

Auteur ou collectivité : Exposition universelle. 1878. Paris

Auteur : Deghilage, Alexandre-Louis (1841-1901)

Titre : Note sur les locomotives à grande vitesse et les locomotives-tenders pour lignes d'embranchements à l'Exposition universelle de 1878

Adresse : Paris : E. Capiomont et V. Renault, imprimeurs de la société des ingénieurs civils, 1879

Collation : 1 vol. (11 p.-[2] f. de pl) : ill., dépl. ; 25cm

Cote : CNAM-BIB 8 Le 332 (P.3)

Sujet(s) : Exposition internationale (1878 ; Paris) ; Locomotives -- Histoire -- France ;

Transports ferroviaires -- Appareils et matériel

Note : Extrait des mémoires de la Société des ingénieurs civils

Langue : Français

Date de mise en ligne : 21/12/2017

Date de génération du document : 28/2/2018

Permalien : <http://cnum.cnam.fr/redir?8LE332.3>

8^o Le 332⁽³⁾

NOTE

SUR LES

LOCOMOTIVES A GRANDE VITESSE

ET LES

LOCOMOTIVES-TENDERS

POUR LIGNES D'EMBRANCHEMENTS

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

PAR

M. DEGHIAGE

EXTRAIT des Mémoires de la Société des Ingénieurs civils.

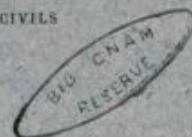
PARIS

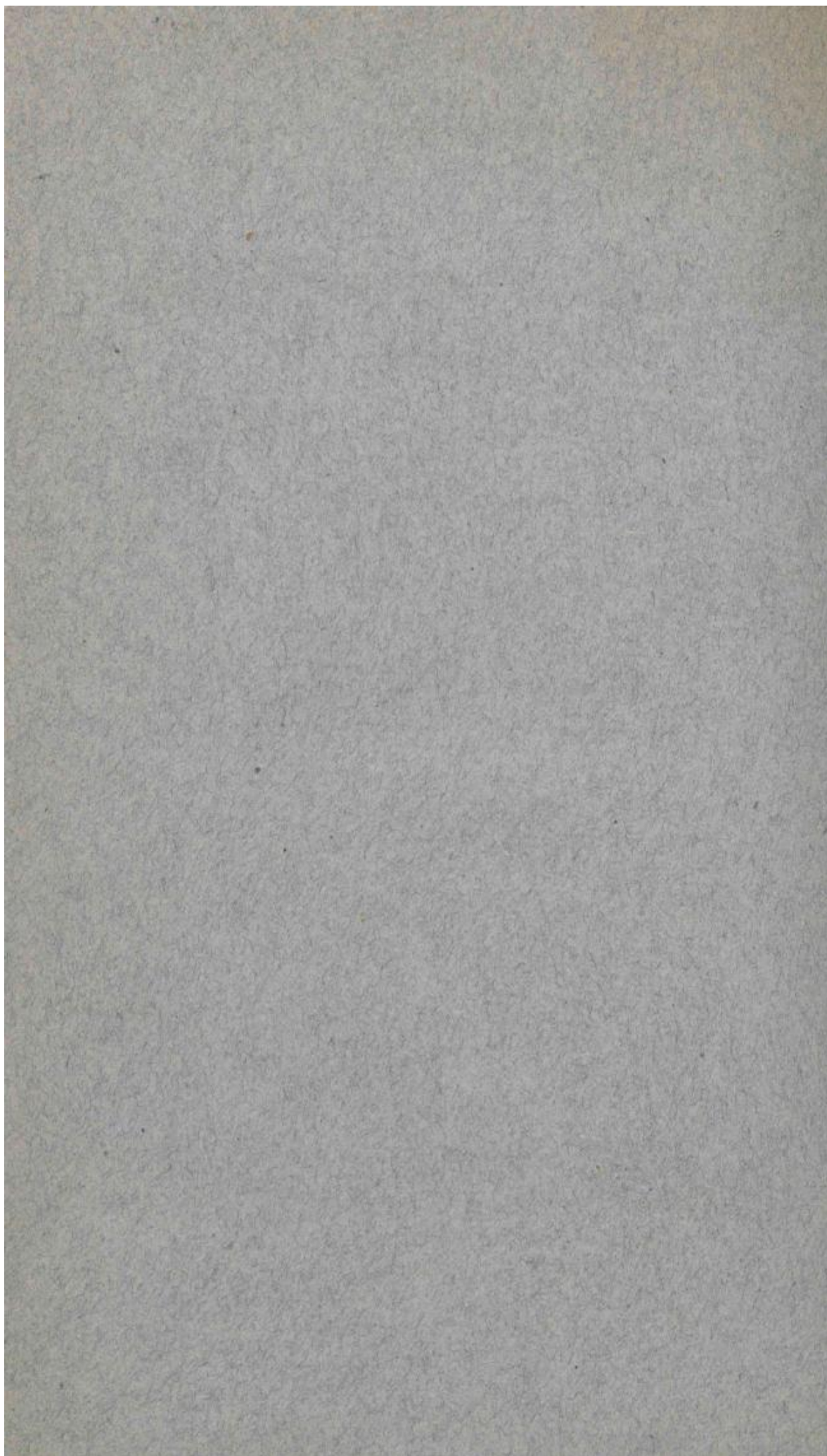
E. CAPIOMONT & V. RENAULT

IMPRIMEURS DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

6, rue des Poitevins, 6

1879





8° Le 332⁽³⁾

NOTE
SUR LES
LOCOMOTIVES A GRANDE VITESSE
ET LES
LOCOMOTIVES-TENDERS

POUR LIGNES D'EMBRANCHEMENTS
A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

PAR
M. DEGHILAGE

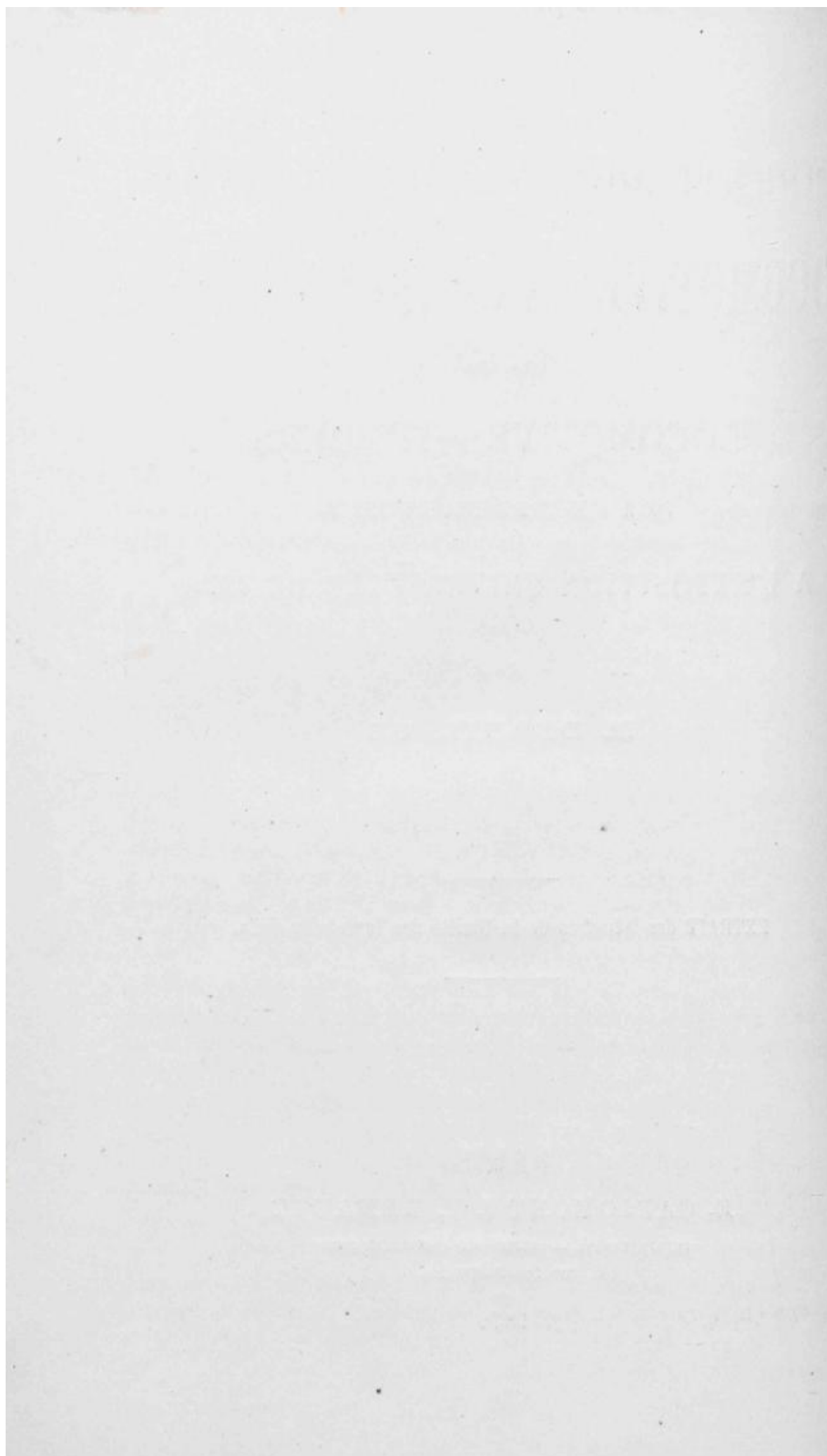
EXTRAIT des Mémoires de la Société des Ingénieurs civils.

PARIS
E. CAPIOMONT & V. RENAULT

IMPRIMEURS DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

6, rue des Poitevins, 6

—
1879



SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Extrait de la Séance du 7 Mars 1879

PRÉSIDENCE DE M. JOSEPH FARCOT.

M. DEGHILAGE donne communication de sa note sur les locomotives à grande vitesse et les Locomotives-Tenders à deux et trois essieux accouplés placés entre deux essieux porteurs.

Dans la dernière séance, M. Gottechalk, Président de la section chargée d'étudier les locomotives à l'Exposition de 1878, a présenté un résumé du rapport, énonçant quelle avait été la marche adoptée pour l'accomplissement de ce travail, et les résultats obtenus. La communication suivante est consacrée aux Machines à grande vitesse et aux Machines-Tenders pour service d'embranchements.

LOCOMOTIVES A GRANDE VITESSE. — Depuis la précédente Exposition, il semble que les études des Compagnies françaises se sont portées vers un but commun, le choix de locomotives à la fois puissantes et rapides, répondant aux besoins toujours croissants du trafic à grande vitesse. En effet, chacune d'elles avait envoyé au Champ de Mars un type récemment adopté pour ce genre de service; et les Expositions d'Angleterre et d'Italie en offraient, en outre, deux intéressants spécimens.

Des six machines exposées par la France, quatre sont la dernière expression de modèles dont on a dû accroître la puissance de vaporisation; telles sont les locomotives de Paris-Orléans, de Paris-Lyon-Méditerranée, de l'Ouest et du Nord.

Les deux autres sont appelées à remplacer les machines à roues libres encore en service sur les lignes de l'Est et du Midi.

Ces huit locomotives ont un caractère commun : Grande surface de chauffe directe, et, comme conséquence, abandon du foyer complètement en porte à faux.

Cette solution permet de les diviser en trois groupes (Pl. 437) :

1° Disposition représentée fig. 4 et 2 et consistant à faire supporter l'arrière du foyer par un quatrième essieu libre : Machines de P.-O. et de P.-L.-M.;

2° Celle indiquée par les fig. 2 à 6 plaçant un des essieux accouplés sous le foyer même : Ouest, Nord, Est, Haute-Italie ;

3° Celle que reproduisent les fig. 7 et 8 et qui intercale le foyer entre les deux essieux accouplés : Locomotives du Midi et du constructeur anglais Sharp.

De ces modifications résulte une augmentation notable de l'empatement présenté par les essieux extrêmes, qui a l'avantage de faire reposer la machine sur une base plus étendue, la plaçant ainsi dans les meilleures conditions de stabilité ; mais les chiffres de 5 mètres, 5^m,700, 5^m,900 auxquels on a été conduit ont rendu indispensable l'emploi de dispositions spéciales pour le passage en courbes ; aussi l'usage des « plans inclinés » donnant un jeu latéral de 10 à 16 millimètres est devenu général, et, pour la première fois, le chemin de fer du Nord applique, sur une locomotive française, l'avant-train américain. On ne saurait attacher trop d'importance à cette innovation appelée, croyons-nous, à se propager.

Vaporisation. — Considérant d'abord l'appareil de vaporisation, il est intéressant de citer quelques chiffres de comparaison sur les surfaces de chauffe directes, au moment où un Ingénieur hongrois émet l'idée de la suppression du foyer en tant que producteur de vapeur, ainsi qu'on l'a vu dans la dernière séance.

Les locomotives de P.-L.-M. et de P.-O. qui ont été le point de départ de celles exposées avaient une surface directe de 7^m,46 et 8^m,46 ; celles de l'Exposition atteignent 9^m,00 et 10^m,600. Ce dernier chiffre est le plus élevé ; après lui, il faut citer la Machine-Sharp, 9^m,75 ; celle du Nord, 9^m,37 ; et, comme dimension minima, celle de l'Ouest, 7^m appelée à des services divers.

Sur les huit foyers ci-dessus, quatre reproduisent le type Belpaire, avantageux par la simplicité de sa construction ; les quatre autres comprennent un foyer Tembrinck et trois foyers ordinaires.

Les tubes, d'après leur longueur, peuvent se répartir en deux classes : on trouve pour six machines des tubes variant entre 3^m,28 et 3^m,850 ; pour celles de P.-L.-M. et de P.-O., 4^m,930 à 5 mètres.

A ce point de vue, rien n'a donc été changé aux conditions ordinaires de vaporisation.

Pour la construction des corps cylindriques la tôle de fer a été seule employée ; le rivetage à la presse Tweddell a été adopté par la Compagnie d'Orléans ; les chaudières sont toutes timbrées à 9^k à l'exception de celle du Nord timbrée à 10^k.

La boîte à fumée en prolongement du corps cylindrique, c'est-à-dire de forme Crampton se retrouve sur cinq machines ; celles qui font exception sont celles P.-O., Sharp et Ouest. Pour cette dernière le mode d'assemblage,

adopté d'ailleurs pour toutes les locomotives de la Compagnie, consiste à saisir la plaque tubulaire entre deux cornières circulaires rivées, l'une à la chaudière, l'autre à la boîte à fumée.

La chaudière anglaise affecte la forme dite télescopique, c'est-à-dire présentant un emmanchement successif des anneaux ; le corps cylindrique de la machine de l'Ouest, pour une longueur de 3^m,775 est composé de deux viroles seulement.

L'emploi de regards pour la visite du foyer se généralise, et il faut mentionner aussi la disposition des grilles pour former jette-feu.

La prise de vapeur, sur les quatre locomotives de l'Ouest, du Nord, du Midi et de l'Est, se fait par le régulateur Crampton mis en communication, par un tuyau coudé, avec le sommet d'un dôme de vapeur ; sur les autres machines, le régulateur est vertical et dans le dôme même.

Afin d'obtenir de la vapeur plus sèche, la machine P.-L.-M. prend la vapeur sur le foyer par un tuyau aboutissant au sommet du dôme où sont installés, latéralement au régulateur, deux autres tuyaux descendant à mi-hauteur. Il en résulte un courant continu tendant à la séparation de l'eau.

Les soupapes à levier au nombre de deux, réunies sur le dôme ou placées l'une sur le dôme, l'autre sur une colonnette, à la main du mécanicien, sont d'un usage général en France ; les Compagnies de l'Est et d'Orléans ajoutent en outre sur le foyer une troisième soupape à charge directe. La machine Sharp, selon la coutume anglaise, avait deux soupapes Ramsbottom à l'arrière.

La hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail ne paraît plus imposer les mêmes préoccupations à mesure que le poids des machines augmente et atteint le chiffre de 43 tonnes et plus par essieu. Cette dimension, déjà subordonnée à l'accouplement des roues de grand diamètre, est encore accrue dans les machines à cylindres intérieurs par la nécessité de rendre facile la visite du mécanisme.

Pour la machine Sharp, cette hauteur est de 2^m,484 ; pour celle de l'Ouest, de 2^m,445 ; pour celle du Nord, 2^m,42.

Les boîtes à fumée renferment généralement une grille s'opposant à la projection de flammèches et souvent une poche de nettoyage est ménagée à la partie inférieure.

La cheminée évasée de bas en haut et sans chapiteau tend à remplacer la cheminée classique.

Mouvement. — Le mécanisme moteur ne présente que de rares particularités ; les mouvements extérieurs (cylindres et tiroirs) dominant, ils sont au nombre de cinq, tous avec coulisses doubles et renversées. La distribution, sur la machine du Nord, est commandée par des coulisses Stephenson ; sur celles de Sharp et de l'Ouest, par des coulisses rectilignes. Pour cette der-

nière, la coulisse est à deux flasques; les barres d'excentriques sont logées à l'intérieur et le coulisseau l'embrasse extérieurement.

Sur la locomotive d'Orléans la bielle de commande du changement de marche agit sur un faux arbre supporté par un longeronnet, et agissant sur l'arbre placé à la partie inférieure par un mouvement de sonnette. Les tiroirs de cette machine sont en bronze phosphoreux.

Les deux types de l'Est et du Midi ont leurs roues motrices à l'arrière; pour commander le relevage on a eu recours, sur la première, à une pièce coudée contournant le dessus du foyer; sur la seconde, l'arbre est sur le foyer même; l'ensemble des deux mécanismes rappelle la disposition Crampton, seule comparaison à établir avec ce modèle de locomotive dont la particularité était l'abaissement du centre de gravité.

La forme des bâtis de changement de marche varie avec chaque Compagnie; tantôt boulonné sur la chaudière, tantôt reposant sur le longeron et le tablier. Le plus souvent la bielle est attachée directement sur l'écrou; sur la machine de l'Est, selon un procédé anglais, la vis est mobile et l'écrou du volant fixe.

Le chemin de fer du Nord emploie d'une manière générale la tête de bielle d'accouplement dite « à bague, » d'origine anglaise; les autres Compagnies conservent les têtes ordinaires à clavette. Les colliers d'excentriques en fer, avec garnitures en bronze sont de plus en plus en usage; sur la locomotive anglaise ils étaient en fonte.

Presque toutes les pièces de mouvement sont en fer cimenté; les crosses de pistons et les tiges, les glissières, les bielles motrices souvent en acier doux.

Le diamètre des cylindres varie entre 0,420 et 0,457; la machine de P.-L.-M. portait exceptionnellement des cylindres de 0,500; l'Angleterre nous a fourni quelques rares exemples de cylindres d'un volume semblable.

Les garnitures métalliques deviennent d'un usage général, et on trouve de nombreuses applications du graisseur sous la main du mécanicien.

Le diamètre des roues varie entre 1,900 et 2,100. La Compagnie de l'Est seule a adopté la cote de 2^m,300 qui est celle de ses machines Crampton en service.

Le diamètre de 1^m,820 qu'on remarque sur la locomotive de la haute Italie, tient à ce qu'elle fait partie d'un lot primitivement destiné aux trains directs sur la ligne du littoral, et utilisé depuis pour le service de grande vitesse sur la ligne de Turin, Venise.

Deux locomotives, celles de Sharp et du Nord ont l'essieu coudé et tout le mécanisme intérieur; celle de l'Ouest, dernière expression d'un excellent type en service depuis vingt-deux ans, a l'essieu Martin dont la Compagnie fait le plus large emploi, et la distribution extérieure. Les manivelles motrices et d'accouplement sont calées dans le même sens pour éviter la tendance à l'ovalisation des fusées.

Les contrepoids en forme de croissants, venus de forge avec la roue sont de plus en plus employés.

Longerons, suspension. — Tous les longerons sont en tôle découpée d'un seul morceau; les boîtes à graisse quelquefois en acier coulé, munies de coins de rattrapage.

Des huit machines dont il est question ici, trois seulement ont des ressorts indépendants : celles de l'Ouest, du Midi et de Sharp.

Sur celles de P.-O. et P.-L.-M., la charge est répartie de chaque côté sur les essieux accouplés par un balancier latéral articulé à un grand ressort commun. Les Compagnies de l'Est et du Nord emploient l'articulation Belge consistant en équerres appuyées sur le longeron recevant à une extrémité les tiges de ressorts, et reliées entre elles par une tringle horizontale.

La charge sur les essieux accouplés dépasse souvent 13 tonnes; les machines de l'Est et du Nord présentent le chiffre maximum de 13^t,600 (en pression). Sur les essieux libres elle varie entre 10^t,5 et 11^t,5, et sur les avant-trains du Nord et de la haute Italie, elle est respectivement de 7 tonnes et 7^t,5 par essieu.

Alimentation. — Pour terminer cet exposé, il est utile de dire un mot des appareils d'alimentation et des approvisionnements destinés à accompagner ces différentes machines.

Les modèles d'injecteur varient avec chaque Compagnie : la machine de Lyon porte un seul injecteur Delpech, type exclusivement employé depuis 1858; la Compagnie d'Orléans et celle du Midi ont adopté depuis plusieurs années l'injecteur Bouvret. La machine du Midi en avait deux installés horizontalement sur les couvre-roues; pour celle d'Orléans, un seul appareil était placé verticalement dans la rampe de gauche, et une pompe à deux plongeurs, produisant l'un l'aspiration, l'autre le refoulement, et conduits par des excentriques spéciaux était fixée sous le corps cylindrique.

Les locomotives du Nord et de l'Est étaient munies d'injecteurs Friedmann; quant à celle de l'Ouest, elle portait deux injecteurs verticaux, modèle Turck, seul en usage sur cette ligne.

La machine de la Haute-Italie présentait, en vue de l'Exposition, deux perfectionnements récents tendant à alimenter à une température de 70° et plus. Du côté droit, un injecteur modifié par M. Mazza; prenant l'eau dans un réservoir spécial placé sous le tender et en communication avec la vapeur de l'échappement qui vient s'y condenser; du côté opposé, la pompe-injecteur Chiazzarri.

Sept locomotives étaient accompagnées de leur tender; ceux de la Haute-Italie, de Lyon et du Midi étaient à six roues, ce dernier avec longerons intérieurs. La capacité atteint souvent 9 à 10 mètres cubes pour l'eau, 3,000 à 4,000 kilogr. pour le combustible.

Le chiffre de 10 mètres cubes, pour le tender de P.-L.-M., pourra être porté à 12 mètres en réduisant l'espace destiné au combustible.

Les freins à sabots agissant sur les essieux du tender, complètent

l'action du frein à contre-vapeur devenu d'un usage général. Toutefois la machine anglaise est pourvue du frein hydraulique Webb, à piston différentiel.

Sur la locomotive du Nord se remarquaient le frein à vide (type Smith) à manœuvre électro-automatique; le sifflet électro-automoteur de MM. Lartigue, Forest, Digney, le contrôleur de marche Brunot, le tachymètre électrique (système Delebecque et Banderali.)

Enfin il faut signaler la présence de cabines sur les machines d'Orléans, de l'Est, de la Haute-Italie et du constructeur Sharp, et sur les quatre autres un simple écran avec toiture plus ou moins étendue.

LOCOMOTIVES-TENDERS à deux ou trois essieux accouplés pour service d'embranchements (Pl. 438). L'Exposition a fourni trois spécimens d'un type nouveau de locomotives destinées à assurer le service sur les lignes d'embranchements, dépourvues de plaques tournantes de grand modèle, où les rampes de 10 à 15 millimètres sont fréquentes et les installations hydrauliques peu rapprochées.

Ces machines portent leurs approvisionnements et sont destinées à effectuer leur service indistinctement dans les deux sens de la marche; elles doivent donc présenter les mêmes conditions de stabilité quelle que soit leur position; et, dans ce but, conserver à leurs essieux extrêmes une charge sensiblement égale.

Sur trois locomotives répondant à cet exposé, deux étaient présentées par la Belgique et une par le chemin de fer de l'Ouest; toutes les trois possédaient une disposition commune consistant à intercaler les essieux accouplés entre deux essieux porteurs, celui d'arrière supprimant le porte à faux du foyer.

Les deux machines de l'Ouest et du Central Belge étaient à deux essieux accouplés et longerons intérieurs; la première reproduisant rigoureusement les conditions d'établissement des machines de Banlieue en service depuis vingt-cinq ans, mais rendue plus puissante par l'agrandissement de la boîte à feu portée de 4^m,200 à 4^m,720. La seconde, d'un type récemment étudié, avait le mécanisme extérieur et la distribution Walschaert.

La locomotive exposée par l'État belge avait six roues accouplées, les longerons extérieurs et les ressorts indépendants. Elle était la reproduction comme appareil de vaporisation et mécanisme, des machines à six roues adoptées depuis longtemps par l'État belge, mais munie à l'avant et à l'arrière, pour les essieux libres, des boîtes radiales du système Ed. Roy, lui permettant de franchir des courbes de 80 mètres de rayon.

La locomotive du Central Belge portait, avec le frein Lechatelier, un frein à vis dont les sabots en fonte agissaient sur les deux essieux moteurs, chargés uniformément par l'intermédiaire de balanciers articulés à des ressorts communs. Les injecteurs d'un modèle étudié par M. Wehrenfennig permettent à la fois l'alimentation de la chaudière et le réchauffage des wagons, disposés d'après le système de M. Belleruche.

Le frein installé sur la machine de l'État belge comporte six sabots en fer disposés pour exercer leur pression dans le même sens et produire un effort de 3.450 kilog. par bloc. Il peut être actionné à volonté par une vis ou par l'appareil Westeingham; de plus le frein à contre-vapeur, à un seul robinet prenant de l'eau et de la vapeur mélangées, complète les moyens d'arrêts ci-dessus.

Les approvisionnements, pour les trois locomotives se chiffrent de la manière suivante :

Ouest 6^m,500 d'eau — 4.500 kilog. de combustible.

Central Belge 5^m d'eau — 3 mètres cubes. —

État belge 9^m,950 d'eau — 4.800 kilog. —

Ces trois machines sont munies d'abris à doubles cloisons vitrées et entièrement couvertes, et de tous les agrès permettant indistinctement l'attelage dans les deux sens.

Telles sont les innovations qui caractérisaient la plus belle fraction du matériel de chemin de fer qui figurait au Champ de Mars ; des communications ultérieures feront ressortir celles que présentaient les machines à marchandises ou pour profils accidentés, et celles destinées à des services spéciaux, tramways, etc.

M. Roy désire compléter cette revue des locomotives par une description succincte d'un type de locomotive qu'il avait exposé sous forme d'un petit modèle au 1/40^e d'exécution. Ce type se distingue par deux dispositions nouvelles.

La première se rapporte à son système de coussinets à glissières obliques, appliqué à l'essieu du tender. Ce tender a des longerons rigidement fixés avec ceux de la locomotive, le long des flancs de la boîte à feu, il n'a qu'un essieu monté avec des coussinets à glissières obliques, perfectionnés par l'application de plans inclinés pour supporter la charge, d'où il résulte que par suite de la composante horizontale de la charge qui repose sur cet essieu, cette composante agit transversalement sur tout l'ensemble du châssis de la machine, pour la contraindre à suivre les courbes sans cisaillement, malgré le parallélisme et la rigidité des quatre essieux accouplés de la machine. C'est en résumé le même mode d'action, sur le châssis des locomotives, que celui exercé par les chevaux des voitures de tramways, tirant obliquement et vers l'intérieur lorsqu'ils sont dans des courbes.

La seconde disposition concerne le mode de chargement du combustible ayant pour but de brûler facilement du charbon tout venant, et d'atteindre une certaine fumivoricité. Elle consiste en une hotte ou carbonisateur de la forme de un quart de cylindre fermée à sa partie inférieure par une palette mobile dont l'axe de rotation correspond au centre de la circonférence de la hotte. Ce carbonisateur est placé à l'arrière du foyer, le niveau de la palette est un peu au-dessus de la grille, qui est assez inclinée, deux portes sont réservées dans l'enveloppe cylindrique, elles se trouvent un peu au-

dessus du tablier du tender, c'est par là que se charge le combustible frais, la cloison de l'arrière du foyer, entre la grille et le haut de la hotte, est ouverte, un écran tubulaire, analogue à l'écran plein du Tembrinck, force la flamme à passer devant le combustible frais, déposé dans le carbonisateur, par suite, le charbon menu qu'il renferme se coagule et commence à passer à l'état de coke ; lorsque le chauffeur veut charger sa grille, il le fait en faisant mouvoir, par un mouvement de jette-feu, la palette qui lance alors sur la grille un combustible coagulé et déjà en feu au lieu de charbon en poussière.

Puis, après cette manœuvre, la palette est ramenée à la position horizontale, le carbonisateur rempli de nouveau combustible frais qui aura le temps de commencer sa carbonisation pendant la durée de la combustion de la charge récemment faite sur la grille.

Des prises d'air et un registre sont établis au haut de la hotte pour faciliter la combustion des gaz se dégageant du combustible frais.

M. KREMER trouve que cette disposition rappelle celle du foyer fumivore de M. Duméry, avec corne d'abondance placée sur le côté.

M. MORANDIÈRE dit que le système Duméry, essayé il y a une vingtaine d'années, comportait deux trémies ou cornets, elles étaient remplies de charbon que deux pistons faisaient descendre en bas du foyer pour amener le combustible frais sous celui qui était en ignition sur la grille.

M. ROY répond qu'il ne revendique pas l'idée du chargement par une trémie pour les foyers de locomotives, qui a été essayée il y a très longtemps dans l'appareil Tembrinck ; sa disposition est essentiellement différente et vise une meilleure utilisation du combustible.

M. BRULL, en considérant l'ensemble des perfectionnements que présentent les locomotives de l'Exposition, ne voit pas qu'ils constituent un progrès bien sensible en ce qui concerne la vitesse ; il lui semble même que les Compagnies aient peu de tendance à accroître la vitesse, tandis qu'au début des chemins de fer on s'était préoccupé des moyens d'augmenter la rapidité des trains. Les locomotives Crampton sont-elles la dernière solution du problème ?

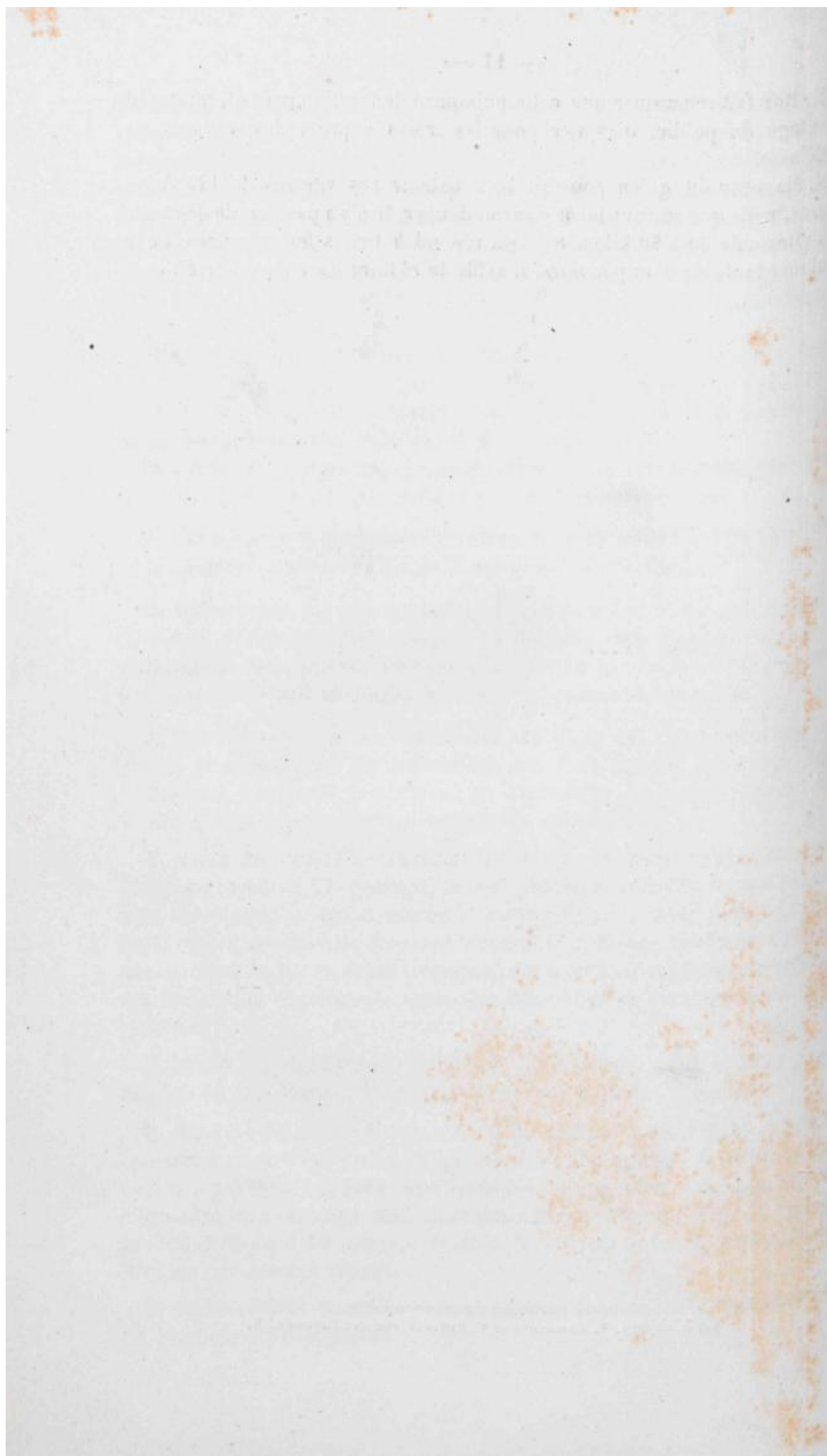
M. DEGHILAGE répond que l'on ne peut guère donner à l'appareil de vaporisation de plus grandes dimensions dans les conditions actuelles.

M. MATHIEU dit qu'en effet on n'a pas dépassé les vitesses de 90 et 100 kilomètres à l'heure fournies à l'origine par les locomotives Crampton. Mais elles ne pouvaient autrefois remorquer que 6 à 8 voitures, tandis qu'aujourd'hui elles sont capables de traîner des charges plus lourdes, notamment des trains de 14 à 16 voitures. C'est là le progrès qui a été accompli et il fait face aux besoins actuels.

M. BRULL répond que c'est surtout un progrès pour les Compagnies plutôt que pour les voyageurs.

M. ROY fait remarquer que cette puissance de traction permet, au grand avantage du public, d'ajouter pour les trains express des voitures de 2^{me} classe.

M. MATHIEU dit qu'on pourrait bien obtenir des vitesses de 120 kilomètres, mais que suivant lui il y aurait danger. Il n'y a pas lieu de dépasser une vitesse de 80 à 90 kilomètres qui répond à toutes les exigences. Pour diminuer la durée d'un parcours, il suffit de réduire les temps d'arrêt.



II-Foyer placé au-dessus de l'essieu d'arrière (moteur ou accouplé)

III—Foyer compris entre les deux esieux accouplés

Fig. 4-Est

Fig. 7—Midi

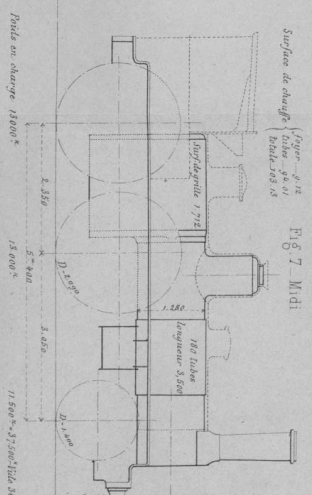
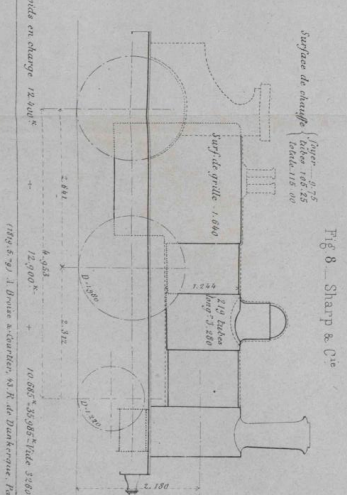
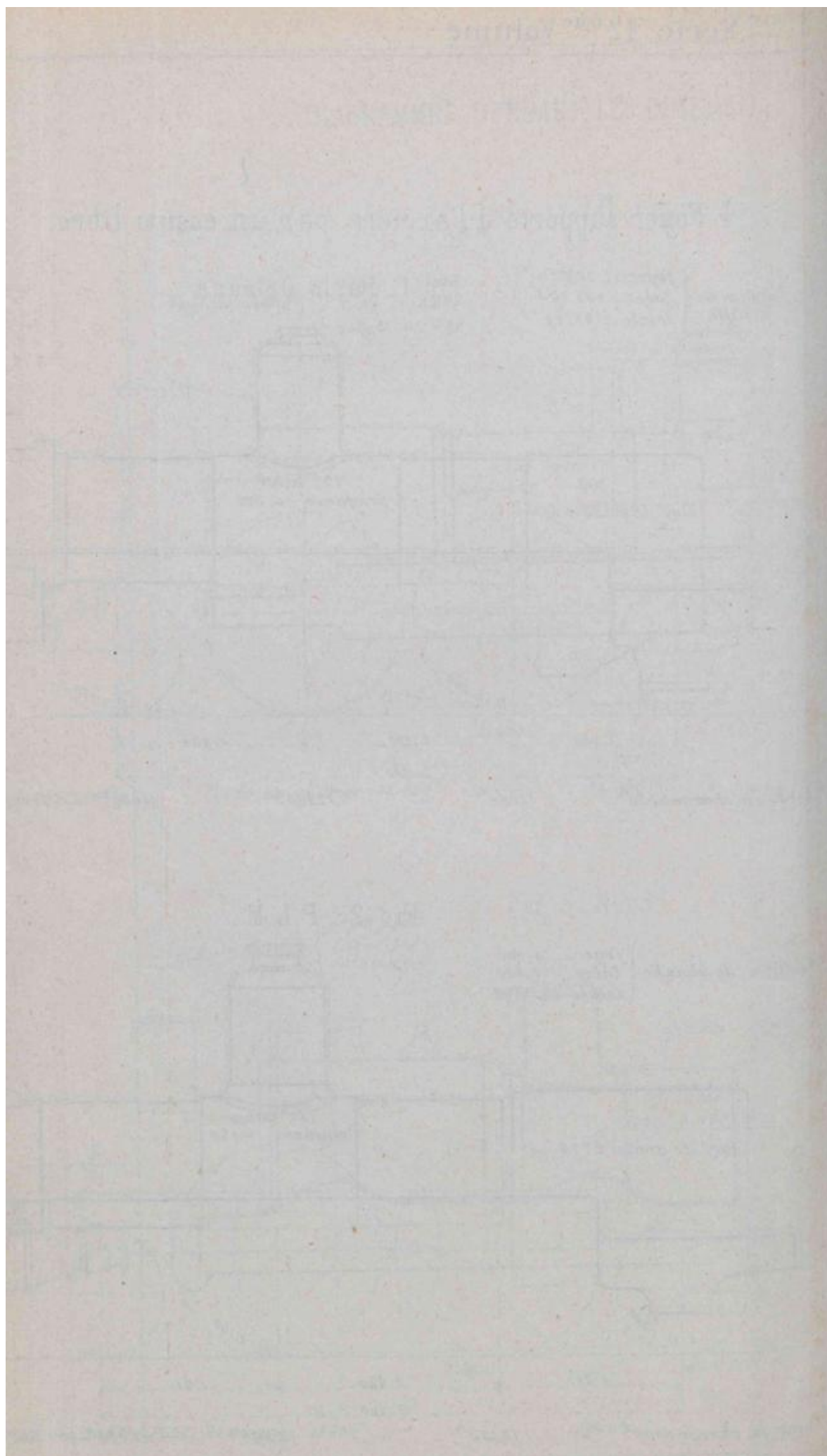


Fig. 6 Haute-Italie

Fig. 8—Sharp & Co.

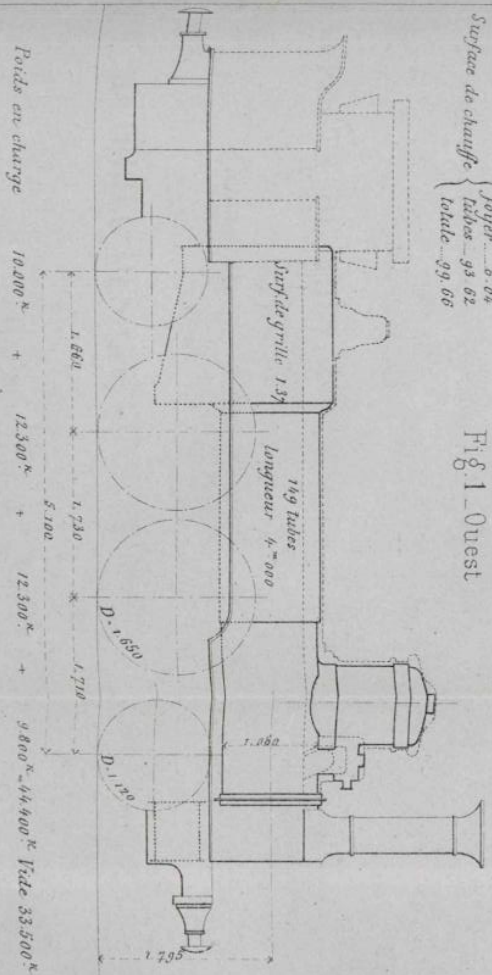




DIAGRAMMES DONNANT LES DIMENSIONS PRINCIPALES DE L'APPAREIL DE VAPORISATION ET LA POSITION DES ESSIEUX

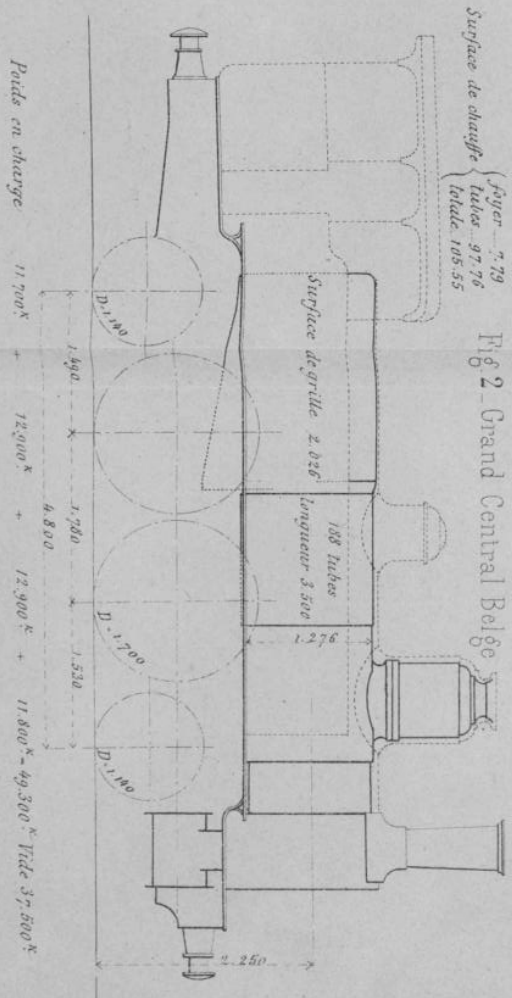
Surface de chauffe { foyer 6.04
tubes 93.62
totale 99.66

Fig. 1-Ouest



Surface de chauffe { foyer 7.79
tubes 97.76
totale 105.55

Fig. 2-Grand Central Belge



Surface de chauffe { foyer 10.950
tubes 98.550
totale 109.500

Fig. 3-Etat Belge

