prix total
4 rails en acier de 8 mètres de longueur	143 kg, 400	573 kg, 600	0 fr, 1483	85 fr, 064
4 paires d'éclisses en acier	4, 900	19, 600	0, 1483	2, 906
18 coussinets.	9, 255	166, 590	0, 1425	23, 739
14 fourrures.	1, 200	16, 800	0, 1425	2, 394
16 boulons d'éclisses.	0, 340	5, 440	0, 2725	1, 480
32 boulons longs	0, 440	14, 080	0, 250	3, 520
48 rondelles	"	"	0, 077	3, 700
3 entretoises d'écartement	2, 885	8, 475	0, 500	4, 240
Total du matériel de la voie		804 kg, 585		127 fr, 043
Mètre linéaire de pose de voie		8 m, 00	1, 94	15, 520
Indemnité pour difficulté de pose $\frac{3\ 880 \times 8}{11\ 200}$		"	"	2, 770
Démolition de pavage 8 m, 00 $\times$ 0 m, 50		4, 00	0, 10	0, 400
" d'empierrement de 0 m, 15 d'épaisseur 8 m, 00 $\times$ 2 m, 13		17, 04	0, 97	16, 530
Fouilles de terres 8 m, 00 $\times$ 2 m, 63 $\times$ 0 m, 138		2, 90	0, 87	2, 520
Passage à la claie de démolition d'empierrement 17 m, 04 $\times$ 0 m, 15		2, 56	1, 45	3, 710
Transport en décharge non désignée : 1° Déblais. 3 m, 18 } 2° $\frac{3}{5}$ du passage à la claie $\frac{3}{5} \times 2\ m, 56 = 1, 54$ } 3° Pavés de rebut. 0, 68 }		4, 40	2, 91	12, 800
Façon du mètre carré de béton } avec démolition d'empierrement 4 m, 37 $\times$ 2 m, 63		11, 49	2, 80	32, 170
avec cailloux neufs 3 m, 63 $\times$ 2 m, 63		9, 55	3, 75	35, 810
Façon de pavage avec mortier de ciment de Portland. compris fourniture de pavés 8 m, 00 $\times$ 2 m, 37		18, 96	14, 85	281, 560
Total				530 fr, 83
Prix du mètre linéaire se décomposant comme suit	Acier, fer, fonte	$\frac{127,043}{8} = 15,880$		
	Pavés et pavages	$\frac{281,560}{8} = 35,195$		
	Main d'œuvre et béton, (fouilles et pose)	$\frac{122,23}{8} = 15,280$		
	Total	$\frac{530,83}{8} = 66,355$		soit 67 fr, 00
NOTA. — Avec addition de plaques en fonte de 0 m, 20 $\times$ 0 m, 25 et 0 m, 01 d'épaisseur sous les coussinets, le prix du mètre linéaire est augmenté de $14 \times 10^k, 8 \times 0 fr, 22 = \frac{33 fr, 25}{8} = 4 fr, 16$ et et ressort par suite à 70 fr, 51, soit 71 fr, 00				

PRIX DE REVIENT DES VOIES

43

IV. VOIE SUR TRAVERSES AVEC RAILS JUMELÉS ÉTABLIE SUR UNE ANCIENNE CHAUSSÉE PAVÉE
(TRAVERSE DE NOGENT)

Designation	Poids unitaire	Poids ou cube total	Prix unitaire	Prix total
Matériel de la voie (comme au n° 2)				147 ^{fr} ,45
Pose de la voie (comme au n° 2)				15 ,52
Indemnité pour difficulté de pose (comme au n° 2).				2 ,77
Démolition de pavage compris raccords 8 ^m ,00 × 3 ^m ,00.		24 ^{m³} ,00	0 ^{fr} ,10	2 ,40
Fouille de terres 8 ^m ,00 × 2 ^m ,62 × 0 ^m ,25		5 ,24	0 ,87	4 ,56
Transport en décharge :				
1 ^{re} Déblais 5 ^m ,24 }				
2 ^{de} Pavés de rebut . 0 ^m ,40 }		5 ,64	2 ,91	16 ,41
Façon de pavage 2 ^m ,73 × 8 ^m ,00		21 ,84	1 ,01	22 ,06
Fourniture de ballast 2 ^m ,62 × 8 ^m ,00 × 0 ^m ,15 = 3 ^{m³} ,144				
A déduire : traverses 0 ^m ,252				
Reste 2 ^m ,892		2 ,892	6 ,30	18 ,22
Fourniture de sable 8 ^m ,00 × 2 ^m ,62 × 0 ^m ,20.		4 ,19	5 ,33	22 ,33
Fourniture de pavés neufs 10/16/24		50 ^e	406, 98 ^o / _o	20 ,35
Total				272 ,07
Prix du mètre linéaire se décomposant comme suit	Acier, fer, fonte	$\frac{125,85}{8} = 15,731$		
	Traverses	$\frac{21,60}{8} = 2,700$		
	Ballast	$\frac{18,22}{8} = 2,277$		
	Pavés et pavages	$\frac{64,74}{8} = 8,092$		
	Main-d'œuvre (fouille et pose)	$\frac{41,66}{8} = 5,207$		
Total		$\frac{272,07}{8} = 34,008$		soit 34 ^{fr} ,00

44

PRIX DE REVIENT DES VOIES

PRIX DE REVIENT DES VOIES

45

V. VOIE SUR TRAVERSES AVEC RAILS JUMELÉS ÉTABLIE SUR CHAUSSÉE EMPIERRÉE ET PAVÉE
SEULEMENT ENTRE LA BORDURE ET LE RAIL LE PLUS VOISIN (AVENUE DU PERREUX)
PRIX DE REVIENT D'UNE LONGUEUR DE HUIT MÈTRES

Désignation	Poids unitaire	Poids ou cube total	Prix unitaire	Prix total
Matériel de voie (comme au n° 2)				147 ^{fr} ,45
Pose de la voie (comme au n° 2).				15, 52
Indemnité pour difficulté de pose (comme au n° 2).				2, 77
Démolition d'empierrement $2^m,85 \times 8^m,00$		22 ^{m3} ,80	0 ^{fr} ,97	22, 12
Fouilles de terres $\left\{ \begin{array}{l} 2^m,30 \times 0^m,30 \times 8^m,00 \\ 0^m,55 \times 0^m,10 \times 8^m,00 \end{array} \right\}$		5, 96	0, 87	5, 19
Passage à la claie de démolition d'empierrement $22^m,80 \times 0^m,15$		3, 42	1, 45	4, 96
Transport de terres en décharge :				
1 ^o Déblais = $5^m,96$				
2 ^o $\frac{3}{5}$ de la démolition d'empierrement		8, 01	2, 91	23, 31
$\frac{3}{5} \times 3^m,42$ = $2^m,05$				
Fourniture de ballast $2^m,30 \times 0^m,20 \times 8^m,00 = 3^m,68$.				
A déduire : traverses $0^m,252$				
Reste $3^m,428$		3, 428	6, 30	21, 60
Façon du mètre carré de pavage $8^m,00 \times 0^m,93$		7, 44	1, 01	7, 51
Fourniture de pavés bâtards $7^m,44 \times 23^r$		171 ^r	387,60 $\frac{0}{60}$	66, 28
Fourniture de sable pour pavage $7^m,44 \times 0^m,15$		1, 12	5, 33	5, 97
Reprise et emploi de démolition d'empierrement $\frac{2}{5} \times 3^m,42$		1, 37	0, 39	0, 53
Fourniture de cailloux et emploi				
$2^m,30 \times 0^m,20 \times 8^m,00$ = $3^m,68$				
A déduire : vieux matériaux $1^m,37$				
Reste $2^m,31$		2, 31	7, 15	16, 52
Fourniture de pierre cassée et emploi				
$2^m,30 \times 0^m,15 \times 8^m,00$		2, 76	14, 55	40, 16
Fourniture de sable pour agrégation $\frac{2^m,76}{5}$		0, 55	5, 33	2, 93
Cylindrage de chaussée $8^m,00 \times 2^m,38$		18, 24	1, 60	18, 24
Total				401 ^{fr} ,06
Prix du mètre linéaire se décomposant comme suit :				
Acier, fer, fonte	$\frac{125,85}{8} = 15,731$			
Traverses	$\frac{21,60}{8} = 2,700$			
Ballast et empierrement	$\frac{99,45}{8} = 12,431$			
Pavés et pavages	$\frac{79,76}{8} = 9,970$			
Main-d'œuvre (fouilles et pose)	$\frac{74,40}{8} = 9,300$			
Total	$\frac{401,06}{8} = 50,132$ soit 51 ^{fr} .			

46

PRIX DE REVIENT DES VOIES

PRIX DE REVIENT DES VOIES

47

Nous avons donné ces tableaux à titre de simple aperçu, ce sont les prix de revient indiqués par M. Heude ⁽¹⁾ pour la construction des tramways Nogentais, tant pour la voie Vignole en trottoir que pour la voie Heude en chaussée, soit empierrée, soit pavée, sur assise ordinaire ou sur assise en béton.

Entretien. — On conçoit qu'il soit encore plus difficile que pour le premier établissement de donner une valeur même très approximative à l'entretien des voies, les éléments qui font varier le prix de premier établissement font également varier l'entretien, mais ce dernier varie surtout : avec le soin qu'on a apporté au premier établissement, avec le trafic propre des lignes de tramway et encore plus avec le trafic du roulage sur les voies en chaussée, avec la nature du sol, et enfin avec la célérité que l'on apporte à effectuer les travaux d'entretien lorsqu'il est reconnu qu'une partie a besoin de réparations, et avec la manière dont sont effectués les travaux d'entretien. C'est l'influence de ces

⁽¹⁾ *Annales des Ponts et Chaussées*, 1^{er} semestre, 1890, p. 581.

divers éléments qui fait que, dans certains cas, le prix d'entretien du kilomètre de voie en chaussée varie dans le rapport de 1 à 6 d'un tramway à l'autre.

Il est évident que les dépenses d'entretien des voies sont en rapport avec la nature du sol, la largeur de la chaussée, la nature du revêtement, la nature du matériel roulant, la vitesse de marche, etc. Les dépenses d'entretien des voies sont en rapport avec la nature du sol, la largeur de la chaussée, la nature du revêtement, la nature du matériel roulant, la vitesse de marche, etc.

Les dépenses d'entretien des voies sont en rapport avec la nature du sol, la largeur de la chaussée, la nature du revêtement, la nature du matériel roulant, la vitesse de marche, etc. Les dépenses d'entretien des voies sont en rapport avec la nature du sol, la largeur de la chaussée, la nature du revêtement, la nature du matériel roulant, la vitesse de marche, etc.

CHAPITRE V

TYPES DE VOIE EMPLOYÉS EN ANGLETERRE

Nous allons examiner quelques-unes des voies employées en Angleterre, et, à cet effet, nous ferons de fréquents emprunts à l'ouvrage de M. D.-K. Clark ⁽¹⁾, qui est d'ailleurs l'un des ouvrages les plus complets parus sur la matière et auquel nous ne pouvons que renvoyer le lecteur pour les détails de la pratique anglaise.

Les voies dites américaines posées sur longrines en bois tendent à disparaître comme en France, même pour les lignes à chevaux, cepen-

⁽¹⁾ D.-K. CLARK. — *Tramways, Their construction and working.*

dant une compagnie importante, celle des tramways de Liverpool dont le réseau a un trafic très important et est placé dans des rues où circule un très gros charroi, a conservé la voie Deacon qui y donne de bons résultats. Nous ne décrirons pas ici ce système de voie qui est du système dit américain, formé de rails à gorge en acier pesant 20 à 21 kilogrammes le mètre courant, reposant sur des longrines en bois d'abord, en fonte ensuite, reposant elles-mêmes sur une assise en béton de ciment ; le rail n'est pas fixé comme d'ordinaire à la longrine, mais à des tiges boulonnées prisonnières dans le lit de béton. La nature des matériaux de choix employés et le soin apporté à l'exécution ainsi que le système lui-même qui permet aux pavés de se juxtaposer exactement aux longrines et aux rails en ont fait une voie qui se comporte bien.

Plusieurs autres systèmes ont été imaginés en vue de remplacer les longrines en bois par les longrines en fonte ; celles-ci sont généralement évidées au milieu et on remplit les vides de béton, de manière à fournir aux pavages la surface d'appui nécessaire. Dans ce système, se rangent les voies Mackieson, Barker, Dugdale, Shaw, etc., qui ont reçu quelques applications.

Dans quelques-uns de ces systèmes, les longrines laissent parfois subsister quelque intervalle entre elles, de sorte que la base d'appui n'est pas absolument continue.

Dans la pose sur longrines en fonte ou en bois, les rails peuvent avoir, selon la forme des longrines, celle d'un **H** (dont la cuvette inférieure repose sur la longrine et dont la cuvette supérieure, un peu plus garnie de métal, forme l'ornière), ou celle d'un **T** dont l'aile horizontale forme la table de roulement pourvue d'une rainure et dont la queue s'engage dans une rainure des longrines où elle vient s'assembler au moyen de clavettes ou de boulons.

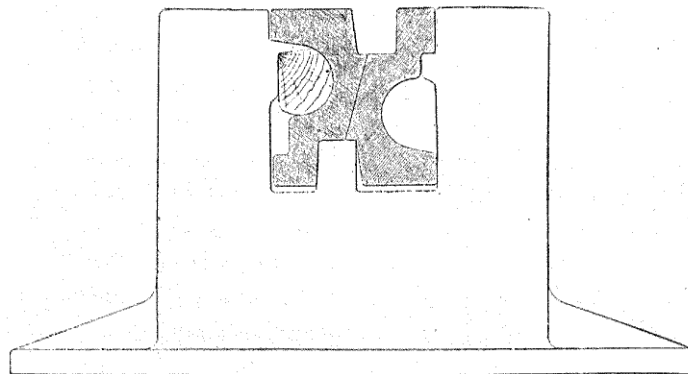
Il y a également, dans le même ordre d'idées, des systèmes de voie formés de rails de même type que les précédents et posés sur des coussinets ou cloches métalliques isolés, au lieu de reposer sur des longrines; les coussinets ou cloches sont à base plus ou moins grande et fournissent au rail des longueurs d'appui plus ou moins considérables. Ces coussinets ou cloches sont fixés soit dans des blocs de béton placés dans le sol, soit simplement posés sur le sol et réunis au moyen d'entretoises. Dans cette catégorie se rangent les systèmes de voie

Kincaid, Wilson, Cockburn-Muir, Livesey, Meakin, etc.

Voie Aldred-Spielman. — On est ensuite entré dans la voie des rails posés sur coussinets reposant eux-mêmes sur des traverses auxquelles ils sont fixés.

Dans cette catégorie, il faut classer la voie assez originale Aldred-Spielman, employée sur

Fig. 12

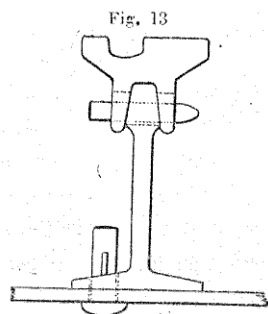


certaines tramways de Londres et représentée *fig. 12*. Elle se compose d'un rail formé en deux parties pesant ensemble 32 kilogrammes en-

viron par mètre courant, dont l'assemblage forme une ornière, et qui estversible. Dans cette voie, le rail est forcé à coin contre le contre-rail, la voie s'éclisse ainsi d'elle-même dans les coussinets, en ayant soin de chevaucher les longueurs de rails et de contre-rails.

Avant d'arriver au rail-poutre, genre Broca, actuellement employé sur la plupart des tramways anglais, on a fait des essais de voie en plusieurs pièces avant d'arriver au rail d'une seule pièce; parmi ces voies, il faut citer les voies Page et Vignoles.

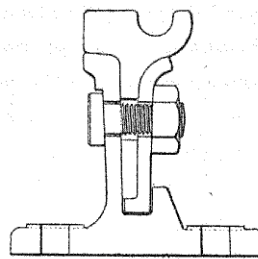
Voie Page. — Cette voie comporte un rail



représenté par la *fig. 13*, formé de trois pièces : le champion à gorge, claveté sur la tête de l'âme, et pesant 21 kilogrammes le mètre courant, l'âme en fer pourvue d'un patin, claveté lui-même sur une semelle en tôle. La voie, ainsi constituée, est posée sur une assise en béton et maintenue à l'écartement au moyen d'entretoises en fer.

Voie Vignoles. — Elle est formée (*fig. 14*), par un champignon à gorge, pourvu d'une assez longue queue, pesant 21 kilogrammes le mètre courant, qui vient s'appuyer contre la face interne d'un coussinet dont l'extrémité supérieure supporte un des côtés de champignon, dont l'autre côté est supporté par un coin s'appuyant sur le fond du coussinet, le tout est assemblé par un boulon ; les coussinets dont il vient d'être parlé sont fixés, au moyen de boulons, sur des traverses en bois.

Fig. 14



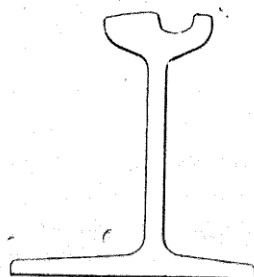
On est enfin arrivé au rail-poutre d'une seule pièce qui est maintenant de beaucoup le plus répandu, tout en présentant des profils assez différents et des modes de pose assez divers.

Le poids des rails employés varie de 25 à 55 kilogrammes le mètre courant, la hauteur totale de 100 à 205 millimètres ; le patin a une largeur variant de 75 à 180 et la largeur du champignon varie de 66 à 108, la largeur du rebord formant contre-rail étant de 13 millimètres environ.

L'épaisseur du patin augmente depuis les extrémités où elle est de 6^{mm},5 jusque près du congé de raccord avec l'âme où elle atteint 10 et même 17 millimètres. L'âme a une épaisseur variant de 9,5 à 13; tous ces rails sont généralement construits de telle sorte que l'axe de l'âme passe par le bord ou près du bord de l'arête de la gorge contiguë à la table de roulement.

Rail Gowans. — L'un des premiers rails-poutres employés en Angleterre, a été celui de M. Gowans (*fig. 15*), qui pèse 42 kilogrammes

Fig 15



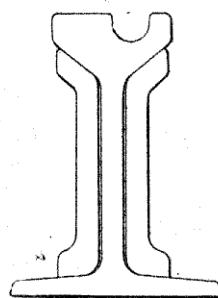
par mètre, a une hauteur totale de 178 avec un patin de mêmes dimensions, mais excentré, c'est-à-dire ayant plus de saillie du côté de la table de roulement que du côté intérieur; le champion a une largeur totale de 76, se décomposant : table de roulement 40, ornière 25, contre-rail 11; l'âme a 9,5 d'épaisseur et les rails, ayant une longueur de 8^m,10, sont assemblés par des éclisses pesant

8^{kg}, 200 la paire. Le rail est placé sur une assise en béton de 150 millimètres d'épaisseur, sur laquelle reposent également les pavés d'une hauteur de 100 seulement, de sorte que le rail est encastré dans le béton. Par intervalles, l'âme du rail est évidée d'abord pour alléger le rail et ensuite pour permettre à la couche de béton de passer au travers du rail. Mais on semble avoir renoncé au patin dissymétrique et aux âmes évidées.

Nous donnons ci-dessous (*fig. 16*), un profil de rail employé sur les

South London tramways pesant 55 kilogrammes le mètre courant, ayant une hauteur totale de 203, un patin de 152, un champignon de 82 avec une table de roulement de 42 et une âme de 13, les éclisses ont des dimensions inusitées,

Fig. 16



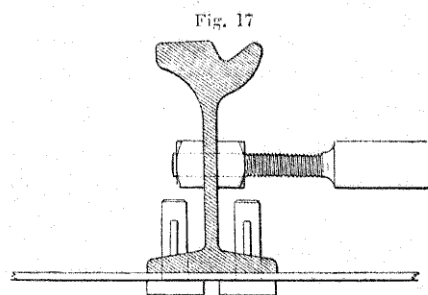
elles ont 600 de long, 17 d'épaisseur et pèsent 46 kilogrammes la paire, 28 l'une et 18 l'autre.

Ces rails sont maintenus à l'écartement par des entretoises en fer.

Voie Winby et Levick. — Dans d'autres systèmes, on a réduit la largeur du patin, et on

donne la base aux rails en les assemblant sur des tôles ou en les plaçant sur des traverses.

Tel est le cas de la voie Winby et Levick représentée *fig. 17*. Le rail pèse 29 kilogrammes le mètre courant, il a 152 millimètres de hauteur, le champignon a 73 millimètres de large,

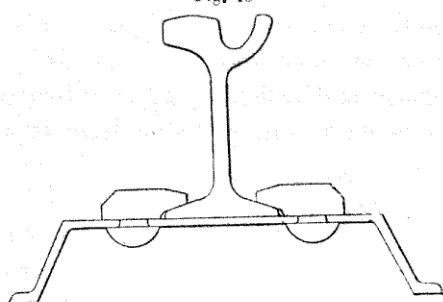


41 de table de roulement, 22 d'ornière et 10 de contre-rail, le patin a 89 de large et il est claveté sur des tôles de 300 de large et 6,5 d'épaisseur par longueurs de 3^m,60 juxtaposées; l'écartement des rails est maintenu par des entretoises.

Voie Kerr. — La voie Kerr est une voie analogue; elle est posée, soit sur cloches noyées dans le béton (*fig. 18*), soit sur des traverses métalliques encastrées dans le béton comme le

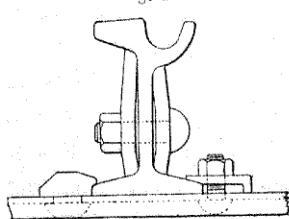
représente la *fig. 19*; la fixation du rail sur la

Fig. 18



traverse se fait par un ergot d'un côté, et un crapaud boulonné sur la traverse embrassant le patin, de l'autre côté.

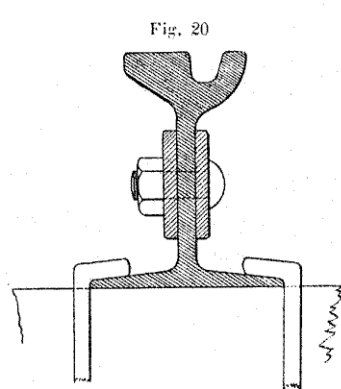
Fig. 19



Voie Johnstones et Rankine.— Enfin les rails peuvent être posés sur des traverses

en bois comme l'ont fait MM. Johnstones et Rankine aux tramways de Glasgow (*fig. 20*). Le rail pèse 39 kilogrammes le mètre courant, il a 165 millimètres de haut, un patin de 140, un champignon de 86 (table de roulement 44, ornière 29, contre-rail 13), et une âme de 13. Les

éclisses consistent en de simples fers plats reliant les rails, et ne s'épaulant pas contre le rail et le champignon contrairement à la pratique ordinaire. Les traverses sont en bois de la Baltique créosoté, elles ont 2^m,40 de long (pour une voie de 1^m,44), 0,155 de large et 0,100



d'épaisseur, de sorte que la hauteur du coffre est de 0,265. Les rails sont fixés sur les traverses au moyen de crampons ; les traverses sont espacées de 1^m,00 en voie courante et de 0,75 aux joints,

de telle sorte qu'il y a sept traverses par longueur de 7^m,20. Les traverses sont encastrées dans un lit de béton formé de cinq parties de cailloux à l'anneau de sept et demi, deux parties de sable fin et une partie de ciment de Portland, au-dessus de laquelle on met une couche de béton en cailloux ou roches plus menus, de manière à se trouver au-dessus des traverses et c'est sur cette couche que l'on pose les pavés sur sable.

CHAPITRE VI

TYPES DE VOIES AMÉRICAINES

Les voies les plus employées en Amérique sont du type dit poutre, genre Broca, posées sur traverses, avec un patin très large, un champignon formé par une table de roulement et une aile perpendiculaire à l'âme qui, repliée, formerait la gorge de rail Broca mais que les Américains laissent encore droite; les rails sont, en outre, réunis par des entretoises en fer.

Voici, d'après M. E. H. Monks, directeur de la West End Street C^o de Boston, une des plus grandes Compagnies américaines de tramways, la description d'une voie convenant à la traction mécanique.

Traverses. — En chêne ou en châtaignier de 2,00 de long, 0,16 de large, 0,13 d'épaisseur,

espacées de 0,90 d'axe en axe et deux traverses placées l'une de chaque côté du joint à 0,200 de celui-ci.

Sable. — Fin, propre, exempt de limon et de terre. Bourrer soigneusement les traverses, particulièrement celles de joint.

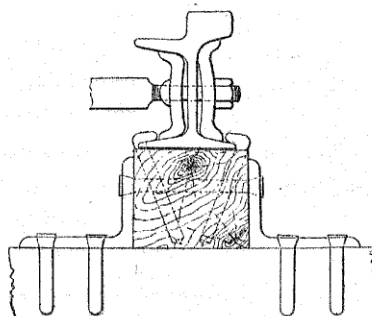
Rail. — Une poutre d'une hauteur suffisante pour permettre d'interposer 5 centimètres de sable entre le sommet des traverses et la face inférieure des pavés ; largeur de la table de roulement 54 millimètres ; largeur de la surface de roulement 70 millimètres ; épaisseur de l'âme 13 à 14 millimètres ; largeur du patin 140 à 152 millimètres. Rail posé directement sur les traverses et fixé sur elles au moyen des crampons ordinaires des chemins de fer de 115 millimètres de longueur. Poids du rail 50 kilogrammes par mètre courant environ et percé de trous pour les éclisses, les entretoises en fer et les connexions électriques s'il y a lieu.

Entretoises. — Barres en fer plat espacées de 1,80 avec des extrémités rondes et filetées, pour traverser l'âme des rails et les entretoiser avec des écrous convenables.

Éclisses. — En acier de 762 millimètres de longueur, légèrement en forme d'U, bien adaptées au profil du rail, percées de six trous pour boulons de manière à permettre la dilatation du rail. Employer les meilleures qualités de boulons et écrous. Frapper continuellement sur la tête du boulon avec un marteau de 12 livres, quand on met l'écrou en place.

Boîtes de joint. — Fortes boîtes en fonte avec couvercle amovible dont la face supérieure

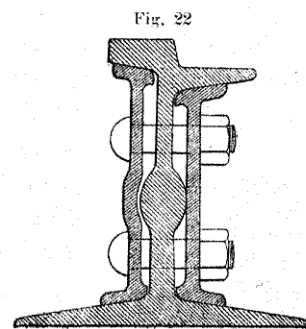
Fig. 21



est striée, à placer et clouer sur les traverses. Elles doivent être placées sur le côté extérieur de la voie à chaque joint de rail, ce qui permet de faire des visites fréquentes et peu dispendieuses des joints de rail et d'exécuter les réparations

nécessaires. Ces boîtes sont construites de telle sorte qu'un de leurs côtés forme éclisse et que la base serve en même temps de coussinet au rail.

La *fig. 23* représente une de ces boîtes de joint, telles qu'elles sont adoptées par la West End Street C^o de Boston; elle est représentée accolée à un rail ancien type de cette même Compagnie dont la voie courante est représentée par la *fig. 21*;



le rail à patin est posé sur des tasseaux placés eux-mêmes sur les traverses, de manière à avoir toute la hauteur désirable pour placer les pavages; le patin du rail est fixé sur les tasseaux au moyen de crampons

et les tasseaux sont eux-mêmes reliés aux traverses au moyen de fers cornières. La mise en place des pavés est en outre facilitée par ce fait que la largeur totale du champignon du rail est à peu près égale à celle des tasseaux.

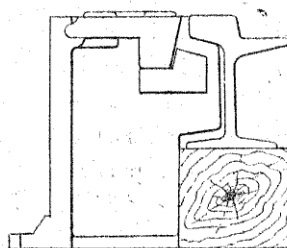
On peut voir sur la *fig. 23* la manière dont le rail s'assemble sur la boîte de joint; la partie latérale du socle de la boîte a exactement

la hauteur des tasseaux de la voie courante ; un des bords de la boîte forme éclisse et le restant de la base de la boîte de joint repose sur la traverse et y est fixé par des crampons ou tire-fonds. On peut donc ainsi avoir facilement accès aux écrous du côté extérieur du rail, les visiter et les changer aussi fréquemment qu'il le faut sans le moindre inconvénient.

La *fig. 21* montre également l'éclissage et l'entretoisement.

La *fig. 22* représente le nouveau rail de la même Compagnie ; c'est un rail à très grand patin avec un fort champignon ayant une âme très haute, renflée en son milieu et percée de deux trous, un de chaque côté du renflement, pour laisser passer les boulons d'éclisses ; les éclisses ayant une très grande longueur paraissent avoir besoin d'être assujetties par deux boulons ; elles sont dissymétriques et s'appuient à la fois sur le champignon et le patin.

Fig. 23



CHAPITRE VII

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les voies de tramways ne présentent de particularités saillantes que si elles sont noyées en chaussée. Dans ce dernier cas, en France, l'administration prescrit l'emploi de rails à gorge ou accompagnés de contre-rails ; seulement, dans certains cas, particulièrement dans le cas de chaussées empierrées, l'administration peut dispenser de cette prescription, mais il est toutefois à noter que sur les voies très fréquentées par les charrois, même sur les chaussées empierrées, le contre-rail est d'une réelle efficacité surtout dans les passages en courbe et dans les parties où la voie ferrée traverse les chaussées ; avec un rail simple, en effet, on est obligé de créer dans le macadam une ornière intérieure pour le passage des boudins et il est difficile de ne pas

la laisser s'agrandir sous l'action du passage des charettes, même en y apportant le plus grand soin avec l'emploi d'un contre-rail, l'ornière primitive n'a pas besoin d'être créée soit du côté du rail, soit du côté du contre-rail, même à l'état embryonnaire, et il est alors plus facile d'empêcher la formation dans le macadam d'ornières de dimensions gênantes pour la circulation du roulage.

En France, on emploie en chaussée le rail à gorge concurremment avec la voie formée de rails et de contre-rails, chacune de ces voies ayant ses partisans. On fait valoir, en faveur des voies formées de rails jumelés, que la pression produite par le passage des véhicules, de tramways et des voitures passe par l'âme verticale (dont l'axe coïncide avec celui des champignons) tandis qu'avec les rails à gorge cette pression est en porte-à-faux par rapport à l'âme. La largeur des ornières est fixée à un maximum de 29 millimètres en alignement et 35 millimètres en courbe, de sorte qu'avec la voie à rails jumelés, il suffit pour la pose des courbes d'employer des coussinets différents en conservant les mêmes rails, tandis qu'avec les rails à gorge il faut employer des barres ayant des largeurs de gorge différentes, c'est ce qui fait d'ailleurs que souvent, avec le rail à gorge, on pose partout des

rails avec une gorge de 29 pour éviter cet inconvénient ; sur les voies à rails jumelés, la résistance des véhicules à la traction semble être plus faible qu'avec les rails à gorge ; enfin les rails et les contre-rails sont de même profil et par conséquent interchangeables, ce qui permet de mettre le contre-rail à la place du rail quand ce dernier est un peu usé, de manière à établir une dénivellation entre les deux sommets et de renouveler cette opération autant que les barres le permettent ; en outre, l'ornière n'a pas de profondeur limitée comme dans le rail à gorge, de sorte qu'on évite l'inconvénient suivant reproché à celui-ci ; quand le rail est usé, le boudin des roues porte au fond de la gorge et fatigue le métal, en ce point, parfois au point de déterminer des cassures.

Les partisans du rail à gorge réclament, de leur côté, les avantages d'avoir une voie dans laquelle le rail est d'une seule pièce, ce qui évite les complications de l'assemblage du rail et du contre-rail, et en même temps rend la pose plus facile, moins coûteuse et l'entretien moins onéreux ; contrairement à ce qui a lieu dans les voies avec rails jumelés toute la section du rail concourt à la résistance lors du passage des véhicules de tramway, tandis que dans l'autre sys-

tème il n'y a que la moitié ; cet avantage est compensé, il est vrai, en partie par l'inconvénient d'avoir un poids roulant en porte-à-faux par rapport à l'âme et de ne pas être formé de deux moitiés que l'on peut faire user successivement.

Pour un même poids de rails, la voie à gorge offre donc, pour la résistance au passage des véhicules de tramways, un poids de voie double de celui de la voie à rails jumelés ; mais, en matière de voies de tramways, il ne faut pas se placer comme résistance de voie seulement au point de vue de la fatigue imposée par les véhicules circulant sur la voie ferrée, car les voitures des charrois qui circulent dans les chaussées fatiguent les voies de tramways autant, sinon plus, que les véhicules des tramways, et, à ce point de vue, les deux systèmes de voie présentent à la résistance des véhicules ordinaires le même poids de rail.

Les ingénieurs anglais semblent attacher une grande importance à la forme de la gorge ; dans la plupart des profils, l'arête contiguë à la table de roulement est verticale tandis que celle qui est contiguë au contre-rail est inclinée ; cette disposition a pour but de faire rejeter par la roue elle-même, lors du passage des boudins, les poussières ou boues qui se trouvent dans l'or-

nière; sans cela l'engorgement des ornières a pour effet de faire rouler les roues sur leurs boudins qui exercent alors une pression sur le fond de la gorge du rail par l'intermédiaire des corps durs : pierres, graviers, poussière, sable, boue, etc., qui s'y trouvent, de la même manière que si la table de roulement étant usée, le boudin portait directement sur le fond de la gorge. Or, ce point est la partie faible de la section du rail et il s'y produit alors des fentes ou des cassures. D'autre part, l'engorgement a pour effet d'augmenter notablement la résistance à la traction. Les rails anglais présentent d'ailleurs presque tous cette particularité des faces de la gorge; malgré ces considérations les profils de rails à gorge employés en France comportent des faces verticales des deux côtés, il est vrai que les gorges ont une profondeur sensiblement plus grande, qui s'élève à 28 dans le rail Broca et 32 dans le rail Humbert.

Quant aux Américains, ils emploient peu le rail à gorge complète, c'est-à-dire qu'au lieu de rabattre au laminage l'aile qui forme ensuite la gorge, ils la laissent droite.

On semble avoir renoncé, d'une manière presque générale, aux voies dites américaines formées par des rails à gorge posés sur longrines,

et l'on ne trouve guère que les systèmes de voie précédemment décrits au chapitre premier.

Ces différents systèmes de voie se prêtent également à la pose sur un sol ordinaire et sur une assise en béton. Dans le sol ordinaire, toutes les voies ont des rails qui reposent sur des traverses soit directement, soit par l'intermédiaire de coussinets, à l'exception de la voie Broca, dont le rail repose directement sur le sol. Avec une assise en béton, le rail Broca repose directement par son patin sur celle-ci, ou y est encastré; les voies Marsillon et Heude reposent par des coussinets sur le béton, ou y sont encastrées. La voie Humbert a ses traverses noyées dans le béton.

Au point de vue de la résistance dans le sens vertical, on sait que la fatigue du métal est proportionnelle à la distance entre les appuis, et que la flèche prise par les barres est proportionnelle au cube de cette même distance, toutes autres choses restant égales d'ailleurs. Les coefficients de proportionnalité sont donnés par les formules de la résistance des matériaux ⁽¹⁾.

(1) Ces formules sont :

$$R = \frac{1}{8} Pl \frac{v}{I} \quad f = \frac{Pl^3}{192EI}$$

Il faut que la fatigue du métal ne dépasse pas une limite déterminée et, en outre, on tient à avoir une voie rigide, c'est-à-dire fléchissant le moins possible, dans le double but d'avoir une surface de roulement la meilleure possible au point de vue de la traction des véhicules, et une voie qui se déplace le moins possible par rapport à la chaussée avoisinante. En partant de ces considérations, on voit que plus les appuis sont rapprochés, plus la voie est meilleure, et on arrive à conclure que la voie Broca à patin, reposant directement sur le sol, est une voie parfaite car, elle repose sur un appui continu et est à ce point de vue, bien supérieure à toutes les autres. Ainsi poussé à l'extrême, ce raisonnement est exagéré, car malgré tout le soin apporté à la confection de l'assise, même quand elle est en béton, on ne peut obtenir une base d'appui rigoureusement continue ; il y a des points faibles, les points

si on considère les poutres comme encastrées à leurs extrémités et

$$R = \frac{1}{4} \frac{Pl^2}{I} \quad f = \frac{Pl^3}{8EI}$$

si on considère qu'elles reposent seulement sur deux appuis ; en pratique, ce n'est probablement ni l'une ni l'autre qui correspondent à la réalité, mais dans tous les cas, l'adoption de l'une d'elles peut servir à établir des comparaisons.

d'appui réels changent souvent sans même être concordants sur les deux files de rails, et ce qui semblait être d'abord un avantage devient alors un inconvénient ; car il est bien préférable d'avoir un petit nombre de points d'appui solidement et soigneusement établis que d'en avoir un plus grand nombre établis sans soin, ou que leur rapprochement empêche matériellement de bien établir ; c'est particulièrement le cas des traverses trop rapprochées.

Dans le sens transversal, les voies de tramways subissent des efforts considérables de la part des voitures ordinaires ; les rails éprouvent, de ce fait, une tendance au renversement lorsque les roues des voitures les croisent ou les longent en suivant des ornières formées le long des rails ; pour résister à ces efforts, concourent les attaches des rails sur les traverses et les pavages. Il est évident que plus la base d'appui est étendue, plus la stabilité de la voie est grande ; à ce point de vue, les voies posées sur traverses présentent un avantage incontestable ; aussi quelques ingénieurs anglais, employant le rail-poutre à patin réduit, les ont faits reposer soit sur des tôles plus ou moins grandes, soit sur des traverses en bois ou en fer, le plus souvent noyées dans le béton. Les pavages contri-

buent évidemment à maintenir la voie en position ; mais il faut, autant que possible, éviter de compter sur ce moyen, ainsi que sur l'encastrement dans le béton pour maintenir la voie et l'assurer par un autre moyen.

Les rails employés aujourd'hui sont presque exclusivement en acier, plutôt dur de préférence. Pour les traverses, on emploie, en France, presque exclusivement du chêne, en Angleterre, les ingénieurs semblent préférer les bois du Nord créosotés.

En tous cas, enfoui dans le sol, le chêne, absolument dépourvu d'aubier, se conserve bien, surtout lorsqu'il est placé dans un pavage jointoyé en mortier de ciment. Les traverses métalliques, comme la traverse de la voie Humbert, se comportent bien ; M. Humbert, pour donner à sa voie une élasticité se rapprochant de celles posées sur traverses en bois, a interposé une semelle en bois comprimé entre le coussinet et la traverse métallique.

Dans une voie de tramway, il faut autant que possible que l'ensemble formé par la chaussée ordinaire et par la voie ferrée forment un tout solidaire placé au même niveau ; il faut éviter d'établir la voie très solidement et en même temps de mal poser les pavages ; ceux-ci s'affais-

sent, la voie reste surélevée, il se forme des ornières le long des rails, par suite de l'affaissement des pavés, et il en résulte beaucoup d'ennuis ; aussi les ingénieurs anglais ont-ils commencé depuis longtemps, et on commence maintenant en France, dans certaines grandes villes, à faire des assises solides en béton au ciment de Portland, sur lesquels reposent la voie et les pavages ; de cette manière, le tout est bien relié ensemble ; on effectue même les joints au mortier de ciment, quand on emploie des pavés en granit. Cet ensemble de dispositions coûte cher, il est vrai (40 francs par mètre linéaire de voie double à Paris), mais il donne une bonne voie. Cette considération d'avoir un ensemble solidaire de la chaussée et de la voie fait souvent dire que les voies de tramway ne doivent pas être du tout élastiques ; outre que cette condition est absolument impossible à réaliser, c'est encore là une exagération, car avec une voie un peu élastique, la douceur de roulement des voitures de tramway est bien plus grande, et on peut concilier les deux conditions en adoptant une pose sur traverses dans laquelle la flèche est très faible sous l'action du passage des voitures.

Une condition essentielle, c'est également d'avoir un écartement de la voie bien rigoureux,

et à ce point de vue la pose sur-traverses donne toute satisfaction.

Dans tous les cas, le constructeur d'une ligne de tramways, qui a pour but de l'exploiter, doit apporter tous ses soins à l'établissement de la voie, même au prix de sacrifices très considérables. Une voie bien établie est facile à entretenir et coûte peu d'entretien ; d'autre part, elle est douce et facilite la traction ; les dépenses de traction et d'entretien de matériel s'en ressentent d'une manière très marquée.

DEUXIÈME PARTIE

MATÉRIEL

Avant d'entrer dans la description des différents modes de traction, nous allons procéder à l'examen sommaire des conditions générales que doit remplir le matériel, tant au point de vue de la puissance qu'il s'agit de développer que des dispositions que doit présenter le matériel, particulièrement au point de vue de la facilité de circulation en courbe qui constitue le point délicat essentiel du matériel des tramways et des chemins de fer à voie étroite.

CHAPITRE PREMIER

PUISSANCE A DÉVELOPPER. RÉSISTANCES A LA TRACTION

La puissance à développer est fonction de la vitesse et de l'ensemble des résistances des véhicules au roulement et des mécanismes des moteurs.

A. RÉSISTANCE AU ROULEMENT

La résistance au roulement comprend : la résistance propre des véhicules en palier et alignement, la résistance des courbes et enfin la résistance des pentes et rampes.

La résistance des pentes et rampes s'exprime à raison de 1 kilogramme par millimètre par mètre de déclivité ; quant aux deux autres élé-

ments, pour les évaluer, il faut avoir recours aux données de l'expérience. Sur les chemins de fer, il a été procédé, à ce sujet, à de nombreuses expériences à la suite desquelles on a établi des formules empiriques.

Pour la résistance en palier et alignement, on a établi des formules ⁽¹⁾ dans lesquelles la résistance croît proportionnellement à la vitesse ou au carré de la vitesse.

Pour les courbes, on a établi des formules ⁽²⁾

(1) Les plus connues sont les suivantes :

$$r = 1,8 + 0,08V \text{ (Est)}$$

$$r = 1,5 + 0,1V \text{ (P.-L.-M.)}$$

$$r = 1,5 + \frac{V^2}{1100} \text{ (Orléans)}$$

$$r = 0,07V \text{ (Nord).}$$

V désignant la vitesse en kilomètres à l'heure.

Toutes ces formules ne sont d'ailleurs guère applicables qu'entre des limites de vitesse déterminées.

(2) Les plus connues sont :

$$c = \frac{1125 + 25n}{2R} \text{ P.-L.-M.}$$

$$c = \frac{1000Vn}{R^2} \text{ Orléans}$$

n , désigne le nombre de véhicules ;

V , désigne la vitesse exprimée en kilomètres à l'heure ;

R , indique le rayon des courbes exprimé en mètres ;

dans lesquelles la résistance croît proportionnellement à la vitesse et au nombre des véhicules, et en raison inverse du rayon des courbes ou du carré de ce rayon.

Dans les tramways, les expériences faites ont été beaucoup moins nombreuses (nous allons d'ailleurs les relater ci-dessous), en tous cas, on n'a pas déterminé séparément, d'une manière précise, les résistances en alignement et les résistances en courbe; la question ne présente d'ailleurs pas, pour les tramways, la même importance que pour les chemins de fer. En effet, les variations de vitesse ne sont jamais bien considérables : des règlements administratifs fixent d'ailleurs des maxima de vitesse pour les différents cas : dans les villes, sur des voies noyées en chaussée et à la traversée des agglomérations même sur les voies placées en accotement. En outre, lorsque le tracé présente des courbes raides assez fréquentes, on est obligé, au passage des courbes, de réduire la vitesse à des taux qui puissent assurer la circulation sans danger; en outre, le nombre des véhicules est faible, quand il n'est pas réduit à l'unité, comme c'est le plus souvent le cas dans les tramways de ville, de sorte que, pour un tramway ou un chemin de fer sur routes, on peut pratiquement admettre

un chiffre global moyen pour les résistances en alignement et les résistances en courbe.

Il faut ajouter aussi que la résistance en courbe dépend aussi beaucoup du mode de construction du matériel roulant; les chiffres relatés ci-dessous se rapportent à du matériel rigide, dont les essieux ont toutefois du jeu dans leurs plaques de garde, mais les résistances sont très probablement moindres avec des bogies ou des essieux convergents, et d'autant moindres que les essieux réalisent plus facilement l'inscription en courbe.

En tous cas, la résistance varie avec l'état d'entretien des voies et l'état de propreté du rail; elle n'est pas non plus la même sur des voies à ornière que sur des voies sans ornière, les voies à ornière présentant plus de résistance par suite de l'existence même de l'ornière et du surcroît de la résistance que présente son engorgement qui existe toujours plus ou moins, quelles que soient les précautions que l'on prenne pour bien les nettoyer.

Il a été fait un nombre assez considérable de mesures de résistance en bloc.

Les chiffres que nous citerons ci-dessous ne s'appliquent qu'à des véhicules ayant les roues toutes munies de boudins.

Sur la ligne de tramways de Paris à Versailles, M. Tresca a trouvé une résistance de 10 kilogrammes par tonne en chaussée macadamisée avec des voies à ornière.

Sur le tramway électrique de Mödling, près de Vienne ⁽¹⁾, on a trouvé que la résistance moyenne sur des voies présentant des courbes de 30 mètres de rayon était à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure, déduction faite de l'action des pentes et rampes :

de 8 à 10 kilogrammes (moyenne 9 kilogrammes) par tonne sur des voies Vignole ordinaires
de 12 kilogrammes par tonne en moyenne sur des voies à ornière.

M. Perrett a trouvé sur les tramways de Nottingham, que, sur une voie moyennement entretenue, la résistance

en palier et alignement	était de	11 ^{kg} ,3	par tonne
en courbe de 14 mètres de rayon		16 ^{kg} ,3	"
" 7 "		25 ^{kg} ,0	"

La même voiture avait en alignement et palier avec des ornières engorgées une résistance de 22^{kg},5 par tonne.

M. Clark ⁽²⁾, estime que la résistance moyenne

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, avril 1899.

⁽²⁾ D.-K. CLARK. — *Tramways Their construction and working*.

des tramways peut être évaluée (courbes comprises, mais déduction faite des pentes et rampes), à $13^{\text{kg}},6$ par tonne avec des ornières engorgées, elle peut s'élever à $27^{\text{kg}},2$, et qu'au contraire une résistance de 7 kilogrammes par tonne ne se rencontre que rarement avec des rails mouillés, neufs et en alignement.

Nous pouvons donc admettre que sur des voies à ornière bien entretenues, avec des ornières fréquemment nettoyées, la résistance moyenne, en dehors de celle des pentes et rampes, est de $12^{\text{kg}},5$ par tonne; si les ornières sont engorgées, cette résistance peut doubler, si elles sont dans un état de propreté absolu, elle peut diminuer notablement.

Sur des voies sans ornière (où toutefois le boudin des roues puisse trouver librement son passage) mais où les rails sont sujets à être recouverts de boue ou de poussière par suite du passage des voitures ou des piétons, on peut admettre comme résistance le chiffre de 10 kilogrammes par tonne.

On a remarqué que la présence sur les rails, soit de poussière, soit de boue, augmente la résistance dans des proportions considérables (et la rend même plus que double), selon la quantité de poussière, sable ou boue qui se trouvent sur la voie.

On peut admettre comme résistance sur des voies sans ornière dont le rail est absolument propre, analogue à celui des chemins de fer en pleine voie, par exemple les voies placées en déviation, une résistance moitié moindre de la précédente, soit 5 kilogrammes par tonne.

Pour les voies sans ornière, moyennement sales, par exemple, certaines voies en accotement, on peut admettre un chiffre moyen $7^{kg,5}$ par tonne ⁽¹⁾.

Les chiffres qui précèdent sont sanctionnés par quelques expériences, mais on peut se rendre compte qu'ils ne sont qu'approximatifs, la résistance globale comprenant en effet celle due aux courbes dont l'influence est d'autant plus grande que leur fréquence augmente par rapport à la longueur totale de la ligne.

En tous cas, les observations faites sur plusieurs points nous portent à croire que les chiffres donnés ci-dessus doivent être considérés comme des maxima.

⁽¹⁾ Dans tout ce qui précède, il n'a pas été tenu compte de la largeur de voie qui, d'ailleurs théoriquement, n'intervient que dans la résistance en courbe : or, celle-ci ne forme qu'une faible partie de la résistance globale que nous envisageons, et on peut admettre que ces chiffres s'appliquent à toutes les largeurs de voie.

B. RÉSISTANCE DES MÉCANISMES

On entend par résistance du mécanisme, non la résistance entière due aux véhicules moteurs, mais l'excès de résistance de ces véhicules, considérés d'abord comme véhicules roulants, sur leur résistance au roulement.

La résistance des mécanismes varie naturellement beaucoup avec les systèmes de moteurs et de traction employés.

C. RÉSISTANCE AU DÉMARRAGE

La résistance ou plutôt l'effort au démarrage est un élément qui intervient aussi dans la puissance du moteur.

Il convient, en effet, de pouvoir démarrer rapidement; les démarrages lents faisant en effet perdre énormément de temps, surtout sur les lignes où les arrêts sont très fréquents.

De nombreuses expériences ont été faites sur la mesure des efforts au démarrage; la C^{ie} Gé-

nérale des omnibus, en 1879, a trouvé ⁽¹⁾, avec des voitures de tramways à chevaux ayant des boudins d'un seul côté seulement, que les efforts au démarrage variaient entre 46^{kg},6 et 83^{kg},3 par tonne, soit une moyenne de 65 kilogrammes par tonne.

Les mécanismes doivent être faits afin de pouvoir développer l'effort maxima qui est de 85 kilogrammes par tonne comme on l'a trouvé pour la traction à chevaux ; avec la traction mécanique, afin de pouvoir faire un bon service, il est bon de pouvoir développer au démarrage des efforts de 100 kilogrammes par tonne ; quand cette condition est remplie par les moteurs, leur régime de marche fonctionne dans d'excellentes conditions.

D. PUISSANCE A DÉVELOPPER

Avec les données qui précèdent, on peut immédiatement calculer les conditions que doit remplir un moteur pour faire un service déterminé sur des lignes connues : ces lignes ont, en

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, avril 1880
(Extrait du *Bulletin de la Société d'Encouragement*,
26 décembre 1879.)

effet, un régime de pentes et rampes sur lesquelles on doit marcher à une vitesse déterminée.

Soient : V , la vitesse en mètres par seconde; i , en millimètres par mètre, l'inclinaison correspondant aux rampes les plus fréquentes; r , la résistance globale moyenne en palier et en courbe exprimée en kilogrammes par tonne; M , la résistance totale du mécanisme en kilogrammes; P , le poids du train (moteur compris) en tonnes. La force nécessaire au moteur sera, en chevaux :

$$\frac{[P(i + r) + M]V}{75}$$

Mais si, sur la ligne, il existe une rampe exceptionnelle d'inclinaison i' que l'on ne puisse franchir qu'à vitesse réduite V' , vitesse qu'il ne convient guère en tous cas d'abaisser au-dessous de cinq kilomètres à l'heure, le moteur devra pouvoir développer en chevaux le travail suivant :

$$\frac{[P(i' + r) + M]V'}{75} \quad (1)$$

D'autre part, le même moteur devra pouvoir

(1) Ceci suppose que cette rampe n'est pas franchissable par élan, ce qui d'ailleurs, en matière de tramways, est assez rarement possible.

développer au démarrage l'effort (100 P) kilogrammes.

Le tableau de la page suivante, donne, en chevaux, le travail nécessaire pour remorquer à différentes vitesses une tonne de train présentant des résistances totales connues (pente ou rampes comprises).

Ainsi, par exemple : pour remorquer un train de 20 tonnes (ayant un moteur de 6 tonnes présentant une résistance de mécanisme de 90 kilogrammes) sur une rampe de 10 millimètres à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure (5^m,55 par seconde) sur voie en ornière, il faut

$$\frac{[20 (10 + 12,5) + 90] 20\ 000}{75 \times 3\ 600} = 40 \text{ chevaux}$$

dont 33,3 pour le train proprement dit et 6,7 pour le mécanisme; l'effort de traction fourni par le moteur à cette vitesse est de 540^{kg}.

Supposons qu'en dehors des rampes de 20 millimètres qui sont les rampes les plus fréquentes, il y ait une rampe de 50 millimètres que l'on veuille franchir à la vitesse de 10 kilomètres, le moteur devra pouvoir développer

$$\frac{[20 (50 + 12,5) + 90] 10\ 000}{75 \times 3\ 600} = 49,6 \text{ chevaux}$$

fournissant ainsi un effort de 1 340^{kg}.

Résistances totales en kilogrammes par tonne	Vitesse en kilomètres à l'heure							
	5	10	15	20	25	30	35	40
	Vitesse en mètres par seconde							
2,5	1,388	2,777	4,166	5,555	6,944	8,333	9,722	11,111
5,0	0,046	0,093	0,139	0,185	0,231	0,278	0,324	0,370
7,5	0,093	0,185	0,277	0,370	0,463	0,555	0,648	0,741
10,0	0,139	0,277	0,416	0,555	0,694	0,833	0,972	1,111
12,5	0,185	0,370	0,555	0,741	0,926	1,111	1,296	1,481
15,0	0,232	0,463	0,694	0,926	1,157	1,388	1,620	1,852
20	0,278	0,555	0,833	1,111	1,388	1,666	1,944	2,222
25	0,370	0,741	1,111	1,481	1,852	2,222	2,593	2,963
30	0,463	0,926	1,388	1,852	2,315	2,777	3,241	3,704
40	0,555	1,111	1,666	2,222	2,777	3,333	3,888	4,444
50	0,741	1,481	2,222	2,963	3,704	4,444	5,185	5,926
60	0,926	1,852	2,777	3,704	4,630	5,555	6,482	7,407
70	1,111	2,222	3,333	4,444	5,555	6,666	7,777	8,888
80	1,296	2,592	3,888	5,185	6,481	7,777	9,073	10,369
90	1,481	2,963	4,444	5,926	7,408	8,888	10,370	11,852
100	1,666	3,333	5,000	6,666	8,333	10,000	11,666	13,333
	1,852	3,704	5,555	7,407	9,260	11,111	12,963	14,814

Au démarrage, pour se trouver dans de bonnes conditions, il faudrait que le moteur puisse développer un effort à la jante de 2 000 kilogrammes, mais alors d'une façon momentanée seulement.

E. ADHÉRENCE

Il y a toutefois une limite à tous ces efforts de traction que l'on ne peut pas utiliser si l'adhérence ne le permet pas.

L'adhérence donne, en effet, une limite supérieure de l'effort de traction utilisable et son coefficient, c'est-à-dire celui par lequel il faut multiplier le poids adhérent, varie, dans de très grandes limites, selon les conditions climatiques et atmosphériques. Le coefficient d'adhérence varie en effet entre $1/4$ (soit 250 kilogrammes par tonne) par très beau temps jusqu'à $1/10$, soit 100 kilogrammes par tonne, limite au-delà de laquelle il peut toutefois descendre, mais exceptionnellement.

On admet généralement comme coefficient d'adhérence le chiffre de 150 kilogrammes par tonne, soit $1/7$ environ.

Dans l'exemple ci-dessus, afin de pouvoir utiliser l'effort de traction nécessaire en rampe de

10 millimètres qui est de 540 kilogrammes, il faut :

Avec un coefficient d'adhérence de $1/7$, un poids adhérent de 3 600 kilogrammes ;

Avec un coefficient d'adhérence de $1/10$, un poids adhérent de 5 400 kilogrammes.

Pour utiliser l'effort de traction nécessaire en rampe de 50 millimètres, soit 1 340 kilogrammes, il faudrait :

Avec un coefficient d'adhérence de $1/7$ un poids adhérent de 9 000 kilogrammes.

Avec un coefficient d'adhérence de $1/10$ un poids adhérent de 13 400 kilogrammes.

Pour pouvoir utiliser au démarrage un effort de 2 000 kilogrammes, il faudrait

Avec un coefficient d'adhérence de $1/7$, un poids adhérent de 14 000 kilogrammes.

Avec un coefficient d'adhérence de $1/10$, un poids de 20 000 kilogrammes.

Telles sont, selon les cas, les bases fondamentales que doivent remplir les véhicules moteurs de tramways et dont il ne faut pas trop s'écarter, sous peine de ne plus remplir les conditions du programme que l'on s'était posé.

CHAPITRE II

EXAMEN DU MATÉRIEL AU POINT DE VUE DE LA CIRCULATION EN COURBE

Nous allons dire ci-après quelques mots des dispositions réalisées pour la circulation des véhicules en courbe, ainsi que de la manière dont ces différentes dispositions se comportent.

A. VÉHICULES A ESSIEUX RIGIDES

On désigne ainsi les véhicules dans lesquels les essieux sont fixés sur le châssis du véhicule (perpendiculairement à l'axe du châssis) d'une manière invariable ; ces essieux ont toutefois des jeux longitudinaux ou transversaux plus ou moins considérables, selon la nature des véhicules, comme nous le verrons un peu plus loin.

On conçoit d'ailleurs, que l'empatement d'un véhicule à essieux rigides doit être d'autant plus faible que le rayon des courbes est petit.

Voici d'ailleurs la relation qui existe entre les divers éléments de la voie et du véhicule :

$$j R = 2 r m + d \sqrt{2 r m} \quad (1).$$

formule dans laquelle

R, représente le rayon des courbes ;

r, " le rayon des roues ;

d, " l'empatement limite des véhicules ;

m, " la hauteur des boudins ;

j, " le jeu total de la voie, c'est-à-dire la différence entre l'écartement des bords intérieurs des rails dans la courbe considérée et l'écartement des bords extérieurs des boudins.

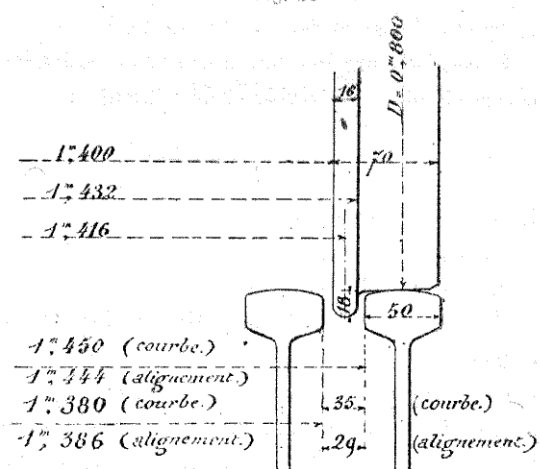
Pour un système de voie déterminé, on en déduit l'empatement limite correspondant aux divers rayons de courbe.

Ainsi prenons, par exemple, la voie dont les éléments sont représentés sur la *fig. 24* suivante ; avec cette pose de voie, on suppose qu'en courbe la voie (qui comporte un contre-rail) est

(1) COUCHE. — Tome I, p. 240.

élargie de 6 millimètres, de manière que l'axe

Fig. 24



du boudin soit au milieu de l'ornière aussi bien en courbe qu'en alignement.

On a dans ce cas en courbe

$$r = 0,400$$

$$m = 0,018$$

$$j = 1,450 - 1,432 = 0,018 \text{ (0,009 de chaque côté).}$$

Si la voie en courbe était posée à l'écartement de 1,444, le jeu j serait réduit à $1,444 - 1,432 = 0,012$ (0,06 de chaque côté).

Dès lors, pour les rayons de courbe indiqués ci-dessous, les empatements limites seraient les suivants, comme le montre le tableau ci-après pour un jeu de voie de 0,018 (1) :

R = 15	d (empatement limite) =	2,130
R = 20	"	= 2,880
R = 25	"	= 3,630
R = 30	"	= 4,380
R = 40	"	= 5,880
R = 50	"	= 7,380

Ceci suppose une inscription absolument géométrique, sans jeu, et qui ne permettrait pas à un véhicule de circuler ; aussi faut-il admettre un certain jeu entre les boudins et les rails, jeu qui doit être d'autant plus considérable que la vitesse de circulation est grande.

A cet effet, au lieu de considérer le jeu total de la voie, il faut considérer seulement le jeu disponible pour l'inscription en courbe, c'est-à-dire la différence entre le jeu total de la voie et celui qui est nécessaire pour la circulation en courbe, c'est-à-dire que le jeu total de la voie

(1) Pour les voies à ornière, la présence du contre-rail n'offre pas à l'inscription en courbe (avec les largeurs d'ornière usuelle de 0,035) des difficultés plus grandes que celle de l'inscription des roues dans la voie proprement dite, avec des épaisseurs de boudin telles que ci-dessus, c'est-à-dire 16 millimètres.

étant dans le cas considéré 0,018, si le jeu nécessaire pour la circulation en courbe est évalué à 0,011, le jeu disponible reste 0,007. D'après nos observations, ce sont les empatements correspondant à ce dernier jeu disponible qui paraissent, pour les courbes de faible rayon, convenir à une facile inscription en courbe. Le tableau ci-dessous indique, pour les différents rayons de courbe, les empatements limites compatibles avec les différents jeux de voie :

RAYON DES COURBES

Jeux de la voie	15	20	25	30	40	50
0,018.	2,130	2,880	3,630	4,380	5,880	7,380
0,015.	1,755	2,380	3,005	3,630	4,880	6,130
0,012.	1,380	1,880	2,380	2,880	3,880	4,880
0 010.	1,130	1,547	1,963	2,380	3,213	4,047
0,009.	1,005	1,380	1,755	2,130	2,880	3,630
0,008.	0,880	1,213	1,545	1,880	2,547	3,213
0,007.	0,755	1,046	1,388	1,630	2,213	2,797
0,006.	0,630	0,880	1,130	1,380	1,880	2,380

Les considérations qui précèdent supposent un matériel à essieux rigides sans beaucoup de jeu, comme les locomotives, par exemple ; mais avec du matériel roulant où les essieux ont beaucoup de jeu, tant dans le sens longitudinal (sens de l'essieu) que dans le sens transversal, ces li-

mites d'empatement peuvent être considérablement relevées et on peut adopter sans difficulté pour les courbes raides et les vitesses très réduites les limites d'empatement correspondant à un jeu de la voie disponible de 0,012 ; dans les cas où la vitesse des tramways doit être maintenue en courbe, le jeu disponible de 0,009 semble mieux convenir.

Encore, dans ces derniers cas, on donne toujours aux essieux un jeu transversal (des boîtes dans les plaques de garde) qui leur permet de réaliser autant que possible la convergence des essieux ; il est bon, à cet effet, d'avoir des menottes de suspension aussi longues que possible pour permettre ce déplacement. Le jeu total à donner, à cet effet, entre les plaques de garde et les fonds des glissières des boîtes à huile est d'ailleurs très facile à calculer, il est donné par la formule

$$\frac{de}{2R}$$

dans laquelle :

R, représente le rayon de la courbe ;
d, " l'empatement du véhicule ;
e, " l'écartement des oreilles de boîte à huile d'un même essieu (cette dernière distance peut être prise d'une manière approximative comme étant celle de l'écartement de la voie).

Ainsi sur une voie d'un mètre, un véhicule de 2,000 d'empatement pour circuler dans une courbe de 30 mètres devrait avoir des essieux ayant un jeu total transversal de 33 millimètres soit 16,5 de chaque côté pour réaliser la convergence des essieux.

Quand même la limite théorique n'est pas atteinte, pour peu que les essieux puissent réaliser une tendance à la convergence, la circulation en est énormément facilitée.

Dans les lignes où la voie est exclusivement posée en déviation, le jeu total de la voie atteint généralement 25 millimètres (12,5 de chaque côté), ce qui, d'après les formules précédentes, donnerait des empatements limites très considérables, d'autant plus que dans les courbes on donne le plus souvent du surécartement à la voie. L'utilité du surécartement en courbe est d'ailleurs très controversée, mais il paraît toutefois se dégager un fait, c'est que là où on ne le met pas, il se forme, par suite du passage des trains, soit par renversement du rail extérieur, soit autrement.

En tous cas, dans ces courbes en pleine voie, on n'y passe pas à des vitesses très réduites, il faut donc pouvoir y passer à des vitesses assez considérables et les considérations qui précè-

dent, relatives aux limites d'empatement, ne s'appliquent pas à ce cas là.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons parlé que de véhicules à essieux rigides à deux essieux ; dans le cas où il y a trois essieux, il faut donner un jeu longitudinal à l'essieu du milieu qui, théoriquement, est donné par la formule

$$\frac{d^2}{8R}$$

c'est-à-dire qu'un véhicule à trois essieux de 6,000 d'empatement total, pour passer dans une courbe de 1 000 mètres, devrait avoir un jeu longitudinal de 4,5 millimètres :

Il ressort en tous cas bien nettement que plus un véhicule a un empatement faible, mieux il circule en courbe.

Les véhicules à essieux rigides, circulant sur les voies de tramway présentant des courbes de 20 mètres de rayon peuvent, d'après ce qui a été dit plus haut, avoir des empatements atteignant 1,800 ; d'autre part, les voitures de tramway à deux plates-formes et à vingt-huit places peuvent atteindre facilement une longueur totale de 6,000 ce qui donne un porte-à-faux assez considérable, le rapport de l'empatement à la longueur totale de la voiture est de 0,30.

La résistance des matériaux nous apprend que, pour des poutres de section uniforme, et uniformément chargées, ce qui est à peu près le cas des tramways, les conditions les plus favorables de résistance et par suite de légèreté de la voiture, ce qui est très important en matière de tramways, sont celles dans lesquelles ce rapport est de 0,60.

Il faut dire, en outre, que les plate-formes sont souvent plus chargées que le milieu, ce qui, au point de vue de la résistance du châssis de la voiture, doit donc faire considérer le rapport précédent 0,60 comme un minimum.

Il faut, dès lors, en adoptant les dimensions de voitures indiquées plus haut, prendre des dispositions spéciales pour armer les longerons si on veut qu'ils se trouvent dans des conditions acceptables de résistance, en les armant par en dessus par exemple, ou en les armant de contre-fiches de forme quelconque par en-dessous.

D'autre part, l'expérience semble indiquer que des voitures de tramway à traction mécanique, tant de remorque que motrices pour circuler dans les trains sans lacet nuisible à l'allure (en faisant remarquer surtout que la plupart d'entre elles n'ont pas de tampons), doivent avoir un rapport de l'empattement à la longueur totale de

la caisse, sans tampons, qui ne soit pas inférieur à 0,50 ⁽¹⁾.

Toutes ces conditions sont bien difficiles à réaliser avec des véhicules à essieux rigides, aussi a-t-on généralement recours, pour éviter ces inconvénients, à des dispositions qui, permettant la convergence des essieux, donnent au véhicule un empatement suffisant comme base d'appui.

Il est enfin à signaler un inconvénient que présentent les véhicules à essieux rigides avec trop faible base d'appui, surtout avec les véhicules légers : pour peu que la charge ne soit pas uniformément répartie, si les ressorts sont flexibles, les châssis piquent du nez d'une manière considérable, et si les ressorts sont suffisamment raides, pour remédier à cet inconvénient, le roulement de la voiture devient excessivement dur.

B. BOGIES A DEUX ESSIEUX OU A UN SEUL ESSIEU

On a eu d'abord recours, pour remplir les conditions énoncées dans le paragraphe précé-

(1) *L'Union des chemins de fer allemands* recommande pour les véhicules de trains express de ne pas avoir un rapport inférieur à 0,60. *Revue générale des chemins de fer*, septembre 1888.

dent, au matériel à deux bogies ; c'est-à-dire que l'on place sous les caisses des voitures deux trucks avec châssis indépendant à deux essieux de faible empatement pouvant circuler facilement dans les courbes à franchir et reliés au châssis principal par des chevilles ouvrières généralement placées au centre de figure ; la charge repose également en ces points par une crapaudine ; ce système a l'avantage d'offrir toutes garanties pour la facilité de circulation en courbe ; mais il double le nombre des essieux et comporte l'emploi de deux petits châssis supplémentaires qui augmentent tout de suite considérablement le poids d'une petite voiture.

Aussi a-t-on cherché à réduire le nombre des essieux des bogies à un seul, tout en leur conservant leur châssis indépendant ; on articule ces petits châssis au-dessous du châssis principal par leur centre de figure qui supporte également la charge par une crapaudine, néanmoins, un chemin de roulement est nécessaire pour maintenir le châssis de ce seul essieu, parallèle au châssis principal, ce qui n'est pas nécessaire avec les bogies à deux essieux ; en outre, un mécanisme de rappel, composé le plus souvent d'un ressort, sert à ramener l'essieu à sa position normale à la sortie d'un passage en courbe.

Des voitures de ce type sont appliquées aux tramways électriques par accumulateurs de la C^{ie} des tramways de Paris et du département de la Seine.

Plusieurs autres systèmes sont également employés, le système Bejnès, dans lequel il n'y a pas de mécanisme de rappel, mais où les bogies sont conjugués par des bielles reliant les extrémités intérieures de leur châssis et devant avoir forcément du jeu à leurs points d'attache, et dans lesquels la direction est donnée aux véhicules par les barres d'attelage articulées sur les bogies même ; les petits châssis comportent également un chemin de roulement guide.

Des voitures de ce système sont en service sur les lignes de la C^{ie} générale des Omnibus à Paris, aux tramways de Lille, de Paris à Saint-Germain, etc.

Dans cette catégorie, on peut également placer le système de Rechter, dans lequel la charge ne repose pas sur le petit châssis par une crapaudine placée au centre de figure, mais par trois points et par l'intermédiaire de menottes de suspension normalement verticales, qui permettent le déplacement lors du passage en courbe et font ensuite l'office de mécanisme de rappel, il y a également une cheville ouvrière de pivot, mais

sans charge et point n'est besoin de chemin de roulement guide ; la cheville ouvrière est excentrée par rapport au centre de figure vers le centre du véhicule ; dans ce système, la barre d'attelage, articulée en un point fixe du châssis principal et sur son axe longitudinal, passe ensuite dans un trou ménagé dans le milieu de la traverse extérieure du bogie, c'est-à-dire la plus éloignée de la cheville ouvrière et lui donne ainsi la direction en courbe.

Des voitures de ce système sont en service sur le tramway de Paris à Saint-Germain.

Ces divers systèmes de bogie ont l'avantage de pouvoir s'accommoder de moteurs électriques.

C. DISPOSITIONS DIVERSES D'ESSIEUX CONVERGENTS

Comme dérivé du système à bogies à un seul essieu, précédemment décrit, nous trouvons le système Cleminson qui comporte trois essieux par véhicule ; chacun d'eux est pourvu d'un petit châssis séparé placé en dessous du châssis principal ; les extrêmes sont reliés au châssis principal par une cheville ouvrière placée en leur centre de figure et, d'autre part, reliés vers l'inté-

rieur par des menottes horizontales avec le châssis du milieu qui est simplement porteur et glisse seulement transversalement ; celui-ci peut ainsi se déplacer suivant son axe de la quantité égale à la flèche d'empatement, grâce aux menottes qui font en même temps prendre la position radiale aux essieux extrêmes ⁽¹⁾. Il n'y a pas de mécanisme de rappel.

Ce système est employé sur les tramways de Dublin et sur plusieurs lignes à voie étroite d'Irlande.

En Allemagne, on désigne ce système sous le nom de Themor.

Je crois devoir rappeler ici que l'Union des chemins de fer allemands (*Verein-Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen*), préoccupée d'avoir des véhicules à grande longueur de caisse avec de grands empatements, en vue d'obtenir une plus grande douceur au roulement a, dans ce but, autorisé, sur toutes les lignes de l'Union, la circulation de véhicules à essieux convergents remplissant certaines conditions déterminées. Cette question a fait l'objet d'une étude très suivie de la part d'une commission technique, nommée à cet effet, et qui a autorisé la circulation de certains types

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, février 1882.

d'essieux convergents qu'elle a décrits ⁽¹⁾ dans un rapport de septembre 1885.

Quoique les conditions de circulation de ces divers systèmes d'essieux convergents, qui sont en service sur de grandes lignes à des vitesses de trains de chemin de fer et dans des courbes de rayon relativement très grand, ne soient pas les conditions que sont appelés à remplir les véhicules de tramways, on trouve néanmoins dans ces diverses dispositions autorisées par l'Union, des systèmes dont le principe peut s'appliquer également au matériel de tramways.

On y trouve dans les véhicules à deux essieux :

1^o la simple disposition ordinaire des essieux libres avec jeu des boîtes à huile dans les plaques de garde ;

2^o des essieux dont les boîtes à huile sont accouplées par des tringles brisées, articulées aux extrémités d'un balancier vertical dont le point d'oscillation est fixé au châssis principal ;

3^o des essieux dont les boîtes sont enchâssées dans un cadre relié en son milieu, par des leviers **T** indépendants l'un de l'autre, à un point d'oscillation placé sous le châssis du véhicule en son milieu ;

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, août et septembre 1888.

4° d'autres types de véhicules à deux essieux, chacun de ces derniers étant pourvu d'un petit châssis séparé, pivotant par son centre de figure en dessous du châssis principal et dont les extrémités intérieures de même côté sont reliées, par des tringles brisées, articulées aux extrémités d'un balancier horizontal droit, ou à renvoi de sonnette, dont le point d'oscillation est placé sous le châssis principal ; les extrémités intérieures en diagonale peuvent être réunies par une seule bielle de connexion directe.

Toutes ces liaisons permettent la convergence des essieux. Les dispositions de détail à observer quant aux ressorts, boîtes, coussinets, articulations de toutes sortes et montage de timoneries de freins, sont soigneusement indiquées et nous y reviendrons un peu plus loin.

Parmi les véhicules à trois essieux, on trouve les dispositions suivantes dans lesquelles l'essieu du milieu a toujours un châssis séparé :

1° l'essieu du milieu a son châssis avec seulement jeu transversal par rapport à l'axe du véhicule ; les essieux extrêmes ont chacun leurs boîtes enchâssées dans un cadre, dont la traverse opposée à l'essieu est articulée en son milieu sur le milieu de la traverse voisine du châssis de l'essieu du milieu ; sur cette même traverse est

fixé en son milieu, un levier oscillant autour d'un point fixe placé sous le châssis principal ;

2° l'essieu du milieu a, comme dans le cas précédent, un châssis séparé ayant seulement du jeu dans le sens transversal ; les essieux extrêmes ont chacun leurs boîtes enchâssées dans un cadre dont la traverse opposée à l'essieu porte, fixé en son milieu, un levier $\mathbf{T}$ dont l'autre extrémité est articulée au centre du châssis inférieur de l'essieu du milieu.

3° chacun des trois essieux a un châssis séparé ; les deux extrêmes sont reliés au châssis principal par une cheville ouvrière placée en leur centre de figure ; le châssis du milieu a seulement un jeu transversal ; les extrémités intérieures des petits châssis des essieux extrêmes sont reliées en diagonale par des tringles avec les extrémités voisines du châssis de l'essieu du milieu. Toutes ces dispositions permettent de réaliser la convergence des essieux.

D. VÉHICULES COMPORTANT DES ESSIEUX RIGIDES ET DES ESSIEUX CONVERGENTS

Il y a enfin les véhicules qui comportent des essieux rigides et des essieux convergents.

Dans cette catégorie rentrent plusieurs types

de locomotives et de voitures automobiles sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir plus loin.

On conçoit que l'on peut mettre sous un véhicule ayant un groupe d'essieux rigides placés sous le châssis principal, un autre groupe d'essieux placés sur un châssis spécial placé au-dessous du premier et permettant de réaliser la convergence.

Ce dernier châssis séparé, désigné sous le nom de *bissel*, du nom de son inventeur, est articulé sur le châssis principal par une cheville ouvrière dont la position est facile à déterminer.

Soient :

- a , l'empatement total du groupe d'essieux rigides ;
- b , la distance qui sépare en alignement les deux essieux les plus rapprochés du groupe d'essieux fixes et du groupe mobile ;
- c , l'empatement total du groupe convergent mobile.

En représentant, *fig. 25*, la courbe par son axe et la ligne d'axe de chaque groupe d'essieux par une droite, on a immédiatement la position de ce point d'articulation O .

En effet, désignons par A_1, A_2 , les essieux ex-

comme on le voit, indépendante du rayon de la courbe.

On déduit facilement de la formule précédente la position du point O quand le bissel ne comporte qu'un seul essieu ; il suffit de faire $c = 0$.

Par le même procédé, on peut calculer le déplacement transversal et l'angle de déviation.

Le demi-déplacement transversal, c'est-à-dire à partir de l'axe, est MN que l'on peut confondre avec MN', vu la petitesse de la flèche NN' et du déplacement transversal par rapport au rayon de la courbe. Désignant ce déplacement transversal par e , nous pouvons, pour les mêmes raisons que ci-dessus, admettre que

$$A_2M = b + \frac{c}{2}.$$

On a, dès lors, en désignant par R le rayon de la courbe

$$e \times 2R = \left(b + \frac{c}{2}\right) \left(a + b + \frac{c}{2}\right)$$

d'où

$$e = \frac{\left(b + \frac{c}{2}\right) \left(a + b + \frac{c}{2}\right)}{2R}$$

D'autre part, on a

$$\operatorname{tg} z = \frac{MN}{ON} = \frac{c}{b - x + \frac{c}{2}}$$

Dans le cas où le groupe mobile d'essieux convergents n'en comporte qu'un seul, la ligne OA_1 devient tangente à la courbe et les formules deviennent

$$\begin{aligned} c &= 0 \\ x &= \frac{b^2}{a + 2b} \\ e &= \frac{b(a + b)}{2R} \\ \text{tg} \alpha &= \frac{e}{b - x} \end{aligned}$$

En faisant application des formules ci-dessus avec des chiffres numériques, on obtient, dans chaque cas, la position du point d'articulation et la valeur du demi-déplacement transversal.

En réalité, la valeur de ce dernier diffère un peu, mais très légèrement de celui donné par la formule, car dans la circulation en courbe, par suite du jeu de la voie, les véhicules s'inclinent légèrement, les boudins des roues d'avant s'appuyant sur le rail extérieur et les boudins des roues d'arrière sur le rail intérieur, mais les chiffres obtenus par la formule coïncident néanmoins, à très peu de chose près, avec les déplacements obtenus en réalité; en tous cas, ils ne sont que des minima.

Quand le groupe mobile d'essieux conver-

gents n'en comprend qu'un seul, au lieu d'avoir recours au bissel avec point d'articulation matériel, certaines dispositions désignées sous le nom de boîtes radiales ou d'essieux radiaux ⁽¹⁾ permettent à ce seul essieu de réaliser la convergence ; à cet effet, les faces verticales et longitudinales des boîtes coulissent dans des parties de cylindre de révolution ayant pour centre le point réel d'articulation ; dans certains cas même ces boîtes sont réunies entre elles par un châssis spécial dont certaines parties au droit des boîtes sont ajustées et coulissent dans le cylindre de révolution dont il vient d'être parlé (Webb, Roy, etc.).

Dans d'autres cas, les boîtes sont réunies par l'essieu lui-même au moyen d'épaulements ménagés sur les fusées et chacune des boîtes est reliée au châssis principal par des liaisons ne comportant pas de point d'articulation réel, mais permettant néanmoins à l'essieu de réaliser la convergence ⁽²⁾.

Dans tous les cas, ces systèmes, pour avoir un

⁽¹⁾ La *Revue générale des chemins de fer* contient sur ce sujet un mémoire de M. G. Richard, août 1881, voir aussi *Portefeuille des machines*, février 1890.

⁽²⁾ *Portefeuille des machines*, mai 1894. Locomotives de la Drôme.

fonctionnement convenable, tant en alignement qu'en courbe, doivent avoir un mécanisme de rappel qui ramène au sortir des courbes les essieux convergents en alignement, tout en n'offrant pas à l'entrée en courbe des résistances trop considérables à leur déplacement.

A cet effet, on fait usage de plans inclinés, de menottes ou bielles inclinées ou de ressorts ; tous ces systèmes sont bons, mais il convient de dire que les plans inclinés provoquent forcément une dénivellation du châssis principal par rapport aux essieux ; l'inclinaison généralement adoptée étant de $\frac{1}{10}$ pour être efficace, si les déplacements des essieux mobiles sont considérables, il en résulte des dénivellations du châssis principal très grandes qui, lors de la circulation en courbe, peuvent amener de grandes inégalités de répartition de charge sur les essieux et conduire à des déraillements surtout si les fusées sont extérieures ; l'emploi de menottes ou bielles de suspension provoque également des dénivellations, mais ne s'accommode également que de faibles déplacements d'essieux ne dépassant guère 50 millimètres ; les ressorts, au contraire, ont l'avantage de ne pas produire de dénivellation et s'adaptent aux grands déplacements, car on peut avoir recours par des systèmes de leviers à des réductions de course.

E. DISPOSITIONS SPÉCIALES DES ORGANES
DES VÉHICULES(BOÎTES À HUILE, RESSORTS, ATTELAGES,
FREINS, ETC.)

Avant de terminer cet aperçu sommaire sur la circulation des véhicules en courbe et des dispositions diverses qui ont pour but de la réaliser ou de la faciliter, il importe de dire quelques mots des dispositions de détail prises, à cet effet, pour les organes principaux du matériel ; boîtes, ressorts, attelages, freins, etc.

Boîtes à huile et ressorts. — Sauf pour les essieux moteurs qui doivent avoir le moins de jeu possible, les essieux doivent être pourvus de boîtes à huile ayant un certain jeu dans les plaques de garde, qui permette aux essieux un déplacement transversal afin de se rapprocher le plus possible de la position convergente, ce qui facilite la circulation en courbe. A cet effet, les oreilles des glissières des boîtes doivent avoir une longueur suffisante pour ne pas échapper lorsque les essieux profitent de ce jeu. Il est bon de ne pas laisser aux coussinets un jeu excessif dans leurs boîtes tant dans le sens longitudinal que dans le sens transversal.

Les menottes ou biellettes de suspension des ressorts doivent avoir une longueur suffisante pour permettre le déplacement transversal des essieux dans leurs plaques de garde. En outre, les essieux éprouvent malgré tout un déplacement plus ou moins grand dans le sens longitudinal et, afin de pouvoir permettre ce déplacement, des étriers reposant par une base cylindrique sur le dessus des boîtes facilitent ce mouvement sans fatigue pour les attaches.

Les lames de ressorts ne doivent point pouvoir glisser les unes sur les autres.

Attelages. — En vue de la circulation en courbe, l'attelage qui donne le plus de satisfaction est celui ordinairement adopté par les tramways, c'est-à-dire une barre articulée en un point fixe de l'axe du châssis principal, le plus près possible de l'essieu ou de l'axe du groupe d'essieux extrêmes. Dans certaines dispositions, on a articulé la barre d'attelage sur le châssis des bogies ; outre que cette disposition n'offre pas d'avantages pour la circulation en courbe, elle présente l'inconvénient de faire porter l'effort de traction sur la cheville ouvrière des bogies et de soumettre ainsi ces dernières à des efforts de cisaillement assez prononcés ; de

même aux arrêts, quand les roues sont freinées inégalement, ou sous l'effet des serrages et des-serrages successifs.

Lorsque les efforts de traction sont considérables, au lieu d'articuler la barre de traction sur le châssis principal même, il est préférable de l'articuler sur une autre tige s'étendant sur toute la longueur du véhicule qui transmet la traction au véhicule par l'intermédiaire de ressorts et qui peut être terminée à ses extrémités par les tampons de choc ⁽¹⁾; la tige principale ayant alors à recevoir les chocs est brisée en son milieu et comporte, en cet endroit un ressort dont l'aplatissement permet d'amortir les chocs.

La liaison des barres d'attelage entre elles se fait par un des moyens quelconques usités ordinairement; par exemple, au moyen d'un manchon à clavettes; dans ce cas, on a alors une barre d'attelage rigide, ce qui dispense de l'emploi de tampons qui n'ont plus alors de raison de subsister que par mesure de précaution.

Lorsque les efforts de traction sont considérables, il est préférable d'opérer la liaison des

⁽¹⁾ *Portefeuille des machines*, mai 1894. Matériel roulant de la Drôme.

barres d'attelage entre elles par des tendeurs à vis qui nécessitent en même temps l'emploi de tampons ; mais, avec cette disposition, on peut ainsi avoir toujours les tampons en contact si l'on veut.

Freins. — La timonerie des freins doit être telle que les sabots puissent suivre sans difficulté le mouvement des roues pendant la convergence des essieux ; dans le cas où les essieux ont des châssis séparés, c'est sur ces derniers que l'on doit suspendre les sabots ; dans le cas où il n'y a pas de châssis séparé on peut, à la rigueur, faire un cadre séparé spécial pour la suspension des sabots.

Il est préférable d'avoir deux sabots par roue et, dans ce cas, leur pression doit être égale afin que l'action du frein ne gêne pas le mouvement de convergence des essieux en courbe.

Lorsque les roues ne comportent chacune qu'un seul sabot, la timonerie qui les commande est généralement telle que le mouvement de convergence des essieux en courbe est gêné, mais en donnant un peu de jeu à certaines articulations et en suspendant l'arbre de commande, on atténue un peu cet inconvénient.

Outre la commande de la timonerie par des

vis, il y a les commandes mécaniques produites par les freins continus. Tous les systèmes de freins continus de chemins de fer s'appliquent évidemment aux tramways ; Westinghouse (à air comprimé automatique) Smith-Hardy (à vide automatique ou non), Soulerin (à vide ou à air comprimé, automatiques ou non), Genett (à air comprimé), etc.

Nous n'entrerons pas dans la description de ces différents systèmes, ce qui nous entraînerait trop loin, pas plus que dans l'examen des principes d'automatisme ou de non-automatisme, qui, une fois admis, peuvent entraîner l'adoption de tel ou tel système ; il nous suffira de dire que les mécanismes les plus simples sont presque toujours ceux qui donnent les meilleurs résultats.

Enfin, comme mode de commande des timoneries à la main, en dehors des vis, il faut citer le frein Lemoine à corde et à sabots, qui est très puissant et en même temps léger ; il a toutefois l'inconvénient de ne pas pouvoir serrer au refoulement, ou dans une marche en dérive ; l'adjonction d'une seconde corde (M. Chalou) permet d'éviter cet inconvénient.

En tous cas, quel que soit le système adopté, il est à recommander d'avoir des freins puissants présentant des organes robustes.

CHAPITRE III

EXAMEN DES VÉHICULES PORTANT LES MOTEURS

En se plaçant au point de vue de l'utilisation du poids adhérent par rapport au poids remorqué on peut établir immédiatement une classification des véhicules moteurs en trois catégories.

1° Les locomotives qui n'utilisent comme adhérence aucune partie du poids de la charge remorquée ; le poids adhérent utilisé est le poids total de la machine même ou une partie de son poids seulement, si, par suite de circonstances, on ne peut rendre adhérent son poids total entier en faisant usage d'essieux porteurs ; toutes les locomotives employées en matière de tramways sont des locomotives tender, c'est-à-dire portant sur leur châssis

même les approvisionnements qui leur sont nécessaires s'il y a lieu.

2° Les voitures automobiles, dans lesquelles la voiture portant la charge remorquée porte elle-même son moteur ; ou bien, en d'autres termes, c'est un locomoteur qui porte lui-même la charge qu'il a à remorquer ; les châssis des véhicules de ce genre sont analogues à ceux des locomotives. Ces véhicules se comportent comme des locomotives et peuvent faire de la remorque quand leur puissance le leur permet.

3° Il y a un système mixte formé d'une locomotive généralement à adhérence totale et reliée à une voiture dont une extrémité repose sur la locomotive, pour lui donner un surcroît d'adhérence ; la liaison de la voiture avec la locomotive est telle qu'elle permet le passage de l'ensemble dans les courbes ; et l'arrière de la voiture est porté sur un essieu ou un groupe d'essieux.

L'articulation placée sur la locomotive, soit en son centre de figure, soit en un autre point matériel ou non ⁽¹⁾, permet à l'ensemble du système

(1) Dans le cas où le point d'articulation n'est pas matériel, la partie mobile coulisse dans une glissière guide circulaire placée sur la partie principale ayant pour centre le point d'articulation.

de circuler en courbe ; d'ailleurs, dans le cas où cette articulation ne permet pas, comme c'est généralement le cas, par suite de la faible longueur de la locomotive, de réaliser d'une manière complète la circulation en courbe, l'arrière de la voiture repose sur un essieu radial ou sur un bogie qui permet alors d'assurer le passage des courbes sans difficulté.

Le type le plus connu de ce genre de véhicules est le système Rowan qui a reçu un certain nombre d'applications bien connues. Le choix de l'emploi de systèmes appartenant à l'une ou l'autre de ces catégories est d'une grande importance au point de vue des dépenses, non seulement de traction mais de matériel, particulièrement sur les fortes rampes ; ainsi par exemple, sur des rampes telles que 90 millimètres, en rendant le poids total du véhicule entièrement adhérent, on peut éviter l'emploi de crémaillère.

Le mode de construction du châssis dans les trois catégories ci-dessus est intimement lié à la nature même de l'agent mis en œuvre comme moteur. Avec la vapeur et l'air comprimé, on fait usage des moteurs ordinaires avec piston, bielle et manivelle qui transmettent l'effort aux roues, soit directement, soit par l'intermédiaire

d'un balancier ; dans d'autres cas, les pistons commandent directement un faux essieu qui, lui-même, commande les essieux moteurs avec ou sans réduction de vitesse par l'intermédiaire de bielles, engrenages ou chaînes.

Dans le cas où les pistons commandent les essieux moteurs par l'intermédiaire d'un balancier, cette disposition (appliquée en premier lieu par M. Brown) a principalement pour but de placer les cylindres au-dessus des roues et de les mettre, ainsi que le mouvement, moins à portée des boues et poussières dont l'effet sur eux est très nuisible, sur les parcours empruntant le sol de la voie publique.

Dans tous les cas, il faut que les véhicules moteurs aient le plus d'adhérence possible ou tout au moins une adhérence utilisable égale à l'effort maximum dont dispose le moteur ou la source génératrice qui l'alimente.

C'est pour cette raison que l'on est conduit à utiliser la plus grande partie possible du poids du locomoteur ; on réalise cette disposition en accouplant le plus possible d'essieux porteurs avec l'essieu moteur ; mais, en raison de la circulation en courbe, l'empatement rigide, dont les essieux ne comportent presque point de jeu, ne peut dépasser certaines limites sui-

vant le rayon des courbes comme on l'a vu précédemment.

Quand la longueur du véhicule est trop grande par rapport à l'empatement rigide, pour lui donner une base d'appui suffisante ⁽¹⁾, on a recours à l'emploi de bissels ou d'essieux radiaux dont la charge n'est pas utilisée pour l'adhérence.

Il y a toutefois des dispositions qui réalisent l'adhérence totale tout en ayant des essieux convergents ou tout au moins des groupes d'essieux convergents ; dans cette catégorie, se range la machine compound bien connue de M. Mallet ⁽²⁾, comportant deux paires de cylindres, l'une à haute pression commandant le train fixe, et l'autre à basse pression commandant le train mobile. Il faut également citer un nouveau système de machine à adhérence totale ⁽³⁾ à deux trains, l'un fixe, l'autre mobile, ne com-

⁽¹⁾ Nous avons vu précédemment qu'autant que possible, le rapport de l'empatement total du véhicule à sa longueur de caisse ne devrait pas être inférieur à .050.

⁽²⁾ *Revue générale des chemins de fer*, septembre 1891 et *Portefeuille économique des machines*, juin 1893.

⁽³⁾ Notice de MM. Weidknecht et Seguela sur un nouveau système de locomotive articulée à adhérence totale avec pendule compensateur, juillet 1895.

portant qu'une seule paire de cylindres et dans lequel on réalise la convergence du train mobile accouplé au moyen d'un balancier dont la position du point d'oscillation est mobile et varie pendant la circulation en courbe ; il est à, cet effet, porté sur un levier, relié à une de ses extrémités au châssis principal de la machine et à l'autre relié par une barre de direction et d'écartement à l'un des essieux du groupe convergent.

Dans cette catégorie se range aussi le système du colonel de Bange ⁽¹⁾ par bielles et engrenages.

Les commandes par engrenages ou par chaînes auxquelles on avait eu recours assez fréquemment à l'origine des chemins de fer ont été abandonnées pendant quelque temps ; dernièrement, on a vu reparaitre la disposition par chaînes avec l'application du système Serpollet aux tramways. Les pistons commandent un faux essieu, lequel transmet l'effort avec réduction de vitesse à l'un des essieux moteurs au moyen de chaînes Galle, le premier de ces essieux commande le second par l'intermédiaire d'une seule chaîne Galle placée au milieu. Cette

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, avril 1887.

disposition permet d'avoir l'adhérence complète et la disposition par chaînes permet aux essieux d'avoir un peu de jeu dans leurs boîtes et plaques de garde, ce qui facilite toujours un peu la circulation en courbe.

Par l'emploi des moteurs à gaz ou à pétrole, ceux-ci commandent directement un faux essieu dont on réduit la vitesse par engrenages sur un autre faux essieu qui commande les roues au moyen de chaînes Galle en réduisant encore la vitesse ; les moteurs marchent constamment, la mise en marche de la voiture s'opère par un embrayage à friction, ce même embrayage ou un autre permet de faire varier la vitesse et même de changer le sens de la marche.

Il faut dire que, d'une manière générale, l'emploi des chaînes n'est pas très recommandable ; elles ne s'accommodent d'ailleurs que d'efforts peu considérables et elles finissent quand même par s'allonger.

L'emploi des moteurs électriques a donné lieu à diverses dispositions, selon que le moteur employé commande un seul essieu ou deux :

Dans certaines d'entre elles, le moteur électrique commande un faux essieu soit directement soit après réduction de vitesse, et ce faux essieu transmet l'effort aux essieux par l'intermédiaire

de chaînes ou d'engrenages, de vis sans fin ou de bielles d'accouplement. Avec ce système, un seul moteur peut commander deux essieux, tel est le cas du tramway de Clermont Ferrand ⁽¹⁾ où le faux essieu commande les essieux moteurs par l'intermédiaire de chaînes.

Ce sont là d'ailleurs les premières dispositions adoptées et depuis on fait commander autant que possible un seul essieu par chaque moteur ; on employait au début une double réduction de vitesse (moteur Sprague) par engrenages ; afin de réduire les frottements, on a eu recours à des simples réductions de vitesse par engrenages, c'est le cas des moteurs Thomson-Houston qui figurent parmi les plus connus et les plus répandus.

Enfin, on a eu recours à des moteurs sans engrenages ou plutôt sans réduction de vitesse, parmi lesquels figurent comme les plus connus, les moteurs Westinghouse et les moteurs Short ; les induits sont calés directement sur l'essieu ou concentriquement à l'essieu.

Les inducteurs placés en porte-à-faux par rapport à l'essieu sont suspendus, eux ou le cadre qui les supporte, au châssis principal par

⁽¹⁾ *Portefeuille des machines*, novembre 1890.

l'intermédiaire de ressorts, afin d'amortir les chocs résultant du cahotement de la marche.

Régulation des moteurs. — Avant de terminer ce chapitre et avant d'entrer dans la description particulière de chacun des différents systèmes de traction, nous dirons quelques mots sur le mode de régulation des moteurs suivant les différents agents employés : air, vapeur, gaz, électricité, etc. ; nous avons déjà dit sommairement pour chacun d'eux, comment se fait la liaison des organes moteurs avec les essieux, et nous allons maintenant indiquer succinctement, comment se fait, pour chacun de ces agents, la régulation des moteurs et le changement du sens de la marche des véhicules. Les efforts que nécessite la traction des véhicules de tramways est, en effet, excessivement variable, comme nous l'avons déjà dit, non seulement en raison de la variabilité du travail normal et continu que doit fournir un véhicule en marche normale suivant le profil et le tracé des différentes portions de ligne qu'il parcourt, mais aussi en raison des efforts au démarrage qu'il faut développer dans les différents cas.

L'effort de traction à développer varie dans d'assez grandes limites, comme nous l'avons déjà

dit, parfois dans des proportions de 1 à 10, et il importe de pouvoir réaliser facilement ces variations avec les moteurs.

Avec les moteurs à vapeur et à air, on emploie généralement les distributions par tiroirs, et la modification de l'effort produit par les cylindres se fait en agissant sur la détente variable qui règle les quantités de vapeur ou d'air admises dans les cylindres, et, d'autre part, on peut faire varier la pression de la vapeur ou de l'air admis dans les cylindres en agissant sur la pression prise au réservoir de vapeur ou d'air, en étranglant, au moyen d'un régulateur ou d'une valve d'admission qui peut elle-même opérer après que la vapeur ou l'air, venant du réservoir, s'ils se trouvent à une pression très élevée, ont traversé un détenteur.

Le changement de marche résulte de la distribution par coulisse qui produit en même temps la détente variable.

Avec les moteurs à gaz ou à pétrole, la vitesse et le travail fournis par les cylindres varient généralement peu ; cependant, on peut faire varier ce travail des cylindres en agissant sur l'admission de gaz ou d'air carburé ou du mélange tonnant, soit par des robinets ou régulateurs manœuvrés à la main, soit par des régu-

lateurs automatiques, à boules, pendulaires ou autres.

Néanmoins, le travail produit ne peut varier qu'entre de certaines limites assez restreintes, et par les variations des quantités de mélange tonnant dans les cylindres, on ne peut guère obtenir tous les efforts que demandent directement les roues ; aussi a-t-on recours à des embrayages. Les moteurs à gaz marchent à d'assez grandes vitesses ; en employant des embrayages par galets de friction sur un plateau, on obtient des efforts considérables si le galet est rapproché du centre en même temps qu'une faible vitesse et des efforts moindres avec des vitesses plus grandes si le galet est vers la périphérie.

Pour le changement de marche, on peut employer soit un embrayage séparé, soit l'embrayage précédent dans lequel le galet donne des sens de marche différents, selon qu'il est placé sur un rayon ou sur son prolongement.

Avec les moteurs électriques, la question est encore tout autre ; dans le système de traction avec alimentation par sources centrales l'effort de traction est proportionnel à l'intensité du courant traversant l'induit, et à l'intensité du champ magnétique parcouru par celui-ci ; cette

dernière est elle-même fonction du courant traversant les inducteurs et l'intensité du courant est le quotient de la différence entre la force électromotrice (sensiblement constante) fournie par la génératrice et la force contre-électromotrice produite par le moteur ; celle-ci varie avec son nombre de tours et l'intensité du champ magnétique.

Aux démarrages où la vitesse du moteur est nulle, l'intensité telle qu'elle résulterait de la génératrice serait très grande et le moteur courrait le risque d'être brûlé, car, pour avoir un bon rendement, les moteurs doivent être peu résistants.

On doit donc, au démarrage, agir sur l'intensité et ne pas lui laisser une trop grande valeur ; on y arrive en augmentant la résistance du circuit par l'introduction de résistances additionnelles dans le circuit, que l'on diminue ensuite progressivement à mesure que la vitesse augmente, pour les supprimer complètement quand on a atteint la vitesse de régime.

En marche courante le réglage de la vitesse du moteur s'effectue soit en agissant directement sur la résistance du circuit au moyen de résistances additionnelles introduites dans le circuit, soit en modifiant l'intensité du champ magné-

tique du moteur, et, par suite sa force contre-électromotrice, soit en employant concurremment ces deux moyens.

Ceci s'applique au cas d'un seul moteur ; mais quand il y a deux moteurs par véhicule, on peut, en outre, faire entrer dans le réglage le mode de couplage des moteurs en les mettant soit en tension, soit en quantité, on a ainsi un autre moyen de faire varier la force contre-électromotrice des moteurs ; en effet, lorsqu'ils sont en tension, la force électromotrice fournie est le double de celles qu'ils présentent quand ils sont groupés en quantité ; aussi prend-on les dispositions pour avoir aux démarrages, les résistances dans le circuit et les moteurs groupés en tension ; en pleine marche, au contraire, on prend les dispositions pour grouper les moteurs en quantité et faire décroître l'intensité de leur champ magnétique, par exemple en dérivant une partie du courant directement dans les induits sans passer par les inducteurs.

On conçoit facilement que l'on puisse disposer par des groupements divers un grand nombre de combinaisons de réglage des moteurs électriques.

Nous allons en indiquer quelques-unes, celles adoptées par Thomson-Houston, Westinghouse et Oerlikon.

Dans la disposition Thomson-Houston, au démarrage, les deux moteurs sont couplés en série avec une résistance introduite dans le circuit ; cette résistance est progressivement diminuée jusqu'à sa complète suppression. Puis, les deux moteurs restant couplés en série, on produit une diminution de leur champ magnétique, par suite de la force contre-électromotrice et par suite une augmentation de l'effort de traction. Ensuite, on laisse progressivement un seul moteur en action avec interposition d'une résistance que l'on diminue progressivement jusqu'à suppression complète ; on remet ensuite le deuxième moteur progressivement dans le circuit, mais en quantité, et enfin on fait diminuer l'intensité du champ magnétique des deux moteurs. Dans ce système, la variation de l'intensité du champ magnétique paraît d'ailleurs être assez grande.

Dans la disposition Westinghouse, les deux moteurs sont, au démarrage, d'abord groupés en série avec une résistance dans le circuit ; cette résistance est progressivement diminuée jusqu'à suppression complète. On laisse ensuite progressivement un seul moteur dans le circuit, puis on le remet ensuite progressivement dans le circuit, mais en quantité.

L'intensité du champ magnétique varie peu dans ce système, car les inducteurs sont saturés par de faibles intensités.

Dans la disposition Oerlikon les deux moteurs sont toujours couplés en quantité ; au démarrage, on intercale une forte résistance dans le circuit que l'on diminue progressivement jusqu'à suppression complète ; en même temps, ou ensuite, on diminue l'intensité du champ magnétique, en dérivant une partie du courant directement dans les induits sans passer par les inducteurs. Dans cette disposition, la saturation du champ magnétique correspond à peu près aux intensités fournissant le travail normal.

Lorsque les moteurs électriques sont alimentés par des accumulateurs, on opère le réglage en agissant sur la force électromotrice fournie par la source d'énergie, en modifiant le groupage des divers éléments ; on peut également agir sur le groupage des moteurs.

Citons, par exemple, la disposition adoptée sur les tramways de Paris et du département de la Seine (Madeleine-Saint-Denis, Opéra-Saint-Denis, et Neuilly-Saint-Denis).

Les accumulateurs sont divisés en quatre batteries d'éléments que l'on peut grouper comme suit :

1° Les quatre batteries en quantité ; différence de potentiel aux bornes, 50 volts.

2° Deux groupes de deux batteries groupées en tension, disposés eux-mêmes en quantité ; différence de potentiel aux bornes : 100 volts.

3° Les quatre batteries en tension ; différence de potentiel aux bornes ; 200 volts.

La force électromotrice de la source varie donc dans les proportions de 1 à 4 et cette disposition permet de supprimer l'emploi de résistances additionnelles, même pour le démarrage ; c'est là certainement une disposition avantageuse au point de vue de l'utilisation de l'énergie, car il n'y a pas de dépenses en pure perte.

Le commutateur mis à la disposition du machiniste peut également grouper les moteurs en quantité (ceux-ci étant normalement couplés en tension), mais on n'a recours à ce mode de marche que dans des cas exceptionnels ; la variation de tension fournie par la source d'électricité est généralement suffisante pour faire face à tous les besoins de vitesse et d'effort.

La disposition permet également de supprimer l'un des moteurs en cas d'avarie en fermant son circuit sur lui-même.

Le changement de marche des véhicules mus par des moteurs électriques s'opère simplement

en changeant le sens du courant soit dans leur induit, soit dans leur inducteur, généralement dans ce dernier.

Le mécanisme qui produit le changement de marche se trouve presque toujours réuni dans le commutateur avec les diverses dispositions donnant les variations d'effort ou de vitesse.

Il reste maintenant à dire quelques mots de la traction par câble. Dans ce cas, en marche courante, la vitesse ne peut être réglée au gré du conducteur car elle est forcément celle du brin de câble sur lequel la voiture se trouve agrafée. Pour changer le sens de la marche, on change simplement de brin. Pour les arrêts, on abandonne le brin sur lequel on est fixé, en faisant ensuite usage des freins du véhicule. Pour les démarrages, on s'agrafe sur le brin moteur avec une pince produisant une pression progressive, afin d'éviter les secousses ; dans les premiers instants, il y a glissement de la pince sur le câble, glissement qui diminue jusqu'à ce que la vitesse normale soit atteinte.

CHAPITRE IV

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE TRACTION

Nous allons procéder à la description sommaire des différents modes de traction employés, une description de détail ne rentrant pas dans le cadre de cet ouvrage.

On peut diviser ces systèmes en trois catégories :

1° Les systèmes dans lesquels le moteur emporte avec lui le générateur qui l'alimente et les approvisionnements nécessaires pour lui faire produire l'énergie nécessaire, tels sont les locomotives à foyer.

2° Les systèmes dans lesquels le moteur est alimenté par des accumulateurs soit de vapeur, d'air comprimé, d'électricité, etc. ; on charge ces accumulateurs périodiquement pour y emmagasiner les charges d'énergie correspondant à un travail déterminé.

3° Les systèmes dans lesquels la force de traction est transmise d'une usine centrale, à distance aux véhicules à remorquer : dans cette catégorie rentrent la traction électrique par conducteurs et la traction par câble.

Les systèmes de traction par la vapeur, l'air comprimé, l'électricité, le gaz, etc., se rencontrent dans une ou plusieurs des catégories énumérées ci-dessus ; aussi dans chaque catégorie, nous ferons la distinction des différents systèmes de traction qui s'y rapportent.

Nous ne reviendrons pas non plus sur la distinction entre la traction par locomotives et celle par voitures automobiles qui est une distinction d'un autre ordre et sur laquelle nous nous sommes déjà étendu précédemment.

PREMIÈRE CATÉGORIE

SYSTÈMES DANS LESQUELS LE MOTEUR EST JUXTAPOSÉ AU GÉNÉRATEUR

Dans cette catégorie rentrent des systèmes par locomotives à foyer (vapeur), par machines à pétrole, par machines électriques.

A. VAPEUR

Comme nous l'avons indiqué précédemment, le moteur doit être en état de fournir au démarrage l'effort maximum déterminé dans les conditions énumérées plus haut, et le générateur doit être à même de fournir au moteur, d'une manière continue, la quantité de vapeur qui lui est nécessaire sur les parties les plus difficiles du parcours en tant que vitesse et profil, la charge étant, bien entendu, déterminée.

Etant donné le mécanisme moteur, il est facile d'en déduire l'effort de traction E qu'il peut développer, d'après la formule

$$E = Kp \frac{d^2 l}{D}$$

dans laquelle :

K , représente un coefficient de réduction ;

p , représente la pression de la chaudière en kilogrammes par cm^2 ;

d , représente le diamètre des cylindres en centimètres ;

l , représente la course des pistons en centimètres ;

D , représente le diamètre des roues motrices en centimètres.

Le tableau ci-dessous, emprunté à l'ouvrage de

Périodes d'admission en centièmes de course	Pression moyenne effective en centièmes de la pression de la chaudière	Périodes d'admission en fractions de course	Pression moyenne effective en fraction de la pression de la chaudière
10	15	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$
12 $\frac{1}{2}$	20	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{5}$
15	24	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$
17 $\frac{1}{2}$	28	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$
20	32	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2,5}$
25	40	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$
30	46	"	"
35	52	"	"
40	57	"	"
45	62	"	"
50	67	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
55	72	"	"
60	77	"	"
65	81	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{5}$
70	85	"	"
75	90	$\frac{3}{4}$	$\frac{9}{10}$

M. Clark sur les tramways, permet même de déterminer le coefficient K pour les différents degrés d'admission et les chiffres ainsi donnés

peuvent être considérés comme se rapprochant très sensiblement de la vérité avec une bonne distribution appropriée. Des formules telles que celles indiquées par M. E. Marié et M. Ch. Ledoux ⁽¹⁾ permettent d'ailleurs de calculer l'effort de traction d'un mécanisme déterminé de locomotive en fonction de l'admission, d'une manière plus approchée.

Nous n'insisterons pas ici sur le système d'exploitation par locomotives à foyer, quoique ce soit celui qui soit le plus généralement adopté pour les tramways à long parcours et en même temps celui qui ait été adopté en premier lieu pour essai sur les lignes urbaines même de grandes villes, qui ont essayé la traction mécanique.

Nous ne citerons pas tous les essais qui ont été faits dans ce sens avec des locomotives à vapeur ; il nous suffira de signaler ceux qui ont été faits aux tramways Sud de Paris et aux tramways de Lille, vers 1880 ; ces essais n'ont d'ailleurs pas comporté de suite.

Quelques années plus tard, on a vu apparaître les systèmes de locomotive et de voiture conju-

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, Août 1885 et septembre 1881.

guées, dont la voiture Rowan ⁽¹⁾ est l'un des types les plus connus ; ce système, quoiqu'ayant reçu un assez grand nombre d'applications ne paraît plus guère se développer à l'heure actuelle ; cependant ce système, qui réalisait un des premiers le système automobile, avait bien des côtés séduisants et s'il y a eu des inconvénients, il faut les attribuer, pensons-nous, plutôt à de nombreuses détresses dues plutôt à l'insuffisance du générateur et que l'on retrouve d'ailleurs dans la plupart des générateurs à faible production, que dans le système de construction de voiture elle-même qui réalisait à ce moment tous les desiderata de l'époque.

Depuis on a vu surgir des voitures automobiles proprement dites sans truck séparé, comme dans le système Rowan, dans lesquelles le générateur, la manœuvre et le mécanicien-conducteur sont installés sur la plate-forme d'avant, comme c'est le cas des tramways Serpollet ⁽²⁾ de la C^{ie} des tramways de Paris et du département de la Seine ; le système Serpollet a comme avan-

⁽¹⁾ *Portefeuille des machines*, février 1894. *Revue générale des chemins de fer*, août 1894.

⁽²⁾ *Portefeuille des machines*, mars 1895 et *Bulletin de la Société des ingénieurs civils*, août 1895. Communication de Lesourd.

tages séduisants : l'emploi de la vapeur surchauffée qui ne fait pas beaucoup de panache de vapeur et surtout l'inexplosibilité de son générateur que l'on pourrait mettre sans inconvénient dans les mains les plus inexpérimentées, si, d'autre part, la conduite même de l'ensemble n'exigeait déjà pas une certaine pratique.

La difficulté principale que l'on rencontre dans les tramways à vapeur de ce genre, parmi lesquels nous n'avons pas cité ceux qui sont encore à l'essai, provient surtout de ce qu'on emploie des générateurs de peu de volume devant en même temps fournir une grande vaporisation ; les conditions à réaliser sont ainsi difficilement compatibles entre elles, mais l'on peut dire d'une manière générale que sur les points où la vitesse n'est pas considérable, où les arrêts et les stationnements sont fréquents, les générateurs à faible capacité suffisent pour le service de tramways, tandis qu'il semble ne plus en être de même dès que l'on doit effectuer un service avec arrêts très espacés, stationnements de courte durée et vitesse un peu accélérée, car alors ces générateurs n'ont plus le temps nécessaire pour se remettre en état et ils tombent fatalement en détresse par manque de production.

B. MOTEURS A PÉTROLE

Parmi les premiers essais d'application des moteurs à pétrole à la traction des tramways nous devons citer un essai effectué en décembre 1886, à Bruxelles, sur les voies des tramways bruxellois, par M. Stevens.

L'essai consistait en un remorqueur contenant un moteur Kœrting-Lieckfeld pouvant développer six chevaux et qui faisait le service d'un cheval. La voiture était manœuvrable de chacune des plate-formes et n'avait pas besoin d'être tournée.

Nous devons également citer un essai fait en Angleterre sur les *Greenwich and Croydon Tramways* en 1893, avec le moteur à pétrole Connelly ⁽¹⁾. L'ensemble du remorqueur comportait une paire de cylindres dont l'eau qui avait servi à les refroidir servait ensuite à réchauffer la masse de pétrole avant de passer au réfrigérant, l'ensemble de ces moteurs pouvait développer douze chevaux.

⁽¹⁾ D. K. CLARK. — *Tramways. Their construction and working.*

Les moteurs à pétrole marchant constamment et à une vitesse à peu près uniforme, on avait recours pour le réglage de la vitesse du tramway, à un embrayage par friction d'un galet ou poulie sur un plateau ; quand la poulie était près du centre, l'effort était considérable et la vitesse faible ; quand la poulie s'éloignait du centre, la vitesse augmentait et l'effort diminuait ; en mettant la poulie d'un côté ou de l'autre du disque, on pouvait changer le sens de la marche, on peut aussi ramener le sens de la marche au moyen d'un embrayage spécial.

C. MOTEURS ÉLECTRIQUES

Dans cette catégorie se place, la locomotive électrique J. J. Heilmann, dans laquelle la chaudière met en marche un moteur à vapeur actionnant une dynamo-génératrice, laquelle met en mouvement des dynamo-réceptrices commandant directement les essieux.

Quoique ce système n'ait pas encore reçu d'applications et que les essais faits jusqu'ici ne concernent que les grandes lignes de chemins de fer, nous avons cru devoir le citer par son originalité et nous renvoyons pour tous rensei-

gnements au *Bulletin du congrès international des chemins de fer* (5^{me} session, Londres 1895), mémoire de M. Auvert et annexes, où la question de la traction électrique est traitée par l'auteur du mémoire d'une manière remarquable.

DEUXIÈME CATÉGORIE

ACCUMULATEURS DIVERS

Chaque voiture ou remorqueur emporte dans un accumulateur la quantité d'énergie nécessaire pour effectuer un parcours déterminé.

Soient E , l'effort de traction nécessaire pour effectuer la remorque sur un profil déterminé; l , la longueur pendant laquelle cet effort doit être maintenu sur ce profil; le travail nécessaire pour effectuer le parcours sur la partie considérée est El ; la somme de ces différents travaux $\Sigma (El)$ représentera le travail nécessaire pour effectuer la remorque sur le parcours entier. Il faut, néanmoins, encore ajouter le travail nécessaire pour effectuer les démarrages.

Soient E_0 , l'effort de traction nécessaire pour effectuer un démarrage sur un profil déter-

miné; l_0 , la longueur de voie nécessaire pour atteindre la vitesse de régime. La somme de ces travaux $\Sigma (E_0 l_0)$ est assez difficile à déterminer, surtout lorsque les arrêts se font à la demande des voyageurs; aussi l'évalue-t-on le plus souvent en fraction du travail total.

Quoi qu'il en soit, le travail que doit effectuer chaque remorqueur en roulement avant d'être rechargé est $\Sigma (El) + \Sigma (E_0 l_0)$, en désignant ainsi la somme des travaux effectués par une même voiture.

Si l'on désigne par K le coefficient de rendement de l'accumulateur à la décharge et de perte pendant le parcours, s'il y a lieu (ce coefficient varie évidemment avec la nature des agents employés : vapeur, air, électricité, etc.), en y comprimant le rendement du mécanisme du moteur, l'énergie qui devra être emmagasinée dans chaque remorqueur sera $\frac{\Sigma (El) + \Sigma (E_0 l_0)}{K}$ ⁽¹⁾.

Soient N , le nombre total de remorqueurs en

(1) Avec les systèmes de la première catégorie, c'est absolument le même cas qui se présente; seulement, comme l'énergie à prendre se trouve sous forme de charbon, de coke ou de pétrole, c'est-à-dire ne nécessite pas de préparation spéciale, on ne s'en préoccupe pas, l'approvisionnement ne présentant aucune difficulté, puisqu'il peut se faire en un point quelconque.

circulation à la fois ; T , la durée du trajet de chacun de ces remorqueurs entre deux charges consécutives exprimée en heures ; le nombre des remorqueurs qu'il sera nécessaire de charger par heure sera $n = \frac{N}{T}$.

En désignant par q , le coefficient de rendement lors de la charge des accumulateurs, on voit que le travail total à développer par heure à l'usine de charge est

$$F = n \frac{\Sigma (El) + \Sigma (E_o l_o)}{Kq},$$

ce travail peut être réparti entre plusieurs usines.

Cette expression donne le travail dépensé par heure par les remorqueurs ; si on désigne par θ le nombre d'heures de service des remorqueurs par jour ; le travail que les usines de charge devront développer par journée de 24 heures sera $F\theta$.

Il se présente deux cas :

1° Les charges des remorqueurs se font au fur et à mesure que ceux-ci se présentent à l'usine de charge ; tel est le cas de la vapeur, de l'air comprimé et du gaz.

Soit t , le temps nécessaire exprimé en fraction d'heures pour opérer la charge et la manœuvre complète d'un remorqueur, le nombre de re-

remorqueurs qui peut être chargé par heure par bouche de charge est $\frac{1}{t}$; le nombre total de bouches de charge nécessaire pour charger n véhicules sera donc nt et le nombre de remorqueurs immobilisé par la charge est $\frac{1}{t}$.

Toutefois, lorsque la station de charge se trouve en un point du parcours (un terminus par exemple), où il y a pour les trains un stationnement égal ou supérieur au temps de charge, il n'y a pas d'immobilisation.

2° La charge des accumulateurs se fait indépendamment des remorqueurs, et l'on n'opère au passage des trains que le remplacement des accumulateurs, par simple manutention, c'est le cas des accumulateurs électriques.

Ce que nous venons de dire précédemment s'applique dès lors à l'opération du remplacement des accumulateurs par simple manutention.

En ce qui concerne leur charge, on doit développer le travail F_0 par 24 heures, et étant donné le temps qu'il faut pour charger un jeu, on en déduit le nombre de bancs de charge pour charger n jeux en 24 heures, ainsi que le nombre de jeux immobilisés pour la charge.

Nous avons signalé le cas de l'immobilisation

de matériel produite par les systèmes à accumulateurs, parce que c'est une immobilisation spéciale inhérente à cette catégorie de système de traction, en dehors des immobilisations pour avaries, réparations ou réserves.

Nous allons procéder à l'examen sommaire des principaux systèmes de traction par accumulateurs : vapeur, air comprimé, gaz, électricité.

A. VAPEUR

Les premiers essais de ce système semblent avoir été faits en 1874 par la Société Cockerill de Seraing (Belgique).

Parmi les systèmes à vapeur rentrant dans cette catégorie, le plus connu et le plus répandu aujourd'hui est celui de M. Léon Francq, connu sous le nom de machines sans foyer ⁽¹⁾.

Il est appliqué à des remorqueurs qui ont la forme de locomotives, car, jusqu'ici, il ne paraît pas avoir été appliqué aux voitures automobiles.

⁽¹⁾ *Portefeuille des machines*, janvier 1883 et, août 1886, et *Revue générale des chemins de fer*, décembre 1880.

On charge les récipients contenant de l'eau au moyen de générateurs placés aux usines de charge jusqu'à ce que l'on obtienne une pression de 15 kilogrammes et la température correspondante.

La locomotive sans foyer se comporte à la façon d'une locomotive ordinaire; toutefois, on n'admet pas dans les cylindres la pleine pression du récipient et le mécanicien la règle à sa volonté au moyen d'un détenteur. Le récipient est très soigneusement enveloppé afin d'éviter autant que possible les déperditions de chaleur.

Ce système a reçu un assez grand nombre d'applications à Paris sur les tramways de l'Étoile à Courbevoie; à Lille, sur le réseau des tramways de cette ville; entre Lille et Roubaix, d'une part, et Lille et Tourcoing, d'autre part; à Lyon, sur la ligne de Saint-Fons à Venisieux; à Marseille, sur la ligne du cimetière Saint-Pierre; etc.

L'un des avantages du système Francq réside dans l'absence même de foyer et la suppression des inconvénients qui lui sont inhérents : fumée, escarbilles, etc.; en outre, un condenseur à air dans lequel passe la vapeur d'échappement a pour but de condenser en grande partie celle-ci; mais le résultat obtenu de ce côté n'est pas complet, comme d'ailleurs avec tous les condenseurs similaires.

Il faut également citer le système Honigmann⁽¹⁾ qui, quoique n'ayant reçu que peu d'applications, n'en est pas moins très ingénieux. Il se compose d'un récipient à eau chaude, mais qui est réchauffé par une lessive de soude concentrée réchauffée elle-même par la vapeur d'échappement de la machine.

B. AIR COMPRIMÉ

Le système le plus connu de tramways à air comprimé est le système Mekarski⁽²⁾. L'usine de charge comprime de l'air dans des réservoirs principaux qui servent ensuite à charger les réservoirs des remorqueurs. La pression dans ces réservoirs varie selon les installations, 30 kilogrammes à Nantes, 50 kilogrammes aux chemins de fer Nogentais, 80 kilogrammes à la C^{ie} générale des omnibus à Paris.

Le mécanisme moteur est celui des locomotives ordinaires ; afin d'empêcher les effets réfrigérants de l'air par suite de sa détente, on lui

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, juillet 1885

⁽²⁾ *Portefeuille des machines*, janvier 1876 et juillet 1886.

fait traverser une masse d'eau chaude placée dans un récipient dénommé bouillotte où il s'échauffe et se sature de vapeur d'eau, ce qui facilite son passage à travers les organes moteurs. Immédiatement après la bouillotte, se trouve un détendeur qui règle la pression de l'air après son passage à travers la masse d'eau avant de le conduire aux organes moteurs.

Ce système est appliqué sur les tramways de Nantes, les tramways Nogentais⁽¹⁾ et sur deux lignes de la C^{ie} générale des omnibus de Paris (Louvre-Saint-Cloud et Versailles et Cours de Vincennes-Saint-Augustin), il y en a également une application à Berne.

La plupart des applications qui en ont été faites sont sous forme de voitures automobiles, quoique à Paris sur la ligne de Saint-Cloud la traction se fasse par remorqueurs séparés.

Ce système a incontestablement pour avantage d'être très propre, de ne pas dégager d'odeur, ni de panache de fumée ou de vapeur, sauf pour cette dernière dans d'assez rares exceptions.

Des applications de l'air comprimé ont été

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, septembre 1889.

faites également par M. Scott-Moncrief⁽¹⁾ et par le colonel Beaumont⁽²⁾.

C. GAZ

Les applications des tramways à gaz sont assez limitées jusqu'ici, quoique le système d'accumulation auquel on a recours ne soit pas plus difficile et plus dispendieux que les autres; il consiste à comprimer du gaz dans des réservoirs à l'usine centrale, jusqu'à une pression de 10 kilogrammes, au moyen d'une pompe de compression, mue généralement par un moteur à gaz. Avec ces réservoirs on charge à une pression de 8 kilogrammes environ les réservoirs des voitures, qui emportent ainsi avec elles un approvisionnement nécessaire pour effectuer leur parcours.

Tous les essais qui ont été faits jusqu'à présent ont porté sur des voitures automobiles avec moteur à deux cylindres placés sous les banquettes,

⁽¹⁾ *Portefeuille des machines*, mars 1882, et *Revue générale des chemins de fer*, juillet 1882.

⁽²⁾ *Revue générale des chemins de fer*, juin 1886.

⁽³⁾ D. K. CLARK. *Tramways Their construction and working*.

les réservoirs se trouvant disposés en partie sous les banquettes, en partie sous le plancher de la caisse ou sur le toit. Le moteur à gaz marche d'une manière continue et communique son mouvement aux roues par l'intermédiaire d'un embrayage à friction qui permet de faire varier la vitesse. Le gaz passe des réservoirs au moteur à gaz à travers un régulateur genre Pintsch.

Une application a été faite en Angleterre sur les tramways de Croydon et Thornton Heath avec des moteurs du type Otto ; sur le tramway de Neuchâtel à Saint-Blaise ⁽¹⁾ avec des moteurs Gillieron et Amrein, et enfin des applications du système de moteur Lührig ⁽²⁾ ont été faites à Dresde et à Dessau ; la C^{ie} parisienne du gaz vient même de mettre en essai un tramway Lührig.

Tous ces systèmes de tramways à gaz sont appliqués sur des voitures automobiles et ils ont d'ailleurs l'air de très bien se comporter.

On fait évacuer les produits de la combustion par une manche spéciale, de manière à ne pas

⁽¹⁾ *Journal des usines à gaz*, 5 octobre 1893.

⁽²⁾ *Journal des usines à gaz*, 5 octobre 1893, 20 avril 1895, 20 juin 1895.

incommoder les voyageurs, et le fonctionnement continu du moteur est assez silencieux et, en tous cas, pas inconfortant.

D. ÉLECTRICITÉ

Dans le système de traction par accumulateurs électriques, on remplace, comme nous l'avons déjà dit, la batterie d'accumulateurs dans la voiture à remorquer au lieu d'immobiliser le véhicule tout entier comme dans les autres systèmes par accumulateurs.

Les accumulateurs sont généralement disposés sur des voitures automobiles sous les banquettes ; la source d'énergie électrique est généralement employée en même temps pour faire l'éclairage des véhicules. Dans l'établissement des batteries, il y intervient un élément qui n'existe pas dans les autres systèmes d'accumulateurs, c'est le régime de décharge comme d'ailleurs à la charge, c'est d'ailleurs ce qui conduit à avoir à la fois des quantités d'éléments considérables. Ce système a l'avantage de pouvoir récupérer l'énergie à la descente des pentes marquées.

La traction électrique par accumulateurs n'est pas très répandue, les premiers essais semblent avoir été tentés à Paris par M. Philipart en 1883⁽¹⁾ et en 1888⁽²⁾. En France, l'une des applications les plus importantes est celle des tramways de Paris et du département de la Seine⁽³⁾ qui l'a installée sur trois de ses lignes : Madeleine-Saint-Denis ; Opéra-Saint-Denis ; Neuilly-Saint-Denis ; les accumulateurs sont ceux de la Société pour le travail électrique des métaux.

Les voitures sont de deux types : l'ancien à deux essieux convergents pesant en charge 14 000 kilogrammes dont 3 000 kilogrammes d'accumulateurs ; le nouveau pesant 11 370 kilogrammes dont 1 750 kilogrammes d'accumulateurs.

Le même système a été installé à l'intérieur de l'Exposition de Lyon (1894) par M. Averly⁽⁴⁾.

En Angleterre, on trouve une application à Birmingham sur la ligne de Bristol Road, ouverte en 1890 (D. K. Clark, *Tramways*).

⁽¹⁾ *Revue générale des chemins de fer*, août 1883.

⁽²⁾ *Portefeuille des machines*, octobre 1888.

⁽³⁾ *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, mars 1892, communication de M. Géraudy, et avril 1895, communication de M. Sarcia.

⁽⁴⁾ *Portefeuille des machines*, août 1895.

TROISIÈME CATEGORIE

SYSTÈMES

DANS LESQUELS LA FORCE DE TRACTION
EST TRANSMISE A DISTANCE D'UNE USINE CENTRALE
AUX VÉHICULES A REMORQUER

Désignons par $E^{(1)}$, l'effort de traction pour effectuer la remorque sur un profil déterminé; l , la longueur pendant laquelle cet effort doit être maintenu pendant une seconde; le travail absorbé par les véhicules en mouvement normal sera $\Sigma (El)$; soient E_o , l'effort de traction au démarrage en un point déterminé; l_o , la longueur pendant laquelle cet effort doit être maintenu, pendant une seconde; le travail absorbé par les véhicules en démarrage sera $\Sigma (E_o l_o)$; le travail total absorbé par les véhicules sera

$$\Sigma (El) + \Sigma (E_o l_o).$$

L'évaluation de ce travail est la partie délicate

(1) Les notations employées ici sont les mêmes en apparence que celles employées dans la 2^e catégorie, p. 146, mais il faut remarquer qu'elles n'ont pas la même signification.

des projets à traction alimentée par usines centrales ; on suppose les véhicules en service en même temps et alimentés par la même station, également espacés, mais occupant sur le profil la position qui absorbe le plus de travail ; les véhicules en démarrage sont également placés dans les positions les plus défavorables, en ayant égard, toutefois, à la pratique et aux nécessités de l'exploitation.

En désignant par K , le rendement des moteurs électriques des véhicules ; par q , le rendement de la ligne qui opère le transport de force, y compris celui des moteurs de l'usine centrale, on en déduit que le travail à fournir par cette dernière est

$$\frac{\Sigma (El) + \Sigma (E_n l_n)}{Kq}.$$

Pour ne pas avoir de mécomptes, il faut tenir compte très rigoureusement de toutes les circonstances qui peuvent, soit augmenter les efforts, soit diminuer les rendements.

Les systèmes de cette catégorie nécessitent pour la ligne de transport de force, une voie superposée à celle du roulement des véhicules et soumise à toutes ses sujétions : changements de voie, croisements, etc.

Cette catégorie comprend la traction électrique par conducteurs, la traction funiculaire par câble.

A. ÉLECTRICITÉ PAR CONDUCTEURS

Ce système est une application du transport de la force par l'électricité; l'usine centrale actionne des machines génératrices qui mettent en mouvement les moteurs électriques placés sous les véhicules par l'intermédiaire de la ligne.

La prise de courant du véhicule sur la ligne s'opère de diverses manières, suivant les dispositions de la ligne. Nous allons examiner sommairement ces diverses dispositions.

Les conducteurs aller et retour formant la ligne sont, soit isolés tous deux ou bien l'un d'eux seul est isolé et le retour du courant se fait par la terre, c'est-à-dire par l'intermédiaire des rails doublés au besoin de conducteurs auxiliaires, notamment aux joints des rails.

Les lignes à double conducteur isolé sont à fil aérien, elles ont été appliquées par MM. Siemens et Halske en Allemagne, et Van Depoele en Amérique; toutefois le nombre des applications qui en ont été faites est restreint; elles ont l'inconvénient de nécessiter une double ligne de conducteurs qui, outre qu'elle est coûteuse, présente

des difficultés aux changements de voie et croisements.

C'est ce qui a amené l'emploi du conducteur isolé unique avec retour par la terre; ce système a l'inconvénient de ne pas avoir un conducteur de retour parfait; malgré toutes les précautions prises pour assurer le passage du courant aux joints des rails, il se produit des desserrages de boulons d'éclisses et de conducteurs auxiliaires que l'on ne peut visiter facilement parce qu'ils sont enfouis dans le sol et il en résulte des augmentations de résistance qui diminuent le rendement du système; il se produit, en outre, des courants parasites qui détruisent les pièces métalliques voisines enfouies dans le sol, telles que les conduites de gaz et d'eau, ce qui a donné lieu, dans les villes américaines pourvues de ce système de tramways, à des discussions excessivement vives. Il en résulte également que le fonctionnement des lignes télégraphiques et téléphoniques est parfois gêné et celui des lignes téléphoniques à un seul fil rendu impossible.

Ce dernier inconvénient se produit surtout avec les lignes à fil aérien; cependant, ce sont celles qui sont le plus employées et de beaucoup. En Amérique, leur berceau, il y en a des lon-

guez considérables, mais seulement il semble que l'accroissement de leur nombre ne se poursuit pas très activement ; outre les inconvénients signalés, on leur reproche parfois d'introduire un élément disgracieux dans les rues et de présenter, en cas de rupture, des dangers pour les piétons et les voitures ; c'est dans ce but que l'on a construit des lignes à conducteur souterrain dont il sera parlé un peu plus loin.

En France, la traction électrique s'est beaucoup développée dans ces dernières années, principalement sous forme de conducteurs aériens à un seul fil ; il faut citer les lignes de Montferrand à Royat ⁽¹⁾ et du chemin de fer du Salève ⁽²⁾ installées par la C^{ie} l'Industrie électrique, la ligne de Marseille à Saint-Louis ⁽³⁾ installée par MM. Sautter-Harlé et la C^{ie} Oerlikon, de nombreuses installations faites par la Société Thomson-Houston, au Havre, à Roubaix, à Rouen, etc.

Les lignes à conducteur souterrain sont moins nombreuses, on ne peut guère citer que celles

⁽¹⁾ *Portefeuille des machines*, novembre 1890.

⁽²⁾ *Portefeuille des machines*, décembre 1894 et *Revue générale des chemins de fer*, mars 1895.

⁽³⁾ DENIZET. — *Le tramway électrique de Marseille*. — Baudry. Paris.

de Blackpool (Angleterre), Buda-Pesth ⁽¹⁾, et un projet dans Paris, présenté par M. Lavezari ⁽²⁾; le conducteur est placé dans un caniveau souterrain, avec fente à la partie supérieure pour laisser passer la tige de prise de courant; le retour se fait, comme nous l'avons dit plus haut, par les rails. Ce système offre un isolement du conducteur moins bon que celui du fil aérien.

Dans les dispositions qui précèdent, les fils de ligne ne sont pas toujours alimentés par un seul câble; quand la ligne est longue, on la divise en sections alimentées chacune par des câbles spéciaux d'alimentation ou *feeders*; c'est d'ailleurs le système de distribution employé pour l'éclairage.

Enfin, il faut parler des systèmes qui, pour éviter des conducteurs aériens ou souterrains emploient des conducteurs placés au ras du sol mais pourvus de systèmes de distribution spéciaux, de manière que le courant ne passe dans les conducteurs placés au niveau du sol qu'au moment du passage des véhicules. On pourrait d'ailleurs faire fonctionner en même temps une sorte de block-system.

⁽¹⁾ *Bulletin de la Société des ingénieurs civils*, octobre 1895.

⁽²⁾ *Portefeuille des machines*, août 1891.

Parmi les applications de cette catégorie, citons le système Claret et Vuilleumier ⁽¹⁾ qui a fonctionné avec succès pendant l'exposition de Lyon et est appliqué à Paris, de la place de la République à Romainville ; un autre système intéressant est celui de l'Electro-Magnetic Company, appliqué à Washington sur la North-Capitol street ⁽²⁾ et à Londres dans Victoria-Street.

Prise de courant. — Lorsque la ligne est aérienne, la prise de courant peut s'effectuer au moyen d'une navette coulissant dans un tube creux et remorquée par le véhicule lui-même, comme c'est le cas à Royat ; mais le système le plus généralement employé est celui du *trolley*, qui consiste en une poulie à gorge, fixée à l'extrémité d'une longue perche placée sur le toit de la voiture ; cette perche est fortement inclinée sur le toit, et, au moyen d'un ressort, maintient le fond de la poulie à gorge, appliquée contre le fil de ligne.

La traction électrique pour tramways est appliquée sur des voitures automobiles ; si elles sont

⁽¹⁾ *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, décembre 1894.

⁽²⁾ *Mémoire de M. AUVERT*. — Congrès de Londres, 1895.

manœuvrées des deux plates-formes, elles n'ont pas besoin d'être tournées, et, arrivé au point terminus, le conducteur de la voiture n'a qu'à changer le sens de l'inclinaison de la perche pour pouvoir repartir dans l'autre sens.

Quand le conducteur électrique est au niveau du sol, on fait usage de frotteurs portés par le véhicule, comme dans le système Claret et Vuilleumier à Lyon, ou bien d'une masse un peu lourde, trainée par le véhicule et qui repose simplement sur le conducteur par son propre poids.

Quand le conducteur est souterrain, on a recours à un frotteur placé à l'extrémité d'une tige fixée à la voiture et passant à travers la rainure ; dans ce cas, afin d'être assuré d'un contact que l'on ne peut pas vérifier, le conducteur est dédoublé ainsi que le frotteur, ce qui, en tous cas, assure au moins un contact au passage des courbes ou des changements de voie.

Chemins de fer. — Avant de terminer, nous dirons quelques mots des chemins de fer électriques qui ne diffèrent d'ailleurs généralement des tramways électriques par câble, qu'en ce qu'ils ont une plate-forme distincte, non accessible aux piétons, sauf aux passages à niveau.

Sur les chemins de fer, le tonnage de la circu-

lation est beaucoup plus intense que sur les tramways, aussi quand il s'agit de remorquer des trains un peu lourds, a-t-on recours à l'emploi de locomotives électriques. Toutefois, des voitures automobiles circulent sur certains d'entre eux, parmi lesquels nous citerons : le chemin de fer aérien de Liverpool ⁽¹⁾, le chemin de fer à crémaillère du Salève ⁽²⁾, alimenté par des moteurs hydrauliques offrant certaines analogies de développement et de tracé avec le chemin de fer de Neversink Mountain, en Pensylvanie également actionné par des moteurs hydrauliques.

On trouve des locomotives électriques : sur le chemin de fer électrique City and South London ⁽³⁾, elles pèsent 10,5 tonnes ; sur le chemin de fer de l'embranchement minier de Montmartre à la Béraudière, près Saint-Etienne, qui traverse deux souterrains ; les locomotives pèsent 15 tonnes ⁽⁴⁾.

(1) D. K. CLARK. — *Tramways. Their construction and working.*

(2) Déjà cité, p. 162.

(3) *Revue générale des chemins de fer*, février 1891.

(4) *Revue générale des chemins de fer*, octobre 1894, et *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*, mars 1895.

Enfin, nous devons citer une locomotive de 90 tonnes ⁽¹⁾, construite par la General Electric C^o pour le Baltimore and Ohio Railroad, pour faire un service en souterrain dans la traversée de la ville de Baltimore ; cette locomotive est actuellement en service.

Nous citerons de plus le projet de traction électrique de la C^{ie} P.-L.-M. sur la ligne du Fayet à la frontière suisse qui comporte des rampes assez longues, atteignant 90 millimètres par mètre ; un premier projet devait être à traction par locomotives électriques avec crémaillère sur les fortes rampes ; depuis on semble revenu à des voitures automobiles à adhérence totale.

B. FUNICULAIRES OU CABLES

Dans ce système, une machine met en mouvement continu un câble sans fin ⁽²⁾ supporté et guidé par des poulies et placé dans un caniveau souterrain présentant une fente à sa partie supérieure ; sur le câble viennent s'agrafer des voitures au moyen d'une pince ou grip placée à

⁽¹⁾ *The Engineer*, 6 décembre 1895.

⁽²⁾ Nous ne parlerons pas ici des funiculaires à mouvement alternatif comme à Lyon, pour lesquels il faut une plate-forme séparée.

l'extrémité d'une tige fixée à la voiture ; la pince est serrée ou desserrée par le conducteur.

C'est le seul système de tramways où l'effort de traction soit indépendant de l'adhérence, aussi on peut faire les véhicules aussi légers que l'on veut ; la voiture prend, en effet, son point d'appui sur le câble même ; pour arrêter, on desserre d'abord la pince ou grip ; pour mettre en marche, on la serre progressivement, il y a d'abord glissement entre le câble et la voiture, ce glissement diminue jusqu'à ce que la voiture ait la vitesse même du câble ; la rapidité du démarrage dépend de la rapidité du serrage de la pince et on conçoit qu'il faille opérer progressivement pour éviter les secousses.

Ce système, qui paraît bien s'accommoder des fortes rampes, fonctionne depuis longtemps à San Francisco et à Chicago ; nous ne saurions mieux faire pour leur description que de renvoyer le lecteur à l'excellent ouvrage de MM. Lavoigne et Pontzen, *Les chemins de fer en Amérique* ⁽¹⁾.

En France, il existe à Paris un tramway de ce système allant de la Place de la République

⁽¹⁾ Citons aussi *Portefeuille des machines*, janvier 1888 et *Revue générale des chemins de fer*, août 1883.

à l'église de Belleville, il a, d'ailleurs, été décrit d'une manière complète par M. Widmer dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, mars 1893.

En Angleterre, il y a des tramways à câble à Highgate-Hill et à Brixton-Road à Londres, à Édimbourg et à Birmingham, ils ont presque tous été construits par M. Colam : on trouvera d'ailleurs dans l'ouvrage de D. K. Clark, *Tramways. Their construction and working*, toutes les indications relatives à leur sujet.

CHAPITRE V

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Pour terminer cette étude, il aurait peut-être fallu donner quelques indications concernant le choix à faire d'un système de tramways ; cette question est loin d'être susceptible d'une solution générale, car les conditions principales à remplir sont dictées par les besoins de l'exploitation qui varient presque dans chaque cas. Il s'agit ensuite de choisir parmi les systèmes les moins coûteux de premier établissement et les plus économiques en exploitation ; il est vrai que des considérations autres que les précédentes peuvent influencer sur le choix d'un système ou même en faire éliminer quelques-uns ; en effet, les questions de bruit, de fumée, de panache de vapeur, d'odeur, d'esthétique, de coup d'œil, etc., ont parfois, en matière de tramways, une importance très considérable.

En ce qui concerne les dépenses de traction des divers systèmes, il est très difficile d'établir des prix comparatifs; il faudrait, en effet, opérer la comparaison, sinon sur une même ligne, du moins sur des lignes semblables et surtout grouper les dépenses de la même façon; c'est ce qui rend cette comparaison très difficile, sinon impossible.

Il faut cependant citer des expériences sommaires faites en 1885 à l'Exposition d'Anvers dans un concours international de traction mécanique et de matériel de tramways qui a fait l'objet d'un rapport du jury (Bruxelles, 1886, Impr. A. Lefèvre, 9, rue Saint-Pierre), et dont on trouvera un résumé dans la *Revue générale des chemins de fer*, juin 1886.

Le concours était divisé en deux groupes :

Premier groupe. — Moteurs et voitures automotrices propres à la traction dans les villes.

Ce groupe comprenait :

Une locomotive Krauss, de Munich ;

Une locomotive Wilkinson ;

Une locomotive Rowan ;

Une voiture automotrice à air comprimé du colonel Beaumont ;

Une voiture automotrice électrique par accumulateur de la Société l'*Électrique* de Bruxelles.

Deuxième groupe. — Moteurs ou voitures automotrices reconnus propres à la traction sur les tramways ou chemins de fer vicinaux.

Ce groupe comprenait :

Deux locomotives de la Société la Métallurgique de Bruxelles ;

Une locomotive Krauss, de Munich ;

Une locomotive Henschell, de Cassel ;

Une locomotive de la Maschinenfabrik d'Esslingen.

Le programme du concours portait l'examen de trois sortes de conditions, d'après lequel s'est effectué le classement :

A. Conditions de sécurité, de police et accessoires.

B. Conditions relatives à l'entretien et à la consommation.

C. Conditions d'économie de matières de consommation.

Depuis cette époque, il a été fait bien des progrès en matière de traction des tramways, mais à notre connaissance, il n'a pas été renouvelé de concours ou d'essais de ce genre.

BIBLIOGRAPHIE

- AUVERT. — *Étude générale de la traction électrique*.
Bulletin du congrès international des chemins de fer
5^e session. Londre 1895. P. Weissenbruch Bruxelles.
- L.A.BARBET. — *L'air comprimé appliqué à la traction
des tramways*. Baudry, Paris, 1896.
- D. K. CLARK. — *Tramways. Their construction and
working*. Londres, Crosby Lockwood and son. 1894.
- J. COSTA. — *Comparaison entre le tramway électri-
que à fil aérien et le tramway Serpollet*. Barthelet
et Cie, Marseille, 1895.
- CH. COUCHE. — *Voie, matériel roulant et exploitation
technique des chemins de fer*. Dunod, Paris.
- O. T. CROSBY et L. BELL. — *The electric railway in
theory and practice*. New-York, W. J. Johnston et Co
1893.
- F. DENIZET. — *Tramway électrique de Marseille*. Bau-
dry, Paris. 1893.
- C. B. FAIRCHILD. — *Street railways. Their construction,
operation, and maintenance*. Street railway publi-
shing Co, New-York 1892.
- P. GADOT. — *Traction électrique des tramways*
E. Bernard, Paris.
- HEUDE. — *Nouveau rail de tramway employé sur le*

- chemins de fer nogentais*. Annales des Ponts et Chaussées, 1^{er} semestre, 1890.
- KILLINGWORTH HEDGES. — *American electric street railways. Their construction and equipment*. Spon, London et Spon and Chamberlain, New-York, 1894.
- LAVOINNE et PONTZEN. — *Les chemins de fer en Amérique*, Dunod, Paris.
- CH. LEDOUX. — *Chemins de fer à voie étroite*. Dunod, Paris 1874.
- Notice sur la voie métallique Humbert*. — Autographiée.
- F. WEIDKNECHT et R. SEQUELA. — *Notice sur un nouveau système de locomotive artifiée à adhérence totale avec pendule compensateur*. — Autographiée, 1895.
- Rails à gorge et à patin système Broca*. Bernard Tignol. Paris.
- ROWAN. — *Traction économique des tramways*. Baudry, Paris 1891.
- F. SÉRAFON. — *Les tramways et les chemins de fer sur routes*, Paris, Bernard et Cie, 1882.
- E. VIGNES. — *Chemins de fer du Festiniog*. Dunod, Paris, 1878.
- M. WIDMER. — *Tramway funiculaire de Belleville*. (Annales des Ponts et Chaussées, mars 1893).
- Bulletin des ingénieurs civils de France*.
- Juillet 1894. — Traction mécanique des tramways. M. de Marchena.
- Novembre 1894. — Chemin de fer à voie étroite du canton de Genève. A. Mallet.
- Janvier 1895. — Installations électriques en Suisse et en Savoie. Tramways du Salève et de Vevey. M. Lavazzari.

- Janvier 1895. — Traction mécanique des tramways.
E. Badois.
- Janvier 1895. — Traction mécanique des tramways.
P. Regnard.
- Janvier 1895. — Traction mécanique des tramways.
M. de Marchena.
- Août 1895. — Tramway Serpollet. G. Lesourd.
- Octobre 1895. — Tramways électriques à câble souterrain. M. Lavezzari.
- Bulletin de la Société internationale des Électriciens.*
Gauthier-Villars, Paris.
1886. — Traction électrique. M. de Nansouty.
1887. — Tramways électriques. M. Napoli.
1890. — Tramways électriques en Amérique. M. Abdank-Abakanovitz.
1893. — Premiers tramways électriques à Paris.
M. Frank Gerald.
1894. — Tramway électrique Claret et Vuilleumier.
1895. — Chemin de fer électrique de Montmartre à la Béraudière, M. Hillairet.
1895. — Traction électrique par accumulateurs. M. Sarcia.
- Portefeuille économique des machines.* Baudry et Cie,
Paris.
- Janvier 1876. — Voiture automobile à air comprimé,
système Mekarski.
- Mai 1878. — Locomotive à voie de 0,75 du chemin de
fer d'Ocholt à Westerstede.
- Novembre 1878. — Locomotive pour tramways, système
Brown.
- Mars 1882. — Tramways à air comprimé système Scott-
Moncrief.

- Janvier 1883. — Locomotive à eau chaude, système Francq.
- Novembre 1884. — Locomotive de tramway système Roy.
- Juillet 1886. — Locomotive à air comprimé, système Mekarski.
- Août 1886. — Traction à vapeur sans feu, système Francq.
- Janvier et février 1888. — Tramways à câble sans fin.
- Octobre 1888. — Tramway électrique par accumulateurs, système Philippart.
- Février et mars 1890. — Bogies de locomotive.
- Novembre 1890. — Tramway électrique de Clermont-Ferrand, système Thury.
- Juin 1893. — Locomotive compound Mallet des chemins de fer du Sud de la France.
- Novembre 1893. — Tramway électrique de Marseille.
- Février 1894. — Voiture automobile à vapeur, système Rowan.
- Mai 1894. — Matériel roulant des tramways de la Drôme.
- Décembre 1894. — Chemin de fer électrique du Salève.
- Mars 1895. — Tramway automobile Serpollet.
- Juin et juillet 1895. — Chemin de fer électro-funiculaire du Burgenstock.
- Août 1895. — Tramway électrique par accumulateurs de l'Exposition de Lyon (Averly).
- Octobre et novembre 1895. — Étude sur les tramways électriques. Cadiat.
- Revue générale des chemins de fer*, Dunod, Paris.
- Juillet 1878. — Tramway d'Ocholt à Werterstede (voie 0.75).

- Novembre 1878. — Chemin de fer du Festiniog (voie 0,60).
- Juillet 1879. — Tramways de Villiers le Bel à Gonesse.
- Février 1880. — Chemin de fer à voie étroite de Ribeuville.
- Avril 1880. — Exploitation des tramways du département de la Seine (résistances).
- Août 1880. — Locomotive électrique Siemens et Halske à Bruxelles (voie 0,50).
- Juillet 1881. — Tramways à vapeur de La Haye à Scheveningen.
- Août 1881. — Bogies, bissels, boîtes radiales. G. Richard.
- Septembre 1881. — Locomotive électrique Siemens à l'Exposition d'électricité de Paris en 1881.
- Février 1882. — Chemins de fer à voie étroite d'Irlande (Cleminson).
- Juillet 1882. — Tramway à air comprimé, système Scott-Moncrief.
- Juillet 1883. — Chemin de fer électrique de Portrush.
- Août 1883. — Essai de traction électrique par accumulateurs (Philippart).
- Août 1883. — Tramways funiculaires de Chicago.
- Février 1885. — Chemin de fer électrique Siemens à l'Exposition de Vienne en 1883.
- Juillet 1885. — Chaudière sans foyer, système Honigmann.
- Août et décembre 1885. — Dispositions de voies, etc., et de matériel roulant pour chemins de fer à voie d'un mètre. A. Sartiaux et Banderali.
- Juin 1886. — Concours de traction mécanique et de matériel de tramways à Anvers en 1885.

- Avril 1887. — Système de Bange, locomotives à adhérence totale pour courbes de faible rayon.
- Août et septembre 1888. — Essieux convergents des l'Union des chemins de fer allemands.
- Octobre 1888. — Tramways électriques de Bessbrook à Newry et de Hamburg.
- Juin 1889. — Le chemin de fer Decauville de l'Exposition de 1889.
- Septembre 1889. — Chemins de fer nogentais, traction à air comprimé.
- Avril 1890. — Chemin de fer électrique de Mödling
- Avril 1890. — Chemin de fer à voie d'un mètre. Viège à Zermatt.
- Décembre 1890. — Tramway de Saint-Germain, locomotives sans foyer.
- Février 1891. — Essais comparatifs d'une locomotive électrique et d'une locomotive à foyer. Chemin de fer électrique *City and South London*.
- Septembre 1891. — Locomotives compound Mallet de la C^{ie} des chemins de fer départementaux.
- Août 1891. Tramways électriques de Buda-Pesth.
- Août 1894. — Tramway système Rowan de la C^{ie} générale des omnibus.
- Octobre 1894. — Traction électrique de Montmartre à la Béraudière.
- Mars 1895. — Le chemin de fer électrique du mont Salève.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	5

PREMIÈRE PARTIE

VOIES

CHAP. I. <i>Voies en accotement</i>	8
CHAP. II. <i>Voies en chaussée</i>	11
A. Voies formées de rails et de contre-rails	11
Voie Vignole double	11
Voie Marsillon	13
Voie Heude	18
B. Rails à gorge	22
Voie Broca	23
Voie Humbert	25
C. Assise et fondations	28
CHAP. III. <i>Changements de voie</i>	30
CHAP. IV. <i>Prix de revient des voies</i>	35
Premier établissement	35
Entretien	4
CHAP. V. <i>Types de voies anglaises</i>	5

	Pages
Voie Aldred Spielmann	52
Voie Page	54
Voie Vignoles	55
Rail Gowans	56
Voie Vinby et Levick	57
Voie Kerr	58
Voie Johnstones et Rankine.	59
CHAP. VI. <i>Types de voies américaines</i>	61
CHAP. VII. <i>Considérations générales</i>	66

DEUXIÈME PARTIE

MATÉRIEL

CHAP. I. <i>Puissance à développer, Résistances à la traction</i>	78
A. Résistance au roulement	78
B. Résistance des mécanismes	85
C. Résistance au démarrage	85
D. Puissance à développer.	86
E. Adhérence	90
CHAP. II. <i>Examen du matériel au point de vue de la circulation en courbe</i>	92
A. Véhicules à essieux rigides	92
B. Bogies à deux essieux ou à un seul essieu	101
C. Dispositions diverses d'essieux convergents.	104
D. Véhicules comportant des essieux rigides et des essieux convergents.	108
E. Dispositions spéciales des véhicules (boîtes à huile, ressorts, attelages, freins	115

	Page
CHAP. III. <i>Examen des véhicules portant les mo-</i>	
<i>teurs.</i>	120
Régulation des moteurs	128
CHAP. IV. <i>Différents systèmes de traction.</i> . . .	137
Première catégorie. Systèmes dans lesquels	
le moteur est juxtaposé au générateur . . .	138
A. Vapeur.	139
B. Pétrole.	144
C. Moteurs électriques	145
Deuxième catégorie. Accumulateurs divers .	146
A. Vapeur	150
B. Air comprimé	152
C. Gaz	154
D. Électricité	156
Troisième catégorie. Systèmes dans lesquels	
la force de traction est transmise à dis-	
tance d'une usine centrale aux véhicules à	
remorquer	158
A. Électricité par conducteurs	160
B. Funiculaires ou câbles	167
CHAP. V. <i>Considérations générales</i>	170
BIBLIOGRAPHIE	173

ST-AMAND (CHER). IMPRIMERIE DESTENAY, BUSSIÈRE FRÈRES

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS.

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

OUVRAGES
SUR LES
SCIENCES MATHÉMATIQUES

COURS DE GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE

à l'usage des élèves de la classe de Mathématiques spéciales
et des Candidats aux Ecoles du Gouvernement.

Par M. B. NIEWENGLOWSKI,

Ancien Professeur de Mathématiques spéciales au Lycée Louis-le-Grand,
Inspecteur de l'Académie de Paris.

3 beaux volumes grand in-8, se vendant séparément.

- TOME I : Sections coniques; 1894..... 10 fr.
TOME II : Construction des courbes planes. Compléments relatifs aux coniques;
1895..... 8 fr.
TOME III : Géométrie dans l'espace, avec une Note sur les transformations en
Géométrie; par E. BOREL. Prix pour les Souscripteurs..... 12 fr.
Un fascicule (336 p.) a paru.

TRAITÉ DE MÉCANIQUE RATIONNELLE

(Cours de la Faculté des Sciences),

Par M. P. APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

3 volumes grand in-8, avec figures, se vendant séparément.

- TOME I : Statique, Dynamique du point, avec 178 figures; 1893..... 16 fr.
TOME II : Dynamique des systèmes, Mécanique analytique, avec figures; 1895. Prix
pour les souscripteurs..... 14 fr.
Un premier fascicule (492 p.) a paru.
TOME III..... (Sous presse.)

**THÉORIE DES FONCTIONS ALGÈBRIQUES
ET DE LEURS INTÉGRALES.**

Étude des fonctions analytiques sur une surface de RIEMANN,
Avec une Préface de M. HERMITE,

PAR

P. APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur
à la Faculté des Sciences,

Édouard GOURSAT,

Maître de Conférences à l'École
Normale Supérieure.

Un beau volume grand in-8, avec figures; 1895..... 16 fr.

ESSAI SUR LA PHILOSOPHIE DES SCIENCES

(Analyse — Mécanique),

Par M. Ch. DE FREYCINET, de l'Institut.

Un beau volume in-8; 1896..... 6 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LEÇONS
SUR LA
THÉORIE GÉNÉRALE DES SURFACES
ET LES
APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES DU CALCUL INFINITÉSIMAL

Par M. G. DARBOUX,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

I^{re} PARTIE : Généralités. — Coordonnées curvilignes. Surfaces minima; 1887. 15 fr.
II^e PARTIE : Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles. —
Des lignes tracées sur les surfaces; 1889. 15 fr.
III^e PARTIE : Lignes géodésiques et courbure géodésique. Invariants différentiels.
Déformation des surfaces; 1894. 15 fr.
IV^e PARTIE : Déformation infiniment petite, représentation sphérique; 1895. Prix
pour les souscripteurs. 15 fr.

Un premier fascicule (352 p.) a paru.

SUR L'ORIGINE DU MONDE

Théories cosmogoniques des anciens et des modernes,

Par M. H. FAYE,

Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes.

3^e édition, revue et augmentée.

Un beau volume in-8, avec figures; 1896. 6 fr.

RECUEIL

DE

PROBLÈMES DE MATHÉMATIQUES

classés par divisions scientifiques, contenant les énoncés avec renvoi aux solutions de tous les problèmes posés, depuis l'origine, dans divers journaux : Nouvelles Annales de Mathématiques. Journal de Mathématiques élémentaires et de Mathématiques spéciales. Nouvelle Correspondance mathématique. Mathesis;

Par M. C.-A. LAISANT, Docteur ès Sciences.

7 vol. in-8, se vendant séparément.

Classes de Mathématiques élémentaires.

TOME I : Arithmétique. Algèbre élémentaire. Trigonométrie; 1893. 2 fr. 50 c.

TOME II : Géométrie à deux dimensions. Géométrie à trois dimensions. Géométrie descriptive; 1893. 5 fr.

Classes de Mathématiques spéciales.

TOME III : Algèbre. Théorie des nombres. Probabilités. Géométrie de situation; 1895. 6 fr.

TOME IV : Géométrie analytique à deux dimensions (et Géométrie supérieure); 1893. 6 fr. 50 c.

TOME V : Géométrie analytique à trois dimensions (et Géométrie supérieure); 1893. 2 fr. 50 c.

TOME VI : Géométrie du triangle. (Sous presse.)

Licence ès Sciences mathématiques.

TOME VII : Calcul infinitésimal et calcul des fonctions. Mécanique. Astronomie. (En préparation.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ÉLÉMENTS

DE LA

THÉORIE DES FONCTIONS ELLIPTIQUES

PAR

Jules TANNERY,

Sous-Directeur des études scientifiques
à l'Ecole Normale Supérieure.

Jules MOLK,

Professeur à la Faculté des Sciences
de Nancy.

4 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Introduction. — Calcul différentiel (I^{re} Partie); 1892. 7 fr. 50 c.
TOME II : Calcul différentiel (II^e Partie); 1896. 9 fr.
TOME III : Calcul intégral. (Sous presse.)
TOME IV : Applications. (En préparation.)

ENSEIGNEMENT SECONDAIRE MODERNE.

LEÇONS DE GÉOMÉTRIE,

RÉDIGÉES SUIVANT LES DERNIERS PROGRAMMES OFFICIELS
ET ACCOMPAGNÉES, POUR CHAQUE LEÇON, D'EXERCICES ET DE PROBLÈMES GRADUÉS,

PAR

Eugène ROUCHÉ,

Membre de l'Institut, Examinateur de sortie
à l'Ecole Polytechnique,
Professeur au Conservatoire des Arts
et Métiers.

Ch. DE COMBEROUSSE,

Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur
à l'Ecole Centrale et au Conservatoire
des Arts et Métiers.

QUATRE VOLUMES PETIT IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I^{re} PARTIE : La ligne droite et la circonférence de cercle, à l'usage des élèves de la
classe de quatrième (moderne), avec 137 figures; 1896.
Broché. 2 fr. 75 c. | Cartonné toile. 3 fr. 25 c.
II^e, III^e et IV^e PARTIE, à l'usage des élèves des classes de troisième, seconde (mo-
derne) et première (Sciences). (Sous presse.)

SOLUTIONS DÉTAILLÉES
DES

EXERCICES ET PROBLÈMES

énoncés dans les **Leçons de Géométrie**

QUATRE VOLUMES PETIT IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I^{re} PARTIE : Un volume petit in-8, avec 115 figures; 1896.
Broché. 2 fr. 75 c. | Cartonné toile. 3 fr. 25 c.
II^e, III^e et IV^e PARTIE. (Sous presse.)

L'ARITHMÉTIQUE AMUSANTE

(INTRODUCTION AUX RÉCRÉATIONS MATHÉMATIQUES)

AMUSEMENTS SCIENTIFIQUES POUR L'ENSEIGNEMENT ET LA PRATIQUE DU CALCUL,
Par Édouard LUCAS.

Petit in-8 en caractères elzéviens et titre en deux couleurs; 1895. 7 fr. 50 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

OUVRAGES
SUR LES
SCIENCES PHYSIQUES

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Par **M. J. JAMIN.**

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE

Par **M. E. BOUTY,**

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET)..... **72 fr.**

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.
3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.
3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.
4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

PREMIERS PRINCIPES
D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

PILES, ACCUMULATEURS, DYNAMOS, TRANSFORMATEURS,

Par M. Paul JANET.

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris,
Directeur du Laboratoire central d'Électricité.

2^e ÉDITION, REVUE ET CORRIGÉE.

Un volume in-8, avec 173 figures; 1896..... 6 fr.

COURS ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ

Lois expérimentales et principes généraux. Introduction à l'Électrotechnique.
(Leçons professées à l'Institut industriel du Nord de la France).

Par M. Bernard BRUNHES,

Docteur ès Sciences, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 137 figures; 1895..... 5 fr.

MESURES ÉLECTRIQUES

LEÇONS PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE.

Par M. Eric GÉRARD,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore, Ingénieur principal des Télégraphes,
Professeur à l'Université de Liège.

Grand in-8, 450 pages, 198 figures; cartonné toile anglaise... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par **M. Eric GÉRARD**,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore.

4^e ÉDITION, REFONDUE ET COMPLÉTÉE.

TOME I : Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques, avec 269 figures 1895. **12 fr.**

TOME II : Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à la télégraphie et à la téléphonie, à l'éclairage et à la métallurgie, avec 263 fig. ; 1895. **12 fr.**

LEÇONS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

COURS PROFESSÉ A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES
ET COMPLÉTÉ SUIVANT LE PROGRAMME DE LA LICENCE ÈS SCIENCES PHYSIQUES.

PAR

J. CHAPPUIS,

Agrégé Docteur ès Sciences,
Professeur de Physique générale
à l'École Centrale.

A. BERGET,

Docteur ès Sciences,
Attaché au Laboratoire des recherches
physiques à la Sorbonne.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : Instruments de mesure. Chaleur. Avec 175 figures ; 1891. **13 fr.**

TOME II : Électricité et Magnétisme. Avec 305 figures ; 1891. **13 fr.**

TOME III : Acoustique. Optique ; Électro-optique. Avec 193 figures ; 1892. **10 fr.**

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

DE

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

SYSTÈME MORSE. MANIPULATION. NOTIONS DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE. PILES.
APPAREILS ET ACCESSOIRES. INSTALLATION DES POSTES.

PAR

L. MICHAUT,

Commis principal à la Direction technique
des Télégraphes de Paris.

M. GILLET,

Commis principal au Poste central
des Télégraphes de Paris.

2^e édition. In-18 Jésus, avec 86 belles figures ; 1895. **3 fr. 75 c.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TRAITÉ D'OPTIQUE

Par **M. E. MASCART**,

Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Bureau Central Météorologique.

3 BEAUX VOLUMES, GRAND IN-8, AVEC ATLAS, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Systèmes optiques. Interférences. Vibrations. Diffraction. Polarisation. Double réfraction. Avec 199 figures et 2 planches; 1880. **20 fr.**

TOME II et ATLAS : Propriété des cristaux. Polarisation rotatoire. Réflexion vitrée. Réflexion métallique. Réflexion cristalline. Polarisation chromatique. Avec 113 figures et Atlas contenant 2 belles planches sur cuivre dont une en couleur (Propriété des cristaux. Coloration des cristaux par les interférences); 1891. **25 fr.**

TOME III : Polarisation par diffraction. Propagation de la lumière. Photométrie. Réfractions astronomiques. Un très fort volume avec 83 figures; 1893. **20 fr.**

LEÇONS

SUR L'ÉLECTRICITÉ ET LE MAGNÉTISME

Par **M. DUHEM**,

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille.

3 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Conducteurs à l'état permanent, avec 112 figures; 1891. **16 fr.**

TOME II : Les aimants et les corps diélectriques, avec 32 figures; 1892. **14 fr.**

TOME III : Courants linéaires, avec 71 figures; 1892. **15 fr.**

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE.

COURS ÉLÉMENTAIRE

DE

MANIPULATIONS DE PHYSIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX ÉCOLES ET AU CERTIFICAT DES ÉTUDES
PHYSIQUES ET NATURELLES.

Par **M. Aimé WITZ**,

Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

2^e édition, revue et augmentée. In-8, avec 77 figures; 1895. **5 fr.**

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE.

EXERCICES DE PHYSIQUE

ET APPLICATIONS.

PRÉPARATOIRES A LA LICENCE.

Par **M. Aimé WITZ**,

Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 114 figures; 1889. **12 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

PROBLÈMES ET CALCULS PRATIQUES D'ÉLECTRICITÉ

Par **M. Aimé WITZ**,

Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 51 figures; 1893..... 7 fr. 50 c.

TRAITÉ
DE

L'ÉLECTRICITÉ ET DU MAGNÉTISME

Par **James Clerk MAXWELL**,

Professeur de Physique expérimentale à l'Université de Cambridge,

Traduit de l'anglais, sur la 2^e édition, par M. SEJGMANN-LUI, ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur des Télégraphes, avec *Notes et Eclaircissements* par MM. CORNU, membre de l'Institut, et POTIER, Professeurs à l'École Polytechnique, et suivi d'un *Appendice sur la Théorie des quaternions*, par M. E. SARRAU, membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique.

Deux forts volumes grand in-8, avec 122 fig. et 20 pl.: 1885-1889..... 30 fr.
Chaque volume se vend séparément..... 15 fr.

LEÇONS

SUR L'ÉLECTRICITÉ ET LE MAGNÉTISME

Par **E. MASCART** et **J. JOUBERT**,

2^e ÉDITION, ENTIÈREMENT REPENDUE.

Par **E. MASCART**,

Professeur au Collège de France, Directeur du Bureau Central Météorologique.

2 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Phénomènes généraux et théorie. Grand in-8, avec 126 fig.; 1896. 25 fr.
TOME II : (Paraîtra en 1896)..... (Sous presse.)

CONDITIONS DE PUBLICATION.

Les *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme* seront publiées en 2 Volumes.

Le Tome I est mis en vente au prix de 25 francs.

Le Tome II, dès à présent sous presse, paraîtra à la fin de l'année 1896.

Les acquéreurs du Tome I qui présenteront ou feront présenter par leur libraire habituel le **bon** contenu dans le Tome I aux éditeurs avant le **31 mars 1897**, auront le droit de retirer le Tome II au prix de 15 francs et payeront par conséquent l'Ouvrage complet **40 francs**.

Dès la publication du Tome II, le prix des deux Volumes réunis sera porté, pour tous autres que les porteurs du **bon**, à **45 francs**, et le prix de chaque Volume vendu séparément sera de **25 francs**.

LA THÉORIE ATOMIQUE ET LA THÉORIE DUALISTIQUE,

TRANSFORMATION DES FORMULES.

DIFFÉRENCES ESSENTIELLES ENTRE LES DEUX THÉORIES,

Par **M. LENOBLE**,

Professeur de Chimie à l'Université libre de Lille.

In-18 jésus: 1896..... 2 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondées par M.-C. LECHALAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE MACHINES A VAPEUR
DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

ALHEILIG,

Ingénieur de la Marine,
Ex-Professeur à l'École d'application
du Génie maritime.

Camille ROCHE,

Industriel,
Ancien Ingénieur de la Marine.

2 BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

TOME I : Thermodynamique théorique et applications. La machine à vapeur et les métaux qui y sont employés. Puissance des machines, diagrammes indicateurs. Freins. Dynamomètres. Calcul et dispositions des organes d'une machine à vapeur. Régulation, épures de détente et de régulation. Théorie des mécanismes de distribution, détente et changement de marche. Condensation, alimentation. Pompes de service. — Volume de XI-604 pages, avec 412 figures; 1895..... **20 fr.**

TOME II : Forces d'inertie. Moments moteurs. Volants régulateurs. Description et classification des machines. Machines marines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints et presse-étoupes. Montage des machines et essais des moteurs. Passation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction. Servo-moteurs. Tables numériques. — Volume de IV-560 pages, avec 281 figures; 1895..... **18 fr.**

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION

PAR

E. DEHARME,

Ingénieur principal du Service central
de la Compagnie du Midi.

A. PULIN,

Ingénieur, Inspecteur principal
de l'Atelier central des chemins de fer
du Nord.

Un volume grand in-8, XXII-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). **15 fr.**

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et Jules HENRIVAUX,
Ingénieurs.

Grand in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.) **20 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

Par **M. C. BRICKA,**

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : Études. — Construction. — Voie et appareils de voie. — Volume de VIII-634 pages avec 326 figures; 1894..... 20 fr.

TOME II : Matériel roulant et Traction. — Exploitation technique. — Tarifs. — Dépenses de construction et d'exploitation. — Régime des concessions. — Chemins de fer de systèmes divers. — Volume de 709 pages avec 177 figures; 1894..... 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I : Généralités sur la fonte, le fer et l'acier. — Résistance de ces matériaux. — Assemblages des éléments métalliques. — Chainages, linteaux et poitrails. — Planchers en fer. — Supports verticaux. Colonnes en fonte. Poteaux et piliers en fer. — Grand in-8 de 584 pages avec 479 figures; 1894..... 20 fr.

TOME II : Pans métalliques. — Combles. — Passerelles et petits ponts. — Escaliers en fer. — Serrurerie. (Fermelements des charpentes et menuiseries. Paratonnerres. Clôtures métalliques. Menuiserie en fer. Serres et vérandas). — Grand in-8 de 626 pages avec 571 figures; 1894..... 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **M. A. GOUILLY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.).... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT**,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

GRAND IN-8 DE XII-533 PAGES, AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES DANS LE TEXTE; 1895 (E. I.)..... 12 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **M. A. CRONEAU**,

Ingénieur de la Marine,
Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

2 VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.).

TOME I : Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de navires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4° doubles, dont 2 en trois couleurs; 1894. 18 fr.

TOME II : Compartimentage. — Cuirassement. — Pavois et garde-corps. — Ouvertures pratiquées dans la coque, les ponts et les cloisons. — Pièces rapportées sur la coque. — Ventilation. — Service d'eau. — Gouvernails. — Corrosion et salissure. — Poids et résistance des coques. — Grand in-8 de 616 pages avec 359 fig.; 1894. 15 fr.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOL. GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.).... 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS
TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,
Directeur des teintures aux Manufac-
tures nationales
des Gobelins et de Beauvais.

F. DOMMER,
Professeur à l'École de Physique
et de Chimie industrielles
de la Ville de Paris.

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E. I.)..... 30 FR.

Cet important Ouvrage, avec 345 figures dans le texte et un choix d'échantillons de tissus, s'adresse surtout aux industriels; mais il sera aussi très apprécié par ceux qui désirent connaître l'état actuel des grandes industries textiles. Rien n'a été négligé par les Auteurs pour donner une idée aussi exacte que possible des merveilleuses machines récemment créées pour le traitement des fibres textiles à l'état brut ou sous la forme de fils et de tissu. L'emploi des matières colorantes nouvelles est décrit avec tous les détails nécessaires pour guider les praticiens.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par **M. A. JOANNIS,**

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

2 VOLUMES GRAND IN-8 (E. I.).

TOME I : Généralités. Carbures. Alcools. Phénols. Éthers. Aldéhydes Cétones. Quinones. Sucres. — Volume de 688 pages, avec figures; 1896..... 20 fr.

TOME II : Hydrates de carbone. Acides. Alcalis organiques. Amides. Nitriles. Composés azoïques. Radicaux organométalliques. Matières albuminoïdes. Fermentations. Matières alimentaires. (Pour paraître en 1896.)

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par **M. Georges LECHALAS,**

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

2 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT. (E. T. P.)

TOME I : Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principe d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages et occupations temporaires. — Volume de CXLVII-536 pages; 1889..... 20 fr.

TOME II (I^{re} PARTIE) : Participation des tiers aux dépenses des travaux publics. Adjudications. Fournitures. Régie. Entreprises. Concessions. — Volume de VIII-399 pages; 1893..... 10 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fourtier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE PAR LES PROCÉDÉS PELLICULAIRES,

Par M. George BALAGNY, Membre de la Société française de Photographie,
Docteur en droit.

2 volumes grand in-8, avec figures; 1889-1890.

On vend séparément :

TOME I : Généralités. Plaques souples. Théorie et pratique des trois développements au fer, à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone. 4 fr.

TOME II : Papiers pelliculaires. Applications générales des procédés pelliculaires. Phototypie. Contretypes. Transparents. 4 fr.

MANUEL DE PHOTOCHROMIE INTERFÉRENTIELLE.

Procédés de reproduction directe des couleurs; par M. A. BERTHIER.

In-18 jésus, avec figures; 1895. 3 fr. 50 c.

CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR RÉUSSIR EN PHOTOGRAPHIE.

Par A. COURRÈGES, Praticien.

2^e édition, revue et augmentée. Petit in-8, avec 1 planche en photocollographie; 1896. 2 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.

Par M. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens.. 32 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Notions élémentaires. — Historique. — Épreuves négatives. — Principes communs à tous les procédés négatifs. — Épreuves sur albumine, sur collodion, sur gélatinobromure d'argent, sur pellicules, sur papier. Avec 2 planches spécimens et 120 figures; 1886. 16 fr.

II^e PARTIE : Épreuves positives : aux sels d'argent, de platine, de fer, de chrome. — Épreuves par impressions photomécaniques. — Divers : Les couleurs en Photographie. Épreuves stéréoscopiques. Projections, agrandissements, micrographie. Réductions, épreuves microscopiques. Notions élémentaires de Chimie, vocabulaire. Avec 2 planches spécimens et 114 figures; 1888. 16 fr.

Un supplément, mettant cet important Ouvrage au courant des derniers travaux, paraîtra en 1896.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE.

Théorie et pratique; par M. A.-L. DONNADIEU, Docteur ès Sciences,
Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Grand in-8, avec Atlas de 20 planches stéréoscopiques en photocollographie; 1892..... **9 fr.**

LA PHOTOGRAPHIE SANS MAÎTRE,

Par M. Eugène DUMOULIN.

2^e édition, entièrement refondue. In-18 jésus, avec figures; 1896. **1 fr. 75 c.**

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par M. C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... **48 fr.**

Chaque volume se vend séparément **14 fr.**

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. **14 fr.**

Les 5 volumes se vendent ensemble..... **60 fr.**

DICTIONNAIRE PRATIQUE DE CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE,

Contenant une *Etude méthodique des divers corps utilisés en Photographie*, précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une description détaillée des *Manipulations photographiques*;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892..... **8 fr.**

LES POSITIFS SUR VERRE.

Théorie et pratique. Les Positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux. Méthodes opératoires. Coloriage et montage;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892..... **4 fr. 50 c.**

LA PRATIQUE DES PROJECTIONS.

Etude méthodique des appareils. Les accessoires. Usages et applications diverses des projections. Conduite des séances;

Par M. H. FOURTIER.

2 vol. in-18 jésus.

TOME I. Les Appareils, avec 66 figures; 1892..... **2 fr. 75 c.**

TOME II. Les Accessoires. La Séance de projections, avec 67 fig.; 1893. **2 fr. 75 c.**

LES LUMIÈRES ARTIFICIELLES EN PHOTOGRAPHIE.

Étude méthodique et pratique des différentes sources artificielles de lumières, suivie de recherches inédites sur la puissance des photopoudres et des lampes au magnésium;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec 19 figures et 8 planches; 1895..... **4 fr. 50 c.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LE FORMULAIRE CLASSEUR DU PHOTO-CLUB DE PARIS.

Collection de formules sur fiches renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois Parties : *Phototypes, Photocopies et Photocalques, Notes et renseignements divers*, divisées chacune en plusieurs Sections ;

Par MM. H. FOURTIER, BOURGEOIS et BUCQUET.

Première Série ; 1892..... 4 fr.
Deuxième Série ; 1894..... 3 fr. 50 c.

LES PROJECTIONS SCIENTIFIQUES.

Étude des appareils, accessoires et manipulations diverses pour l'enseignement scientifique par les projections ;

Par MM. H. FOURTIER et A. MOLTENI.

In-18 jésus de 300 pages, avec 113 figures ; 1894.

Broché..... 3 fr. 50 c. | Cartonné..... 4 fr. 50 c.

DICTIONNAIRE SYNONYMIQUE FRANÇAIS, ALLEMAND, ANGLAIS, ITALIEN ET LATIN DES MOTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES EMPLOYÉS EN PHOTOGRAPHIE ;

Par M. ANTHONNY GUERRONNAN.

Grand in-8 ; 1895..... 5 fr.

L'ART PHOTOGRAPHIQUE DANS LE PAYSAGE.

Étude et pratique ;

Par HORSLEY-HINTON, — traduit de l'anglais par H. COLARD.

Grand in-8, avec 11 planches ; 1894..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE MÉDICALE.

Applications aux Sciences médicales et physiologiques ;

Par M. A. LONDE.

Grand in-8, avec 80 figures et 19 planches ; 1893..... 9 fr.

VIRAGES ET FIXAGES.

Traité historique, théorique et pratique ;

Par M. P. MERCIER,

Chimiste, Lauréat de l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

2 volumes in-18 jésus ; 1892..... 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Notice historique. Virages aux sels d'or..... 2 fr. 75 c.
II^e PARTIE : Virages aux divers métaux. Fixages..... 2 fr. 75 c.

INSTRUCTIONS PRATIQUES POUR PRODUIRE DES ÉPREUVES IRRÉPROCHABLES AU POINT DE VUE TECHNIQUE ET ARTISTIQUE.

Par M. A. MULLIN,

Professeur de Physique au Lycée de Grenoble, Officier de l'Instruction publique.

In-18 jésus, avec figures ; 1895..... 2 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

**TRAITÉ PRATIQUE
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES.**

Par M. E. TRUTAT.

2 volumes in-18 jésus, avec 105 figures; 1891..... 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Obtention des petits clichés; avec 52 figures..... 2 fr. 75 c.
II^e PARTIE : Agrandissements; avec 53 figures..... 2 fr. 75 c.

IMPRESSIONS PHOTOGRAPHIQUES AUX ENCRE GRASSES.

Traité pratique de Photocollographie à l'usage des amateurs;

Par M. E. TRUTAT.

In-18 jésus, av. nomb. fig. et 1 pl. en photocollographie; 1892... 2 fr. 75 c.

LA PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES.

Manuel pratique des procédés de demi-teintes, sur zinc et sur cuivre;

Par M. JULIUS VERFASSER.

Traduit de l'anglais par M. E. COUSIN, Secrétaire-agent de la Société française de Photographie.

In-18 jésus, avec 56 figures et 3 planches; 1895..... 3 fr.

TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOLITHOGRAPHIE.

Photolithographie directe et par voie de transfert. Photozincographie. Photocollographie. Autographie. Photographie sur bois et sur métal à graver. Tours de main et formules diverses;

Par M. LÉON VIDAL,

Officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École nationale des Arts décoratifs.

In-18 jésus, avec 25 fig., 2 planches et spécimens de papiers autographiques; 1893..... 6 fr. 50 c.

MANUEL DU TOURISTE PHOTOGRAPHE.

Par M. LÉON VIDAL.

2 volumes in-18 jésus, avec nombreuses figures. Nouvelle édition, revue et augmentée; 1889..... 10 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Couches sensibles négatives. — Objectifs. — Appareils portatifs. — Obturateurs rapides. — Pose et Photométrie. — Développement et fixage. — Renforceurs et réducteurs. — Vernissage et retouche des négatifs..... 6 fr.
II^e PARTIE : Impressions positives aux sels d'argent et de platine. — Retouche et montage des épreuves. — Photographie instantanée. — Appendice indiquant les derniers perfectionnements. — Devis de la première dépense à faire pour l'achat d'un matériel photographique de campagne et prix courant des produits..... 4 fr.

MANUEL PRATIQUE D'ORTHOCHROMATISME.

Par M. LÉON VIDAL.

In-18 jésus, avec figures et 2 planches, dont une en photocollographie et un spectre en couleur; 1891..... 2 fr. 75 c.

NOUVEAU GUIDE PRATIQUE DU PHOTOGRAPHE AMATEUR.

Par M. G. VIEUILLE.

3^e édition, refondue et beaucoup augmentée. In-18 jésus, avec figures; 1892..... 2 fr. 75 c.

5235 B. — Paris, Imp. Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Gr.-Augustins.

MASSON & C^{ie}, Éditeurs
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, Paris

P. n° 3.

EXTRAIT DU CATALOGUE

VIENT DE PARAÎTRE

Leçons

sur l'Électricité et le Magnétisme

De E. MASCART et J. JOUBERT

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE

Par **E. MASCART**

Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France
Directeur du bureau central de Météorologie

TOME PREMIER. — PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX ET THÉORIE

1 volume grand in-8° avec 130 figures dans le texte, 25 fr.

L'accueil fait par le public à cet ouvrage, épuisé depuis plusieurs années, nous engageait à en donner une seconde édition, mais il a paru nécessaire d'en remanier presque entièrement la rédaction pour tenir compte des progrès accomplis dans le domaine de l'électricité. Les modifications introduites dans le texte primitif et les développements nouveaux qu'exigent l'état actuel de la science, n'ont pas modifié le plan général de cet ouvrage.

Le premier volume continuera à constituer une sorte de corps de doctrine, renfermant l'ensemble des faits et des conceptions qui ont servi à le coordonner. Le second volume sera plus spécialement consacré à l'étude des méthodes d'observations, au détail des expériences et à l'examen des principaux caractères que présentent les applications si nombreuses de l'électricité dans l'industrie.

Le tome II, dès à présent sous presse, paraîtra à la fin de 1896. Les acquéreurs du tome I trouveront dans le volume un bon qu'il leur suffira de présenter avant le 31 mars 1897 pour avoir le droit de retirer le tome II au prix de 15 francs; ils paieront par conséquent l'ouvrage complet quarante francs (au lieu de 45 à l'apparition du tome II).

VIENT DE PARAÎTRE

Leçons de

Géographie physique

Par **Albert de LAPPARENT**

Professeur à l'Ecole libre de Hautes-Etudes
Ancien Président de la Commission centrale de la Société de Géographie

*1 volume in-8° contenant 117 figures dans le texte
et une planche en couleurs. . . 12 fr.*

Dans les derniers jours de 1895, lors de la discussion du budget devant le Sénat, M. Bardoux appelait l'attention du Ministre de l'Instruction publique sur la situation actuelle de l'enseignement de la Géographie physique. L'honorable sénateur constatait, sans être contredit par personne, qu'il n'y avait aujourd'hui en France qu'un seul cours complet sur la matière, celui que professait M. de Lapparent à l'Ecole libre de Hautes-Etudes.

C'est ce cours que nous venons offrir au public. Après plusieurs années d'essais, l'auteur croit avoir réussi à unir en un véritable corps de doctrines ces intéressantes considérations, relatives à la genèse des formes géographiques, dont on peut dire qu'il a été en France le plus persévérant initiateur.

Aujourd'hui, muni de toutes les indispensables connaissances de détail que la rédaction et les remaniements successifs de son grand *Traité de Géologie* l'ont mis en mesure d'acquérir, il lui a semblé que l'heure était venue d'une synthèse, où ce qu'on peut appeler l'anatomie du globe terrestre ferait l'objet d'une exposition tout imprégnée des notions géologiques. Mais en même temps il a cherché à rendre cette intervention de la géologie aussi discrète que possible, en n'exigeant à cet égard que le minimum admissible de connaissances spéciales, comme aussi en se montrant de la plus grande sobriété dans l'emploi des termes techniques. C'est un des caractères par lesquels son œuvre se distingue des tentatives analogues déjà faites en Amérique et en Allemagne, et qui impliquent, de la part des lecteurs, une initiation géologique beaucoup plus complète que celle qu'il est prudent d'admettre aujourd'hui dans notre pays.

PRÉPARATION A L'ÉCOLE SPÉCIALE MILITAIRE DE SAINT-CYR

Précis de Géographie

PAR

Marcel DUBOIS

Professeur de Géographie coloniale
à la Faculté des lettres de Paris.

Camille GUY

Ancien élève de la Sorbonne
Prof. agrégé de Géographie et d'Histoire.

UN TRÈS FORT VOLUME IN-8°

Avec nombreuses cartes, croquis et figures dans le texte.

Broché. . . 12 fr. 50 — Relié. . . 14 fr.

Ce nouvel ouvrage est une adaptation des connaissances géographiques à la première éducation militaire qu'on exige des candidats à Saint-Cyr et qui les prépare à la Géographie que nos officiers leur enseigneront plus tard à l'Ecole avec une supériorité incontestée.

Le **Précis de Géographie** reste fidèle à la méthode que les Maîtres et les Elèves apprécient dans les ouvrages antérieurs de M. Marcel Dubois. C'est le livre d'une classe vraiment spéciale et orientée dans une direction déterminée faisant la part de l'éducation large et libérale du futur officier sans jamais négliger la préoccupation immédiate de l'examen.

Précis d'Histoire

MODERNE ET CONTEMPORAINE

Par **F. CORRÉARD**

Professeur au lycée Charlemagne.

Un volume in-8° de 800 pages. Broché. 10 fr. 50. Relié. 12 fr.

En rédigeant cet ouvrage l'auteur a eu constamment présente à l'esprit l'indication suivante qui figure en note du programme des conditions d'admission à l'Ecole de Saint-Cyr. « Le programme de l'examen d'histoire et de géographie a été rapproché, autant que possible, du programme d'enseignement des lycées pour éviter que les candidats ne se croient obligés à se donner une préparation trop spéciale et nuisible par là même à leur éducation intellectuelle. Les candidats doivent, avant toutes choses, faire preuve de connaissances générales et réfléchies en histoire. L'examen ne portera pas sur les menus détails de l'histoire des guerres. » En conséquence l'auteur, suivant la méthode employée dans les précédents ouvrages, s'est attaché d'abord à choisir et à caractériser les faits et les personnages significatifs, puis à marquer la suite et l'enchaînement des événements. Pour les opérations militaires mentionnées dans le programme, il s'est efforcé de faire comprendre le sens et le but soit des campagnes, soit des batailles, en évitant les considérations trop techniques qui supposent des connaissances que les candidats n'auront que plus tard.

4 MASSON ET C^{ie}, Libraires de l'Académie de Médecine.

VIENT DE PARAÎTRE

Traité des **Matières colorantes**

ORGANIQUES ET ARTIFICIELLES

de leur préparation industrielle et de leurs applications

PAR

Léon LEFÈVRE

Ingénieur (E. I. R.), Préparateur de chimie à l'École Polytechnique.

Préface de E. GRIMAUZ, membre de l'Institut.

2 volumes grand in-8° comprenant ensemble 1650 pages, reliés toile anglaise, avec 31 gravures dans le texte et 261 échantillons.

Prix des deux volumes : 90 francs.

Le *Traité des matières colorantes* s'adresse à la fois au monde scientifique par l'étude des travaux réalisés dans cette branche si compliquée de la chimie, et au public industriel par l'exposé des méthodes rationnelles d'emploi des colorants nouveaux.

L'auteur a réuni dans des tableaux qui permettent de trouver facilement une couleur quelconque, toutes les couleurs indiquées dans les mémoires et dans les brevets. La partie technique contient, avec l'indication des brevets, les procédés employés pour la fabrication des couleurs, la description et la figure des appareils, ainsi que la description des procédés rationnels d'application des couleurs les plus récentes. Cette partie importante de l'ouvrage est illustrée par un grand nombre d'échantillons teints ou imprimés. Les échantillons, tous *fabriqués spécialement pour l'ouvrage*, sont sur soie, sur cuir, sur laine, sur coton et sur papier. Dans cette partie technique, l'auteur a été aidé par les plus éminents praticiens.

Un spécimen de 8 pages, contenant deux pages de tableaux (couleurs azoïques), six types d'échantillons, deux pages de texte et un extrait de la table alphabétique, est à la disposition de toute personne qui en fait la demande.

Chimie

VIENT DE PARAÎTRE

des Matières colorantes

PAR

A. SEYEWETZ

Chef des travaux
à l'École de chimie industrielle de Lyon

P. SISLEY

Chimiste - Coloriste

PREMIER FASCICULE

Considérations générales. Matières colorantes nitrées. Matières colorantes azoxyques. Matières colorantes azoïques (1^{re} partie).
1^{er} fascicule in-8^o de 152 pages 6 fr.

Les auteurs, dans cette importante publication, se proposent de réunir sous la forme la plus rationnelle et la plus condensée tous les éléments pouvant contribuer à l'enseignement de la chimie des matières colorantes, qui a pris aujourd'hui une extension si considérable.

Cet ouvrage sera, par le plan sur lequel il est conçu, d'une utilité incontestable non seulement aux chimistes se destinant soit à la fabrication des matières colorantes, soit à la teinture, mais à tous ceux qui sont désireux de se tenir au courant de ces remarquables industries.

Conditions de la publication. — La Chimie des Matières colorantes artificielles sera publiée en cinq fascicules de deux mois en deux mois. On peut dès à présent souscrire à l'ouvrage complet au prix de 25 fr., payable en recevant le premier fascicule. A partir de la publication du cinquième fascicule, ce prix sera porté à 30 fr.

Pouvoir calorifique

VIENT DE PARAÎTRE

des Combustibles

SOLIDES, LIQUIDES ET GAZEUX

Par **M. SCHEURER-KESTNER**

4 volume in-16 avec figures dans le texte 5 fr.

Cet ouvrage se compose de deux parties : Dans la première, l'auteur expose les systèmes et procédés dont on a fait usage pour chercher à se rendre compte de la chaleur dégagée pendant la combustion. Dans la seconde, il indique les règles à suivre dans les expériences industrielles qui ont pour but de déterminer le pouvoir calorifique d'un combustible. On a recherché tout ce qui a été publié à ce sujet depuis vingt-cinq ans, c'est-à-dire depuis le moment où la chaleur de combustion de la houille a été déterminée pour la première fois. Des tableaux, annexés aux chapitres, donnent les résultats connus pour les différents combustibles. On y a ajouté la composition chimique des combustibles, chaque fois que cela a été possible.

A. DE LAPPARENT

Traité de Géologie. *Ouvrage couronné par l'Institut. 3^e édition, entièrement refondue. 2 volumes gr. in-8°, de 1650 pages avec 726 gravures dans le texte. 24 fr.*

Cours de Minéralogie. *Ouvrage couronné par l'Institut. 2^e édition, très augmentée. 1 vol. gr. in-8° de 650 pages avec 598 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée 15 fr.*

LE LIVRE DES ORCHIDÉES

Botanique, Histoire, Géographie, Culture

PAR

Le Comte OSWALD de KERCHOVE de DENTERGHEM

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ ROYALE D'AGRICULTURE
ET DE BOTANIQUE DE GAND

4 vol. gr. in-8° orné de 31 planches coloriées et de plus de 300 gravures.

Prix : 30 francs

Ce livre, d'une lecture facile et attachante, renferme les principales données que nous possédons actuellement sur l'organisation botanique, le lieu d'origine et le mode rationnel de traitement de ces plantes admirées et cultivées de nos jours dans toutes les serres.

VIENT DE PARAÎTRE

CAMBODGE & JAVA

Ruines Khmères et Javanaises

(1893-1894)

Texte et dessins de M. Albert TISSANDIER

CHARGÉ D'UNE MISSION PAR M. LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

1 vol. in-4°, avec 30 planches hors texte,

1 carte, 52 gravures et plans 25 fr.

M. Albert Tissandier donne dans ce volume la description de son voyage exécuté en 1893-1894 aux ruines célèbres de Angkor Thom, l'antique capitale du Cambodge, d'Angkor Vat, la pagode royale et les autres édifices qui les environnaient à l'époque de la prospérité du peuple Khmer. L'auteur passe ensuite à Java et décrit les curieux monuments de Bouro Bondor, de Probanam, etc., qui excitent encore aujourd'hui l'admiration des voyageurs. Il termine son ouvrage par sa traversée rapide de l'Australie, son chemin de retour en France.

Au moment de la convention anglo-française du 15 janvier 1895, ce livre à la fois pittoresque et archéologique devient, en ce qui concerne le Cambodge, d'autant plus intéressant. Il montre avec ses nombreux plans et dessins, l'importance des édifices artistiques que la France va pouvoir rendre à Sa Majesté Norodom, dont les ancêtres ont été les glorieux rois Khmères. Elle remettra en même temps au Cambodge, ce qui est plus appréciable encore à d'autres titres, la riche et fertile province de Battambang.

RÉCENTES PUBLICATIONS

SUITES AU PRODROMUS

TOME IX

VIENT DE PARAÎTRE

Bromeliaceæ

AUCTORE

CAROLO MEZ

1 fort volume grand in-8° de LXXXVIII-990 pages. . 34 fr.

Le nombre total des espèces décrites dans le volume que nous offrons au public ne s'élève pas à moins de 995, dont 239, soit près du quart, ont été ou sont encore cultivées dans les serres où elles portent, il est vrai, trop souvent des noms inexactes. Or, M. Mez s'est justement appliqué à réformer cette nomenclature horticole, s'efforçant en même temps d'élucider, autant que possible, la question de l'origine des espèces cultivées et en ayant toujours soin d'indiquer les serres dans lesquelles il les a étudiées. C'est dire que son ouvrage ne s'adresse pas uniquement aux botanistes de profession et qu'il sera presque indispensable aux horticulteurs sérieux ainsi qu'aux nombreux amateurs de ces végétaux si éminemment décoratifs, dont plusieurs fournissent aussi des produits utiles à l'homme, tels que le fruit de l'ananas et diverses sortes de fibres textiles.

La monographie de M. Mez commence par une remarquable introduction en langue française, donnant un résumé de tout ce que l'on sait aujourd'hui sur l'anatomie, la morphologie, la biologie et la distribution géographique des Broméliacées. Vient ensuite la partie descriptive, rédigée en latin, selon l'usage constamment suivi dans le *Prodromus* et ses *Suites*. La classification des espèces a été entièrement refaite sur des bases nouvelles et rendue plus précise et plus rationnelle. Les tribus et les genres sont invariablement précédés de conspectus détaillés grâce auxquels les déterminations de Broméliacées seront dorénavant rendues des plus faciles. Enfin la monographie se termine par un index des numéros de collecteurs ainsi que de tous les noms cités dans le volume.

La Photographie moderne

TRAITÉ PRATIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE

ET DE SES

APPLICATIONS A L'INDUSTRIE ET A LA SCIENCE

Par **M. Albert LONDE**

Directeur du Service photographique de la Salpêtrière,
Président de la Société d'excursions des Amateurs de photographie,
Secrétaire-général adjoint de la Société française de Photographie,
Président d'honneur du Photo-Club de Lyon,
Officier de l'Instruction publique.

DEUXIÈME ÉDITION

complètement refondue et considérablement augmentée.

4 vol. in-8° relié toile avec 346 figures dans le texte et 5 planches
hors texte (dont 1 frontispice). . . . 15 fr.

Dans cette science nouvelle qui se développe tous les jours, la nécessité d'une direction se fait d'autant plus sentir que les progrès sont plus sensibles : pour discerner le bon du mauvais ou du médiocre, il faut une somme de connaissances et une expérience pratique que l'on ne saurait demander à celui qui ne fait de la photographie qu'une occupation passagère.

La plupart des auteurs n'ont pas compris la nécessité de cette direction à donner au débutant, et c'est par des compilations de recettes et de formules qu'ils prétendent initier à la photographie.

Tout en reconnaissant la valeur de ces formulaires pour ceux qui se sont spécialisés, l'auteur n'est pas tombé dans la même erreur : dans chaque hypothèse il a donné la solution la plus simple et la plus sûre, de façon à permettre au lecteur, qui voudra bien le suivre fidèlement, d'atteindre le but sans tâtonnements.

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

DERNIERS VOLUMES PARUS :

- Histoire de la compensation en droit Romain**, par C. APPLETON, professeur à la Faculté de Lyon. 4 vol. in-8°. . . . 7 fr. 50
- Sur la représentation des courbes algébriques**, par LÉON AUTONNE, ingénieur des ponts et chaussées, maître de conférences à la Faculté de Lyon. 4 vol. in-8°. . . . 3 fr.
- La République des Provinces-Unies, la France et les Pays-Bas espagnols, de 1630 à 1650**, par A. WADDINGTON, professeur adjoint à la Faculté des lettres de Lyon. Tome I (1630-1642). 4 vol. in-8°. . . . 6 fr.
- Phonétique historique et comparée du sanscrit et du zend**, par PAUL REGNAUD, professeur de sanscrit et de grammaire comparée à la Faculté des lettres de Lyon. 4 vol. in-8°. . . 5 fr.
- Recherches sur quelques dérivés surchlorés du phénol et du benzène**, par ÉTIENNE BARRAL, chargé des fonctions d'agrégé à la Faculté de Lyon, pharmacien de 1^{re} classe. 4 vol. in-8°. 5 fr.
- Saint Ambroise et la morale chrétienne au IV^e siècle**, par RAYMOND THAMIN, professeur de philosophie au lycée Condorcet. 4 vol. in-8°. . . . 7 fr. 50

Traité de Pathologie générale

PUBLIÉ PAR

Ch. BOUCHARD

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE PATHOLOGIE GÉNÉRALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION :

G.-H. ROGER

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

CONDITIONS DE LA PUBLICATION :

Le Traité de Pathologie générale sera publié en 6 volumes grand in-8°. Chaque volume comprendra environ 900 pages, avec nombreuses figures dans le texte. Les tomes I et II sont en vente. Les autres volumes seront publiés successivement et à des intervalles rapprochés.

Prix de la Souscription, 1^{er} janvier 1896 102 fr.

DIVISIONS DU TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte. 18 fr.

- H. ROGER. — Introduction à l'étude de la pathologie générale.
- H. ROGER et P.-J. CADOT. Pathol. comparée de l'homme et des animaux.
- P. VUILLEMIN. Considérations générales sur les maladies des végétaux.
- MATHIAS DUVAL. — Pathogénie générale de l'embryon. Tératogénie.
- LE GENDRE. — L'hérédité et la pathologie générale.
- BOURCY. — Predisposition et immunité.
- MARFAN. — La fatigue et le surmenage.
- LEFARS. — Les Agents mécaniques.
- LE NOIR. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son.
- D'ARSONVAL. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante.
- LE NOIR. — Les Agents chimiques : les caustiques.
- H. ROGER. — Les intoxications.

DIVISIONS DU TOME II

1 vol. grand in-8° de 932 pages avec figures dans le texte. . . 18 fr.

- CHARRIN. — L'infection.
- GUIGNARD. — Notions générales de morphologie bactériologique.
- HUGOUNENQ. — Notions de chimie bactériologique.
- CHANTEMESSE. — Le sol, l'eau et l'air agents de transmission des maladies infectieuses.
- GABRIEL ROUX. — Les microbes pathogènes.
- LAVERAN. — Des maladies épidémiques.
- RUFFER. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes.
- R. BLANCHARD. — Les parasites.

Consultations médicales **sur quelques maladies fréquentes**

TROISIÈME ÉDITION REVUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE

Suivie de quelques principes de DÉONTOLOGIE MÉDICALE

(DEVOIRS DES MÉDECINS ENTRE EUX)

par le Dr J. GRASSET

PROFESSEUR DE CLINIQUE MÉDICALE A LA FACULTÉ DE MONTPELLIER
CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

1 volume petit in-8° relié peau souple. . . . 4 fr.

Certaines consultations ont été entièrement refondues : telle la diphtérie. Certaines ont été ajoutées : asphyxie, emphysème pulmonaire, goitre exophtalmique. Un chapitre tout nouveau vise les empoisonnements aigus par les acides, les alcalis, l'arsenic, la belladone, le mercure, l'opium, le phosphore, l'oxyde de carbone, les champignons, les aliments variés. Tous les procédés de désinfection sont réunis au mot *désinfection*, et un chapitre neuf est consacré à l'*antisepsie*.

L'addition la plus importante est l'inscription en tête de chaque maladie d'un court résumé des *éléments étiologiques* et des *signes cliniques* qui la caractérisent. Ce n'est pas un résumé pathologique interne, et l'élève qui voudrait se contenter de ces notions serait infailliblement ajourné aux examens. Ce sont les caractères que l'on peut inscrire avant l'ordonnance, à côté du diagnostic et pour le fortifier, c'est donc le complément ou plutôt le préambule de chaque consultation.

VIENT DE PARAÎTRE

La Maison centrale **de Nîmes**

SES ORGANES, SES FONCTIONS, SA VIE

par le Dr Charles PERRIER

MÉDECIN DES PRISONS, EXPERT PRÈS LES TRIBUNAUX DE NÎMES

1 volume in-8° 3 fr.

Après avoir donné un aperçu des différents systèmes d'emprisonnement et présenté, dans un style alerte et élégant, l'historique de la maison centrale de Nîmes, le Dr Charles Perrier fait connaître les attributions du personnel libre de l'établissement. Il décrit ensuite la vie des prisonniers, telle que la comportent les règlements; il examine le régime alimentaire auquel les détenus sont soumis et fournit de précieuses indications sur le travail qui leur est imposé, sur les peines qu'ils encourent, sur les maladies qui les frappent, sur les habitudes qu'ils contractent, etc. Puis, abordant ces troublantes questions de la criminalité et de l'amendement des condamnés, le jeune médecin des prisons parle du criminel; il passe en revue les principaux facteurs de la criminalité et indique les moyens de prévenir le crime et de le combattre.

Un résumé rapide de la situation criminelle de la France complète heureusement cet excellent travail, d'un intérêt captivant et d'une lecture des plus attrayantes.

VIENT DE PARAÎTRE

L'Orientation nouvelle de la Politique sanitaire

Par le **Professeur PROUST**

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu
Inspecteur général des services sanitaires

1 volume in-8° avec figures dans le texte et 1 carte en couleurs, **10 fr.**

Depuis que l'inspection générale des services sanitaires lui a été confiée, la préoccupation constante de l'auteur a été de diminuer autant que possible les entraves imposées au commerce et à la navigation, en sauvegardant bien entendu d'une manière complète les intérêts supérieurs de la santé publique. Il a cherché à substituer à d'interminables quarantaines des mesures infiniment moins vexatoires, plus rationnelles, plus scientifiques et offrant pour la défense des nations des garanties au moins équivalentes. Ces réformes, d'abord acceptées en France, ont été adoptées par les autres nations et sont devenues bientôt la base des conventions internationales. C'est ce qui s'est passé à Venise en 1892, à Dresde en 1893 et à Paris en 1894. Aussi le professeur Proust a-t-il pensé qu'il ne serait peut-être pas sans intérêt d'exposer les conditions de cette nouvelle orientation sanitaire. C'est là la raison de cet ouvrage. En ce qui concerne l'extérieur, il trace l'histoire des conférences sanitaires internationales; pour ce qui a trait à l'intérieur, il étudie le nouveau Règlement de police sanitaire maritime de 1896.

VIENT DE PARAÎTRE

Hygiène des Animaux domestiques dans la production du lait

Par **Calixte PAGÈS**

Vétérinaire sanitaire de Paris et de la Seine
Docteur en médecine, Docteur ès sciences

1 volume in-16 **3 fr.**

Dans un premier chapitre, l'auteur s'est proposé de démontrer l'influence de la nature des aliments sur l'organisme des animaux domestiques, et, en particulier, sur la sécrétion lactée, il étudie ensuite l'hygiène des femelles laitières en dehors de toute destination économique.

En troisième lieu, l'auteur examine les femelles laitières d'après leur destination économique qui peut être la production du lait-fermenté, du lait-fromager, du lait-beurrier, du lait-aliment et du lait médicamenteux.

La dernière partie de l'ouvrage est consacrée à l'étude des principales femelles domestiques utilisées ou utilisables dans l'industrie laitière. En raison de son importance, l'étude de la vache laitière a reçu ici, comme dans les autres parties, tous les développements qu'elle mérite.

On trouvera, dans cette dernière partie, les rations qui conviennent aux femelles affectées à la production du lait-aliment, particulièrement du lait destiné aux enfants du premier âge.

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur de clinique chirurgicale
à la Faculté de Médecine de Paris
Membre de l'Académie de Médecine.

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté
de Médecine de Paris
Chirurgien des hôpitaux
Membre de la Société de chirurgie

PAR MM.

BERGER — BROCA — DELBET — DELENS — FORGUE
GÉRARD-MARCHANT — HARTMANN — HEYDENREICH
JALAGUIER — KIRMISSON — LAGRANGE — LEJARS
MICHAUX — NÉLATON — PEYROT — PONCET — POTHERAT
QUÉNU — RICARD — SEGOND — TUFFIER — WALTHER

8 volumes grand in-8° avec nombreuses figures. 150 fr.

Manuel de Pathologie externe

PAR MM.

RECLUS, KIRMISSON, PEYROT, BOUILLY

Professeurs agrégés à la Faculté de Médecine de Paris, Chirurgiens des Hôpitaux.

4 volumes petit in-8°.

I. — Maladies des tissus. 4^e édition,
par le D^r P. RECLUS.

II. — Maladies des régions : **Tête et
Rachis**. 4^e édition, par le D^r KIR-
MISSON.

III. — Maladie des régions : **Cou,
Poitrine, Abdomen**. 4^e édition,
par le D^r PEYROT.

IV. — Maladie des régions : **Organes
génito-urinaires et Membres**.
4^e édition, par le D^r BOUILLY.

Chaque volume est vendu séparément. 10 fr.

Traité de Médecine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

CHARCOT

Prof^r de clinique des maladies nerveuses
à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Institut.

BOUCHARD

Professeur de pathologie générale
à la Faculté de médecine de Paris
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

PAR MM.

BABINSKI — BALLEZ — P. BLOCQ — BOIX — BRAULT
CHANTEMESSE — CHARRIN — CHAUFFARD — COURTOIS-SUFFIT
DUTIL — GILBERT — L. GUINON — GEORGES GUINON
HALLION — LAMY — LE GENDRE — MARFAN — MARIE — MATHIEU
NETTER — OETTINGER — ANDRÉ PETIT
RICHARDIÈRE — ROGER — RUAULT — SOUQUES — THIBIERGE
THOINOT — FERNAND WIDAL

6 volumes grand in-8° avec nombreuses figures. 125 fr.

Manuel de Pathologie interne

Par **G. DIEULAFOY**

Professeur de Pathologie interne à la Faculté de Médecine de Paris,
Membre de l'Académie de Médecine. Médecin de l'hôpital Necker

NEUVIÈME ÉDITION

3 vol. in-18 diamant, cartonnés à l'anglaise, tranches rouges. 20 fr.

Dans cette 9^e édition tous les chapitres ont été revus, remaniés, complétés. Parmi ceux qui ont été le plus remaniés, nous citerons tous ceux où la syphilis est en cause, les fièvres éruptives, la péricardite, la pleurésie, le diabète, la maladie de Bright, le tétanos, le choléra, la morve, le farcin. Enfin cette édition comprend comme chapitres nouveaux : Les fausses tuberculoses du poumon, les bronchites pseudo-membraneuses, la lithiase broncho-pleuro-pulmonaire, la blennorrhagie, la myélite syphilitique, le chancre mou, la peste, la fièvre jaune, la maladie de Thomsen, enfin une foule d'intoxications.

Leçons de Thérapeutique

PAR LE

D^r Georges HAYEM

Membre de l'Académie de médecine,
Professeur à la Faculté de médecine de Paris

5 VOLUMES PUBLIÉS

LES MÉDICATIONS : 4 volumes grand in-8° ainsi divisés :

1^{re} <i>Série</i>. — Les médications. — Médication désinfectante. — Médication sthénique. — Médication antipyrétique. — Médication antiphlogistique. 8 fr. 2^e <i>Série</i>. — De l'action médicamenteuse. — Médication antihydrique. — Médication hémostatique. — Médication reconstituante. — Médication de l'anémie. — Médication du diabète sucré. — Médication de l'obésité. — Médication de la douleur. . . . 8 fr. 3^e <i>Série</i>. — Médication de la douleur (<i>suite</i>). — Médication hypnotique. —	Médication stupéfiante. — Médication antispasmodique. — Médication excitatrice de la sensibilité. — Médication hypercinétique. — Médication de la kinésitaraxie cardiaque. — Médication de l'asystolie. — Médication de l'ataxie et de la neurasthénie cardiaque. 8 fr. 4^e <i>Série</i>. — Médication antidyspeptique. — Médication antidyspnéique. — Médication de la toux. — Médication expectorante. — Médication de l'albuminurie. — Médication de l'urémie. — Médication antisudorale. . . . 12 fr.
--	---

LES AGENTS PHYSIQUES ET NATURELS :

Agents thermiques. — Électricité. — Modifications de la pression atmosphérique. Climats et eaux minérales.

1 volume grand in-8° avec nombreuses figures et 1 carte des eaux minérales et stations climatiques. 12 fr.

Traité élémentaire de Clinique thérapeutique

Par le **D^r G. LYON**

Ancien interne des hôpitaux de Paris
Ancien chef de clinique à la Faculté de médecine

1 volume in-8°. 15 fr.

Dans cet ouvrage, très au courant de l'état actuel de la thérapeutique, les maladies sont classées par ordre alphabétique. Le traitement suit leur description, et à côté de ce traitement, on trouve l'indication des grands symptômes morbides avec un aperçu des moyens cliniques permettant de faire le diagnostic de leurs causes, de telle sorte que la clinique et la thérapeutique s'y trouvent entièrement associées.

Traité

VIENT DE PARAÎTRE

de Chirurgie cérébrale

PAR

A. BROCA

Chirurgien des hôpitaux de Paris
Prof^r agrégé à la Faculté de médecine

P. MAUBRAC

Ancien professeur
à la Faculté de médecine de Bordeaux

1 volume in-8° avec 72 figures dans le texte 12 fr.

Dans ce livre, les auteurs ont réuni les documents relatifs à cette chirurgie née d'hier et cependant déjà très étendue. Dans une première partie, ils étudient les généralités, c'est-à-dire les grandes indications thérapeutiques et le manuel opératoire, d'après les données actuelles de l'anatomie, de la topographie crânio-cérébrale et de la physiologie des localisations. Dans la seconde partie, sont passées en revue les diverses lésions justiciables de la chirurgie : lésions traumatiques récentes et anciennes, complications des otites, tumeurs, hémorragies et ramollissements, microcéphalie, hydrocéphalie, épilepsie. Ce livre est avant tout écrit au point de vue clinique. Les observations personnelles de M. A. Broca sont au nombre de 31. La bibliographie, avec observations résumées, est très abondante et exacte.

Leçons

VIENT DE PARAÎTRE

de Clinique Médicale

(HOTEL-DIEU 1894-1895)

Par le Dr Pierre MARIE

PROFESSEUR AGRÉGÉ À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

1 volume in-8° avec 57 figures dans le texte 6 fr.

Ce volume contient quelques-unes des leçons faites à l'Hôtel-Dieu par M. Pierre Marie pendant un remplacement du professeur G. Sée. La série de ces 16 leçons est consacrée aux sujets suivants : **Rhumatisme chronique infectieux et rhumatisme chronique arthritique.** — **Déformations thoraciques dans quelques affections médicales** (particulièrement « thorax en entonnoir »). — **Des Diabètes sucrés** (3 leçons sont consacrées à ce sujet, elles contiennent des documents intéressants sur différents points tels que l'intervention chirurgicale dans le diabète, le diabète conjugal, la pluralité des diabètes sucrés, l'hémiplégie des diabétiques, etc.). — **Du Diabète bronzé** (l'auteur donne un tableau général de cette affection et soutient qu'il s'agit non pas d'une complication du diabète sucré, mais d'une entité morbide spéciale plus ou moins voisine du diabète pancréatique). — **Albuminurie cyclique** (celle-ci dans sa forme pure serait due à un trouble dans l'action du grand sympathique). — **Cyanose congénitale par malformations cardiaques** (à l'occasion de deux cas dont un avec autopsie, l'auteur étudie celles des malformations cardiaques qui sont compatibles avec une certaine survie, les seules qui en réalité intéressent le clinicien ; dans cette étude, il s'appuie constamment sur l'embryologie cardiaque, sommairement mais clairement exposée grâce à de nombreuses figures). — La dernière leçon est consacrée à la **Neurofibromatose généralisée**, affection encore peu connue du public médical, bien qu'assez fréquemment observée. Ici encore un grand nombre de très curieuses figures permettent au lecteur de se faire une idée exacte de cette singulière maladie.

VIENT DE PARAÎTRE

Précis

d'Obstétrique

PAR

A. RIBEMONT-DESSAIGNES

Agrégé de la Faculté de Médecine, Accoucheur de l'hôpital Beaujon

ET

G. LEPAGE

Ancien chef de clinique obstétricale à la Faculté de Médecine
Accoucheur des hôpitaux.

Deuxième Édition

1 vol. in-8° de 1300 pages, avec 546 figures dans le texte
dont 433 dessinées par A. RIBEMONT-DESSAIGNES.

Relié toile 30 fr.

« Notre désir, disaient MM. Ribemont-Dessaignes et Lepage dans la préface de la première édition de cet ouvrage, est d'être utile aux étudiants; à ceux-ci de dire si nous avons réussi. »

La réponse a été péremptoire : en moins d'un an cette première édition a été complètement épuisée. Nous annonçons aujourd'hui la seconde, dans laquelle les différentes questions actuellement en discussion parmi les accoucheurs ont été soigneusement mises au point; c'est ainsi que les auteurs ont ajouté nombre de notions nouvelles sur la *pathologie de la grossesse*, les *opérations obstétricales*, le *traitement des suites de couches pathologiques*, etc. Pour la partie anatomique on a mis à contribution les leçons de M. Mathias-Duval sur *l'œuf et son développement*, ainsi que les travaux de M. L.-H. Farabeuf sur l'anatomie obstétricale et en particulier sur les *articulations du bassin*; on a tenu également à faire connaître les instruments nouveaux imaginés par L. Farabeuf pour la symphyséotomie. Enfin les auteurs ont demandé aux différents maîtres de l'obstétrique française de leur signaler les lacunes de la première édition, afin de les combler.

Paris. — Imprimerie L. MARTEUX, 1, rue Cassette. — 7433.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

MEYER (Ernest). — L'utilité publique et la propriété privée.
WALLON. — Objectifs photographiques.
BLOCH. — Eau sous pression.
DE LAUNAY. — Production métallifère.
CRONEAU. — Construction du navire.
DE MARCHENA. — Machines frigorifiques (2 vol.).
PRUD'HOMME. — Teinture et impressions.
ALHEILIG. — Construction et résistance des machines à vapeur.
SOREL. — La rectification de l'alcool.
P. MINEL. — Electricité appliquée à la marine.
DWELSHAUVERS-DERY. — Étude expérimentale dynamique de la machine à vapeur.
AIMÉ WITZ. — Les moteurs thermiques.
DE BILLY. — Fabrication de la fonte.
P. MINEL. — Régularisation des moteurs des machines électriques.
HENNEBERT (C¹). — La fortification.
CASPARI. — Chronomètres de marine.
LOUIS JACQUET. — La fabrication des eaux-de-vie.
DUDEBOUT et CRONEAU. — Appareils accessoires des chaudières à vapeur.
C. BOUULET. — Traité des bicyclettes et bicyclettes.
H. LÉAUTÉ et A. BÉRARD. — Transmissions par câbles métalliques.
DE LA BAUME PLUVINEL. — La théorie des procédés photographiques.
HATT. — Les marées.
C¹ VALLIER. — Balistique (2 vol.).
SOREL. — La distillation.
LELOUTRE. — Le fonctionnement des machines à vapeur.
H. LAURENT. — Assurances sur la vie.
HENNEBERT (C¹). — Bouches à feu.
NIWENGLOWSKI. — Applications scientifiques de la photographie.
MOESSARD. — Topographie.
DARIÈS. — Cubature des terrasses et mouvement des terres.
ROCQUES (X.). — Analyse des alcools et eaux-de-vie.
SIDERSKY. — Polarisation et saccharimétrie.
GOUILLY. — Géométrie descriptive (3 v.).
BOURSAULT. — Calcul du temps de pose en photographie.
SEGUELA. — Les tramways.
LEFÈVRE. — La spectroscopie.
LE VERRIER. — La fonderie.
HENNEBERT (C¹). — Attaque des places.

Section du Biologiste

CASTEX. — Hygiène de la voix parlée et chantée.
MAGNAN ET SÉRIEUX. — La paralysie générale.
CURNOT. — L'influence du milieu sur les animaux.
MERKLEN. — Maladies du cœur.
G. ROCHÉ. — Les grandes pêches maritimes modernes de la France.
OLLIER. — La régénération des os et les résections sous-périostées.
LETULLE. — Pus et suppuration.
CRITZMAN. — Le cancer.
ARMAND GAUTIER. — La chimie de la cellule vivante.
MÉGNIN. — La faune des cadavres.
SÉGLAS. — Le délire des négations.
STANISLAS MEUNIER. — Les météorites.
GRÉHANT. — Les gaz du sang.
NOCARD. — Les tuberculoses animales et la tuberculose humaine.
MOUSSOUS. — Maladies congénitales du cœur.
BERTHAULT. — Les prairies naturelles et temporaires.
ETARD. — Les nouvelles théories chimiques.
TROUËSSART. — Parasites des habitations humaines.
LAMY. — Syphilis des centres nerveux.
RECLUS. — La cocaïne en chirurgie.
THOULET. — Guide d'océanographie pratique.
OLLIER. — Résections des grandes articulations.
VICTOR MEUNIER. — Sélection et perfectionnement animal.
HOUDAILLE. — Météorologie agricole.
GALIPPE ET BARRÉ. — Le pain (2 v.).
CHARRIN. — Poisons du tube digestif.
HÉNOQUE. — Spectroscopie du sang.
LE DANTEC. — La matière vivante.
L'HÔTE. — Analyse des engrais.
LARBALÉTRIER. — Les tourteaux de graines oléagineuses.
LE DANTEC ET BÉRARD. — Les sporozoaires.
DEMMLER. — Soins à donner aux malades.
DALLEMAGNE. — Les stigmates et la théorie de la criminalité (3 vol.).
BRAULT. — Des artérites.
RAVAZ. — Reconstitution du vignoble.
BAZY. — Troubles fonctionnels des voies urinaires.

