

LES LOCOMOTIVES EXPRESS COMPOUND

A QUATRE CYLINDRES EN TANDEM

des Chemins de fer de l'État hongrois et du Sud-Ouest russe,

Par M. J. MORANDIERE,

INGÉNIEUR DES ÉTUDES DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION AU CHEMIN DE FER DE L'OUEST,

et M. ASSELIN,

INGÉNIEUR DE LA TRACTION AU CHEMIN DE FER DU NORD.



(Pl. VI à X).

AVANT-PROPOS.

La *Revue générale des chemins de fer*, dans son numéro de Juin 1892, a publié un article de M. du Bousquet, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction au chemin de fer du Nord, sur les nouvelles machines express 2.121 et 2.122 compound à quatre cylindres, en service à la Compagnie du Nord.

Les quatre caractéristiques de ces machines sont : la division de l'effort moteur sur deux essieux, la conservation de l'accouplement entre ces deux essieux, l'indépendance des changements de marche des cylindres à haute et basse pression, et, enfin, la possibilité de faire fonctionner indépendamment les uns des autres, comme deux machines distinctes, les petits et les grands cylindres.

Comme principe, les machines 2121 et 2122 ne diffèrent donc que peu de la machine 701, la première locomotive express compound à quatre cylindres qui a été construite en France par M. de Glehn, Ingénieur de la *Société Alsacienne de Constructions Mécaniques*, et mise en service à la Compagnie du Nord en 1886 (*Revue générale des chemins de fer*, Mai et Juin 1887).

Beaucoup moins puissante que les machines 2121 et 2122, la locomotive 701 timbrée seulement à 11 kg. (1), présentait déjà comme caractéristiques la division de l'effort moteur sur deux essieux et l'indépendance des changements

(1) Cette machine 701 avait été construite intentionnellement de même force que les machines existantes auxquelles on voulait la comparer. — Actuellement on ajoute un bogie à cette machine.

de marche des cylindres à haute et basse pression. L'accouplement des deux essieux moteurs était supprimé et la possibilité d'échapper la vapeur des petits cylindres directement dans l'atmosphère n'existait pas.

En 1889, la Compagnie de P.-L.-M. a, de son côté, construit deux machines compound express à quatre cylindres. L'une de ces locomotives, C¹, a figuré à l'Exposition. Comme à la Compagnie du Nord, on n'a pas été effrayé de la complication, que la pratique semble montrer plus apparente que réelle, d'avoir quatre bielles motrices et quatre mouvements complets de distribution.

La machine C¹ avait en effet deux essieux moteurs accouplés. Un seul changement de marche commandait les quatre coulisses de distribution.

Nous rappellerons que cette locomotive de P.-L.-M. est timbrée à 15 kg. Elle pèse en charge 53^t.500. Le poids adhérent est de 29^t.600. Elle est portée sur quatre essieux dont deux porteurs, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière de la machine.

Les petits cylindres qui sont intérieurs ont un diamètre de 0^m31. Ils actionnent le deuxième essieu.

Les grands cylindres qui sont extérieurs ont un diamètre de 0^m50. Ils actionnent le troisième essieu. La course commune est de 0^m620. Les cylindres sont tous quatre placés parallèlement, à l'avant du premier essieu.

Un volant unique de changement de marche actionne les deux barres de relevage par l'intermédiaire de cames, tracées dans le but de réaliser pour chaque degré d'introduction un rapport déterminé à l'avance entre les distributions des deux groupes de cylindres.

En 1892, la Compagnie de P.-L.-M. a construit un nouveau type de locomotives compound à quatre cylindres. La première de la série porte le N^o C¹¹. Cette machine, comme agencement général, se rapproche sensiblement des locomotives 2121 et 2122 du Nord. Les grands cylindres de 0^m54 de diamètre sont intérieurs, disposés entre les essieux du bogie et actionnent le troisième essieu de la locomotive. Les petits cylindres de 0^m34 de diamètre sont extérieurs et placés à l'arrière du deuxième essieu porteur. Ces derniers actionnent le quatrième essieu. Les troisième et quatrième essieux sont accouplés. Les quatre mouvements de distribution sont manœuvrés par un seul volant, le détail de la commande du changement de marche étant d'ailleurs analogue à celui des machines C¹ et C².

Ayant ainsi rappelé ce qui s'est fait de plus récent en France, nous examinerons maintenant deux locomotives express compound appartenant, l'une à l'*État-Hongrois*, l'autre au *Sud-Ouest Russe*. (Pl. VI à X.)

Les deux machines que nous allons décrire ont été contruites en 1891 à peu près à la même époque que les machines 2121 et 2122 de la Compagnie du Nord. Elles ont été étudiées dans le même but que celles-ci pour remorquer à de grandes vitesses des trains lourds.

Comme les machines 2121 et 2122 du Nord et les machines C¹¹ et C¹² de P.-L.-M., ce sont des locomotives compound à quatre cylindres, à deux essieux accouplés et reposant sur quatre essieux, savoir : un bogie à l'avant, un essieu moteur et un essieu accouplé.

Les machines de l'*État Hongrois* et du *Sud-Ouest Russe* diffèrent nettement, cependant, des dernières locomotives françaises précitées. Elles n'ont, en effet, qu'un seul essieu moteur, que deux bielles motrices, qu'un seul changement de marche et que deux mouvements de distribution pour les quatre cylindres disposés en tandem.

De même que les dernières machines construites au Nord et au P.-L.-M. présentent de grandes analogies, les locomotives Hongroise et Russe sont, en principe, peu dissemblables. Elles montrent, toutefois, des différences notables de construction.

Les points communs sont les suivants :

Ces deux locomotives sont des machines à cylindres extérieurs formant deux groupes de deux cylindres, l'un à haute, l'autre à basse pression, répartis de chaque côté du bâtis.

Les axes des cylindres d'un même groupe sont dans le prolongement l'un de l'autre. Leurs pistons sont fixés sur une même tige.

Sur les deux types de machines, les tiroirs sont commandés par un seul mécanisme.

Comme différences dans leur agencement général, les trois suivantes sont à signaler :

Sur la machine Hongroise, les tiroirs sont fixés directement sur la même tige : la distribution est extérieure ; elle est, au contraire, intérieure dans la machine Russe dont les tiroirs sont attelés à deux tiges différentes mues par une même fausse tige.

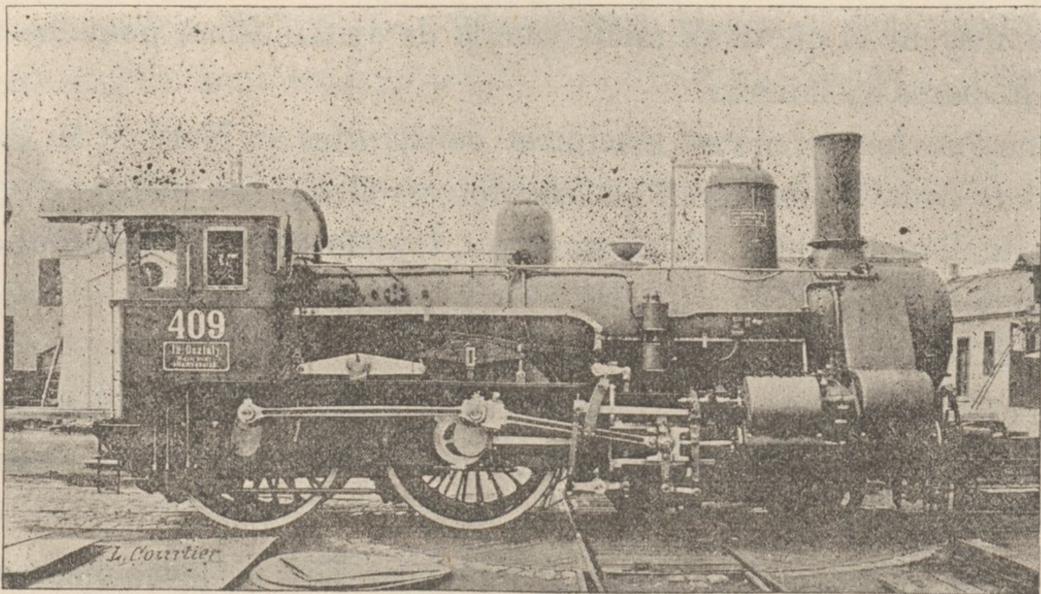
Le grand cylindre est à l'avant du petit cylindre sur la machine de l'État Hongrois. L'inverse existe sur la machine du Sud-Ouest Russe.

Les longerons qui sont extérieurs aux roues pour la machine Hongroise (comme dans beaucoup d'autres machines express de ce réseau) sont intérieurs sur la machine Russe.

§ I. — Machine des chemins de fer de l'État Hongrois.

Cette machine a été décrite dans « *L'Organ*, VI^e cahier 1891 » et dans le numéro de la *Revue des chemins de fer* de Novembre 1891.

Nous nous contenterons donc, au sujet de cette locomotive, de signaler quelques particularités intéressantes de construction, et de mentionner les essais qui ont été effectués en vue de fixer les dimensions à donner aux cylindres, ainsi que les études qui ont été faites sur la distribution (1). Le dessin, ci-dessous, en montre la disposition d'ensemble.



I. PARTICULARITÉS DE CONSTRUCTION.

Comme détails intéressants de construction, (Pl. VI. Fig. 1 et Pl. VII, Fig. 1 et 2), nous rappellerons que les cylindres d'un même côté, ainsi que leurs boîtes à vapeur, sont fondus d'une seule pièce. Les deux cylindres sont horizontaux. Le grand cylindre est à l'avant du premier essieu de la machine, le cylindre à haute pression est à l'arrière, les deux cylindres étant symétriquement placés par rapport à cet essieu.

Cette disposition a donné un poids assez considérable sur le bogie : 13^T250 par essieu : le poids total de la machine en charge étant de 54^T400.

Les dimensions du gabarit hongrois ont permis de donner à la locomotive

(1) Les renseignements inédits que nous donnons sur cette machine nous ont été fournis à Pesth même, grâce à l'obligeance de M. de Ludwig, président-directeur de l'État hongrois, de M. Thaly, chef régional d'exploitation, et de M. Miksa, ingénieur de la traction.

une largeur de 3^m15 que l'on ne pourrait atteindre sur les Chemins de fer Français.

L'essieu moteur est placé à l'avant du foyer. L'essieu accouplé se trouve sous le foyer, afin de rapprocher les deux essieux reliés par la bielle d'accouplement, qui ne sont ainsi distants que de 2^m40.

On est arrivé de la sorte à diminuer l'empatement total de la machine, ce qui a permis d'utiliser les plaques existantes. Cet empatement n'est que de 6^m30, bien que la longueur entre tampons de la locomotive soit de 9^m862.

Le foyer, du système Belpaire, a une grille inclinée, de 2^m658 de longueur sur 1^m110 de largeur, donnant une surface de grille de 3^m.^q ; la surface de chauffe directe est de 12^m.^q.

Les boîtes à vapeur sont inclinées vers l'extérieur sur le côté des cylindres. La tige qui commande directement les deux tiroirs est horizontale. Cette disposition donne forcément de grands espaces nuisibles au petit cylindre.

Le tiroir du cylindre à haute pression était du système Trick (Pl. VII. Fig. 2), sur les machines primitives, mais on y a renoncé. Le cylindre à basse pression possède un tiroir ordinaire sur le dos duquel frotte une plaque d'appui pour empêcher tout soulèvement sous l'effort des compressions pendant la marche à régulateur fermé (Pl. VII. Fig. 1).

Le réservoir intermédiaire se compose de deux tuyaux faisant le tour de la boîte à fumée. Ces deux tuyaux, indépendants d'ailleurs l'un de l'autre, font communiquer l'échappement du cylindre à haute pression d'un côté, avec la boîte à vapeur du cylindre à basse pression de l'autre côté, de telle sorte que la machine fonctionne comme si elle était constituée de deux machines compound, du type Mallet, à deux cylindres qui seraient complètement indépendantes.

Comme autres détails intéressants, nous signalerons (Pl. VI. Fig. 1) :

1^o L'absence de garnitures au passage de la tige de tiroir à l'avant de la boîte à vapeur du cylindre à haute pression et à l'arrière du cylindre à basse pression. La tige qui relie les deux tiroirs passe dans un fourreau que l'on introduit dans une espèce de canal venu de fonte avec les cylindres et qui relie les deux boîtes à vapeur.

Cette disposition, ou tout au moins quelque chose d'analogue, se recommande par sa simplicité. Une légère fuite de vapeur passant, par suite de l'usure du fourreau, de la boîte à vapeur du cylindre à haute pression dans la boîte à vapeur du cylindre à basse pression, ne présente, en effet, aucun inconvénient sensible.

2^o Le mode d'attache des glissières de piston. Au lieu d'être fixées à l'avant

comme d'ordinaire sur le plateau arrière du petit cylindre, elles sont portées par un support spécial. La distance de ce support au cylindre est assez grande pour permettre de sortir le piston et de changer les segments sans être obligé de démonter les glissières.

3° La disposition adoptée pour permettre la visite des pistons sans nécessiter un démontage compliqué.

Le petit piston est fixé à demeure sur la tige. Le grand piston est maintenu sur cette même tige par une clavette goupillée.

Pour visiter le grand piston, il suffit donc de retirer cette clavette sans qu'il soit nécessaire de faire un autre démontage.

La visite du petit piston se fait presque aussi facilement après déclavetage du grand piston, en retirant vers l'arrière la tige sur laquelle il est fixé.

4° La disposition adoptée pour les presse-étoupe de la tige de piston à l'avant du petit cylindre et à l'arrière du grand, mérite également d'être signalée. Des écrous à pans coupés, que l'on peut serrer au moyen d'une clef spéciale, viennent agir sur le presse-garniture.

On n'éprouve point de difficultés pour visiter et réparer ces garnitures, bien que la distance des cylindres ne soit que de 364^m/_m.

Les écrous sont maintenus dans la position de serrage donné, par une lame de ressort dont l'une des extrémités s'engage dans une série d'encoches taillées sur le pourtour de l'écrou.

II. ESSAIS EFFECTUÉS SUR LES DIMENSIONS A DONNER AUX CYLINDRES.

Afin de déterminer les dimensions qu'il convient de donner aux cylindres, l'État hongrois a fait construire plusieurs machines avec cylindres différents dont on a comparé la consommation en leur faisant assurer le même service.

Toutes ces machines sont timbrées à une même pression de 13 atmosphères absolus.

Les premières machines ont été construites avec des cylindres à haute pression de 370^m/_m de diamètre et des cylindres à basse pression de 550. La course des pistons est de 650^m/_m. — Le rapport des cylindres était, dans ces conditions, de $\frac{1}{2,21}$, soit $\frac{1}{2,30}$ en tenant compte des espaces nuisibles.

Les machines n'ayant pas donné les résultats économiques attendus, on a entrepris trois séries d'essais : la première, en diminuant le diamètre du cylindre à haute pression, celui du cylindre à basse pression restant de 550^m/_m ; la seconde, en diminuant le diamètre du cylindre à basse pression, celui du cylindre à haute pression restant de 370^m/_m ; la troisième, en dimi-

nuant à la fois les dimensions primitives des cylindres à haute et basse pression.

On a construit ainsi trois nouvelles séries de machines (5 de chaque espèce) : la première à cylindre à haute pression de 370 m/m et à cylindre à basse pression de 500 m/m ; ce qui donnait un rapport de $\frac{1}{1.83}$ entre les volumes des cylindres, (1/2.15, lumières comprises) ; la deuxième à cylindre à haute pression de 325 m/m et à cylindre à basse pression de 550 m/m, ce qui donnait un rapport de $\frac{1}{2.86}$ (1/3, lumières comprises) ; la troisième à cylindre à haute pression de 340 m/m et à cylindre à basse pression de 480 m/m, soit un rapport de $\frac{1}{1.99}$, (1/2.1 lumières comprises).

Dans cette série d'essais, on a constaté que l'on n'a pas intérêt à augmenter, au delà d'une certaine limite ni les dimensions du cylindre à haute pression ni celles du cylindre à basse pression. En augmentant celles-ci, la machine peut gagner en puissance, mais elle perd en économie.

Finalement, l'État hongrois s'est arrêté aux dimensions de 340 m/m pour le cylindre à haute pression et de 480 m/m pour le cylindre à basse pression, et c'est avec ces dimensions que les machines les plus récentes sont construites,

Le tableau ci-dessous résume les essais comparatifs faits en Avril, Mai, Juin et Juillet 1892 sur les machines de quatre séries :

MOIS.	MACHINE A CYLINDRES de 340/480. (Rapport : 1/1,99).			MACHINE A CYLINDRES de 325/550. (Rapport : 1/2,86).			MACHINE A CYLINDRES de 370/550. (Rapport : 1/2,21).			MACHINE A CYLINDRES de 370/500. (Rapport : 1/1,83).		
	Consom- mation kilo- métrique.	Poids moyen des trains remor- qués. — En tonnes	Kilo- mètres par- cours mensuel- lement.									
Avril 1892.....	11,6	157	3.704	12,3	169	7.216	13,9	154	6.355	12,0	158	5.909
Mai —	»	»	»	11,1	152	7.499	10,5	147	6.651	13,8	157	6.618
Juin —	10,7	151	5.571	9,5	154	3.350	9,7	156	6.945	11,7	165	4.187
Juillet —	9,5	142	6.945	12,3	150	3.369	10,4	125	3.939	»	»	»
MOYENNES.....	10,6			11,3			11,1			12,5		

III. ESSAIS EFFECTUÉS SUR LA DISTRIBUTION.

Des essais, également très intéressants, ont été faits au sujet des dimensions à donner aux tiroirs.

Sur les premières machines, le tiroir du cylindre à haute pression était du

système de Trick. Cette disposition, nous l'avons dit, est abandonnée. Les recouvrements intérieurs des tiroirs des cylindres à haute et basse pression, qui étaient déjà nuls alors (Pl. VIII, Fig. 1), sont devenus nettement négatifs : de 7 m/m pour le cylindre à haute pression et de $6 \text{ m/m} \frac{1}{2}$ pour le cylindre à basse pression.

Deux distributions sont encore en essai comparatif (Pl. VIII, Fig. 2 et 3). Elles diffèrent d'abord par la longueur donnée aux lumières qui sont respectivement dans les deux systèmes de 280 et de 300 m/m pour le cylindre à haute pression, et de 380 et 425 m/m pour le cylindre à basse pression.

Elles diffèrent, en second lieu, pour les recouvrements extérieurs des tiroirs du cylindre à basse pression qui est, dans l'une des distributions, supérieur de 8 m/m à ce qu'il est dans l'autre.

L'Administration des Chemins de fer de l'État hongrois préconise actuellement le système à longues lumières et à recouvrement extérieur plus grand pour le cylindre à basse pression (Pl. VIII, Fig. 3).

La machine de l'État hongrois est encore de construction trop récente pour que l'on puisse donner des renseignements plus précis. Son service normal consiste à remorquer, sur des lignes à rampes de 5 à 6 m/m , des trains de 150 à 170 tonnes dont la vitesse maxima ne dépasse pas 80 kilomètres.

§ II. — Machine des chemins de fer du Sud-Ouest russe.

La machine compound tandem N° 101, du Sud-Ouest russe, a été mise en service au dépôt de Kiew en octobre 1891.

L'un des auteurs de cet article a pu accompagner cette locomotive à un train où elle a remorqué onze véhicules d'un poids mort de 176 tonnes environ, sur un profil comportant une assez longue rampe de 8 m/m .

Cette machine (Pl. IX et X) a été étudiée dans son ensemble par la Compagnie du Sud-Ouest, d'accord avec M. Mallet. Elle a été étudiée dans ses détails et exécutée, sous la direction de M. de Glehn, ingénieur, dans les ateliers de Belfort, de la *Société Alsacienne de constructions mécaniques*. Elle est désignée à Kiew sous le nom de « *tandem compound* » tant à cause de la disposition adoptée pour les cylindres que de son fonctionnement comme machine compound.

Le but poursuivi par la Compagnie du Sud-Ouest en la construisant a été plutôt de se procurer une locomotive puissante qu'une locomotive économique.

Les trains russes, qui sont fort lourds, comportent généralement sur le Sud-Ouest quinze voitures de 16 tonnes (240 tonnes). La vitesse maxima qu'ils peuvent atteindre a, quelque soit le profil, pour limite autorisée par l'Administration supérieure Russe, 75 verstes, soit environ 80 kilomètres à l'heure.

Puisqu'il n'est pas possible d'augmenter la marche des trains au-delà de cette limite, soit en palier, soit sur les pentes, il était naturel de chercher à construire une machine pouvant atteindre cette vitesse sur les rampes et marchant ainsi d'une façon continue à l'allure maxima que l'on ne peut dépasser.

Les machines ordinaires à voyageurs du Sud-Ouest, dont quelques-unes sont des compound à deux cylindres de 420 et 600 de diamètre (1), donnent bien toute satisfaction au point de vue de l'économie, mais sont notoirement trop faibles pour assurer les trains sur la direction d'Odessa. Elles ne peuvent remorquer que 130 tonnes à la vitesse moyenne de 50 kilomètres à l'heure (2).

DESCRIPTION.

Bâtis. — La machine 101 est portée sur quatre essieux dont les deux d'arrière, à roues de 2^m,00 de diamètre, sont accouplés. Les deux essieux d'avant, montés sur des roues de 0^m,950 de diamètre, font partie du bogie et servent seulement d'essieux porteurs. Les bandages ont 0^m,065 d'épaisseur.

Les roues sont disposées à l'extérieur du châssis, qui est formé de deux longerons solidement entretoisés.

Le bogie est à déplacement transversal.

Le foyer est disposé entre les deux essieux accouplés qui sont distants de 2^m,60.

Les quatre cylindres sont disposés deux à deux à l'extérieur de part et d'autre du châssis. A l'inverse de la machine hongroise, c'est le petit cylindre qui est à l'avant, disposé au-dessus du premier essieu de la machine ; le grand cylindre est logé entre les deux essieux du bogie. On diminue ainsi le porte à faux.

L'axe de ces cylindres est incliné de 1/20.

Les deux cylindres sont fondus séparément.

La longueur de la machine est de 9^m,402. Son empatement de 6^m,60.

Chaudière. — Le timbre de la chaudière est de 11 atmosphères effectifs, limite maximum autorisée par l'Administration Russe.

(1) *Revue générale.* N° de Décembre 1886, p. 317.

(2) Les renseignements que nous publions sur la machine 101 nous ont été fournis, avec la plus grande obligeance, par M. de Borodine, Directeur général de la Compagnie du Sud-Ouest, et par M. Løvy, Ingénieur du Matériel de cette même Compagnie. Ils ont été extraits, en outre, d'une publication faite par M. Løvy en Août dernier, dans la *Revue « L'Ingénieur »* imprimée à Kiew.

Le corps cylindrique, de forme télescopique, est composé de trois viroles de 1^m,222, 1^m,251 et 1^m,280 de diamètre, la virole de plus grand diamètre étant placée la plus près de la boîte à feu.

Chaque virole est formée d'une seule feuille de tôle de 14^m/_m,5 d'épaisseur.

Les deux tôles de flanc, la plaque d'avant et la plaque d'arrière de la boîte à feu extérieure, ont 15^m/_m. La plaque de ciel, qui est plane et au niveau de la partie supérieure du corps cylindrique, a une épaisseur de 18^m/_m.

Les tubes à fumée, au nombre de 208, ont un diamètre extérieur de 45^m/_m. Ils sont en fer raboutés en cuivre rouge du côté de la boîte à feu. La plaque tubulaire du foyer est percée de trous de 43^m/_m, celle de boîte à fumée de trous de 46^m/_m. Ces trous sont tronconiques à inclinaison de 1/40.

Le foyer est en cuivre, le ciel et les flancs formés d'une seule plaque de 16^m/_m d'épaisseur. La paroi d'arrière a la même épaisseur, ainsi que la paroi d'avant renforcée seulement à 28^m/_m dans la partie supérieure qui reçoit les tubes.

L'entretoisement du ciel du foyer avec la boîte à feu extérieure est obtenu au moyen de 135 tirants verticaux en fer.

Les entretoises, de 23^m/_m de diamètre, sont percées sur toute leur longueur d'un trou de 5^m/_m débouchant librement du côté du foyer seulement.

Le foyer est muni d'une voûte en briques.

La grille est en barreaux de fer plat de 10^m/_m d'épaisseur, également distants de 10^m/_m. Elle est formée de deux séries de barreaux de 874^m/_m de longueur reposant sur trois poutrelles ou sommiers : deux extrêmes et un intermédiaire.

Les deux injecteurs d'alimentation sont du système Gresham et Craven, l'un de 7, l'autre de 9^m/_m.

L'échappement de la machine est fixe. Sa tête est reliée à la base de la cheminée par un pare-étincelles formé de barreaux en fil de fer. Le pare-étincelles est de forme tronconique, dont la base la plus large est disposée vers le haut.

Tous les tuyaux d'alimentation et de conduite de vapeur sont placés à l'intérieur de la chaudière.

Mécanisme. — Ainsi que les machines hongroises, la locomotive 101 du Sud-Ouest Russe porte de chaque côté de son bâtis deux cylindres, l'un à haute pression de 0^m,33 de diamètre, l'autre à basse pression de 0^m,50 de diamètre (Rapport $\frac{1}{2.3}$) Chaque groupe de cylindres agit sur l'essieu-moteur par l'intermédiaire d'une seule et même bielle. La course commune des pistons est de 0^m,600.

Ces cylindres sont, non seulement fixés aux longerons comme d'ordinaire,

mais de plus entretoisés entre eux par deux tirants placés entre la bride d'arrière du petit cylindre et la bride d'avant du grand cylindre. Chaque groupe forme ainsi un système bien invariable.

Le réservoir intermédiaire est formé de deux tuyaux en cuivre complètement indépendants, faisant le tour de la boîte à fumée et reliant l'échappement du cylindre à haute pression d'un côté, à la boîte à vapeur du cylindre à basse pression de l'autre côté. Ainsi que les machines hongroises, la machine 101 fonctionne donc comme deux machines compound à deux cylindres du système Mallet.

Les cylindres d'un même groupe ont été rapprochés le plus possible, tant pour la bonne répartition du poids sur les essieux que pour diminuer au minimum le refroidissement par l'air des plateaux d'arrière des petits cylindres et d'avant des grands cylindres.

La visite du grand piston aurait pu présenter ainsi quelques difficultés. La solution adoptée pour obvier à cet inconvénient est très ingénieuse.

Dans ce but on a donné au plateau d'avant du grand cylindre une forme concave.

D'autre part, les goujons des presse-étoupes des cylindres à haute et basse pression d'un même groupe se trouvent placés dans deux plans rectangulaires, et chaque presse-étoupe est percé de trous permettant l'introduction des goujons du presse-étoupe opposé. (Pl. VII. Fig. 3 et 4).

Grâce aux trous ménagés pour les goujons dans le presse-garniture du petit cylindre, le plateau du cylindre à basse pression peut être amené contre le plateau d'arrière du cylindre à haute pression et le grand piston peut venir se loger dans l'espace libre laissé entre les deux cylindres. (Pl. VII. Fig. 4).

Bien entendu, on ne peut espérer ainsi qu'une visite des segments des grands pistons; nous dirons maintenant comment on parvient, en cas de réparation, à les sortir complètement des grands cylindres, par l'arrière.

Les deux pistons en acier sont montés, comme nous l'avons dit, sur une même tige commune. Le grand piston est fixé à demeure, tandis que le petit piston est maintenu sur son emmanchement conique au moyen d'un écrou en bronze et d'une forte goupille.

Les glissières de piston prennent leur point d'appui sur le plateau d'arrière du cylindre à basse pression. Ce plateau est monté comme celui d'avant.

Pour retirer les grands pistons complètement de leurs cylindres, on voit qu'il faut d'abord démancher le petit piston, puis démonter les glissières et le plateau arrière du grand cylindre. Le grand piston peut alors sortir librement avec sa tige.

Le mouvement de distribution, qui est commandé, pour les quatre cylindres, par un seul changement de marche, n'offre rien de particulier. Les boîtes à vapeur sont intérieures. Une même fausse tige fait mouvoir les deux tiroirs d'un même côté. La distribution est du type Stephenson, à coulisse à double flasque relevée par le milieu.

Voici les dimensions principales des lumières et des tiroirs. Les lumières des petits cylindres ont $240^m/m$ de longueur, celles des grands cylindres $350^m/m$.

Aux cylindres à haute pression, les lumières d'admission ont $35^m/m$ de largeur, celle d'échappement 70.

Aux cylindres à basse pression, ces lumières ont respectivement $40^m/m$ de largeur à l'admission, 80 à l'échappement.

Les tiroirs à haute pression ont $24^m/m,5$ de recouvrement extérieur et $3^m/m,5$ de recouvrement intérieur.

Aux grands cylindres, ces recouvrements sont respectivement de $20^m/m$ et de $1^m/m$.

Afin de faciliter le démarrage, il existe un robinet d'introduction direct de vapeur dans le réservoir intermédiaire. Une soupape limite à 6 kg. la pression dans le réservoir.

On a constaté qu'avec une disposition aussi rudimentaire, la machine 101 démarrait mal. Pour remédier à cet inconvénient, on a dû modifier les tiroirs des petits cylindres et les percer d'ouvertures, conformément au procédé adopté par M. Lindner. (1)

TENDER.

Le tender qui accompagne cette machine est à six roues. Les essieux sont distants de 2^m et de 1^m50 , l'entraxe extrême est de 3^m50 . Un balancier relie les ressorts de l'avant et du milieu. Le dessus de la caisse à eau est incliné sur les deux tiers de sa longueur environ. Les principales conditions d'établissement sont relatées dans le tableau donné plus loin.

FREIN CONTINU.

La machine et son tender sont munis du frein continu système Westinghouse.

PRINCIPALES
CONDITIONS
D'ÉTABLISSEMENT

Pour compléter la description de la machine 101 du Sud-Ouest Russe, nous présentons ci-dessous ses dimensions principales :

Grille.	{	Longueur.....	$1.798^m/m$
		Largeur.....	$1.048^m/m$
		Surface.....	$1,9^{mq}$

(1) *Revue générale*, N° de Juin 1890, p. 371.

Boîte à feu	{	Longueur intérieur en haut.....	1.726 ^{m/m}	
		id. en bas.....	1.798 ^{m/m}	
		Largeur intérieure en haut.....	1.050 ^{m/m}	
		id. en bas.....	1.048 ^{m/m}	
	{	Hauteur intérieure au milieu.....	1.615 ^{m/m}	
Corps cylindrique de la chaudière	{	Diamètre intérieur de la plus grande partie cylindrique.	1.250 ^{m/m}	
		Épaisseur des feuilles de tôle	14,5	
		Hauteur de l'axe au-dessus du niveau des rails.	2.200 ^{m/m}	
Tubes à fumée.....	{	Nombre.....	208	
		Diamètre extérieur	45 ^{m/m}	
		Diamètre intérieur.....	40 ^{m/m}	
	{	Longueur entre les plaques tubulaires.	3.800 ^{m/m}	
Surface de chauffe.....	{	de la boîte à feu.	10,4 ^{m²}	
		des tubes (extérieure).....	112,» ^{m²}	
		totale	122,4 ^{m²}	
Rapport de la surface de chauffe des tubes à la surface de la boîte à feu.....			10,8	
Rapport de la surface de chauffe à la surface de la grille.....			64,4	
Pression-limite dans la chaudière (atmosphères effectifs).....			11	
Cylindres	{	Distance des axes des cylindres	2.050 ^{m/m}	
		Diamètre des cylindres à haute pression.....	330 ^{m/m}	
		id. à basse pression	500 ^{m/m}	
		Inclinaison sur l'horizon	1/20	
		Course des pistons.....	600 ^{m/m}	
Longueur de la bielle motrice (entre les centres des têtes)			1.650 ^{m/m}	
Rapport de la longueur de la bielle à la longueur de la manivelle.....			5,5	
Excentriques.....	{	Angle d'avance	30°	
		Excentricité.....	120 ^{m/m}	
Lumières des cylindres à haute pression..... (petits cylindres).	{	Longueur des lumières d'admission	240 ^{m/m}	
		Largeur des lumières d'admission.....	35 ^{m/m}	
		Longueur des lumières d'échappement.....	240 ^{m/m}	
		Largeur des lumières d'échappement.....	70 ^{m/m}	
Lumières des cylindres à basse pression..... (grands cylindres).	{	Longueur des lumières d'admission.....	350 ^{m/m}	
		Largeur des lumières d'admission.....	41 ^{m/m}	
		Longueur des lumières d'échappement.....	350 ^{m/m}	
		Largeur des lumières d'échappement.....	80 ^{m/m}	
Recouvrement des tiroirs	{	des cylindres à haute pression	extérieur.....	24,5 ^{m/m}
			intérieur.....	3,5 ^{m/m}
		des cylindres à basse pression	extérieur.....	20,» ^{m/m}
			intérieur.....	1,» ^{m/m}
Diamètre des roues motrices à la surface de roulement			2.000 ^{m/m}	
Diamètre des roues porteuses (roues du bogie).....			950 ^{m/m}	
Distance de l'essieu d'avant du bogie à l'essieu moteur d'arrière (empatement de la locomotive)			6.600 ^{m/m}	

Essieux moteurs	{	Diamètre de l'essieu au milieu.....	180 ^{m/m}
		Diamètre des fusées.....	190 ^{m/m}
		Longueur des fusées des essieux moteurs.....	220 ^{m/m}
Essieux du bogie.....	{	Diamètre des essieux au milieu.....	135 ^{m/m}
		Diamètre des fusées.....	140 ^{m/m}
		Longueur des fusées.....	240 ^{m/m}
Longueur totale de la locomotive.....			9.400 ^{m/m}
Poids de la locomotive à vide.....			39.100 ^{kg.}
Poids de la locomotive en charge.....			43.000 ^{kg.}
Répartition du poids de la locomotive entre les essieux.	{	sur l'essieu moteur d'arrière.....	13.000 ^{kg.}
		sur l'essieu moteur du milieu.....	13.000 ^{kg.}
		sur le bogie.....	17.000 ^{kg.}
Poids adhérent de la locomotive.....			26.000 ^{kg.}
Tender à six roues	{	Écartement des essieux extrêmes du tender.....	3.500 ^{m/m}
		Diamètre des roues à la surface de roulement...	1.150 ^{m/m}
Essieux du tender	{	Diamètre de l'essieu au milieu.....	156 ^{m/m}
		Diamètre de la fusée.....	130 ^{m/m}
		Longueur de la fusée.....	240 ^{m/m}
Longueur totale du tender.....			7.100 ^{m/m}
Contenance totale des caisses à eau.....			15 ^{mc.}
Contenance du tender en charbon.....			5.000 ^{kg.}
Poids du tender à vide			15.000 ^{kg.}
id. en charge.....			35.000 ^{kg.}
Poids total de la machine avec tender.....			88.000 ^{kg.}
Distance de l'essieu d'avant du bogie de la locomotive à l'essieu d'arrière du tender.....			13.000 ^{m/m}

RENSEIGNEMENTS ÉCONOMIQUES. — A l'inverse d'un grand nombre de machines Russes qui brûlent du bois, la machine 101 marche au charbon. Elle brûle des menus maigres du *Donetz*.

La consommation de cette machine est assez élevée. Nous ajoutons d'ailleurs qu'il est difficile de comparer ce chiffre aux consommations de machines françaises. Le poids mort des trains russes est beaucoup plus élevé que celui de la plupart des trains français. Notamment sur le Sud-Ouest, il atteint généralement 250 tonnes, machine non comprise.

La locomotive 101 a fait l'objet déjà d'un grand nombre d'essais. Ils ont été exécutés avec les soins minutieux que la Compagnie du Sud-Ouest Russe apporte d'ordinaire aux études de ce genre. Une commission spéciale a fait à ce sujet un Rapport qui est donné plus bas en Annexe.

Depuis la publication de ce Rapport d'autres essais ont été faits, et nous donnons ci-dessous le détail des trois expériences qui nous ont été communiquées :

DATES	CHARGE en TONNES	PARCOURS	CONSUM- MATION d'eau totale (en kg.)	CONSUM- MATION totale de charbon (en kg.)	CONSUM- MATION d'eau par kilog. de charbon	PERTE de vapeur par les sou- papes (en kil.)	DÉPENSE de vapeur pour le frein Westingh (en kg.)	DÉPENSE réelle d'eau pour le travail produit. (en kg.)	TRAVAIL TOTAL en kilogrammètres.	DÉPENSE d'eau par cheval- heure indiqué.	DÉPENSE de charbon par cheval- heure indiqué.	ADMIS- SION moyenne	TRAVAIL moyen en chevaux
28 novbre 1891	224	Kiew à Kasatin	11.335	1.408	8,05	616	0	10.719	339.824.168	8,51	1,66	41.15	377
30 »	240	Id.	10.336	1.145	9,04	615	0	9.739	302.266.788	8,70	0,96	41.52	346
30 »	240	Id.	12.806	1.476	8,68	0	334	12.472	343.214.384	9,81	1,13	54.32	486

Il a été dit plus haut que l'un de nous avait accompagné la machine 101 remorquant un train de 176 tonnes sur cette même ligne de Kiew à Kasatin (160 kilomètres).

Le profil de la voie est généralement assez peu accidenté, sauf au départ de Kiew où elle est en rampe de 8^m/m sur une longueur de plusieurs kilomètres.

Le démarrage s'est effectué avec introduction de vapeur vierge dans le réservoir intermédiaire. Il s'est ainsi opéré convenablement. Au bout de 3 kilomètres environ, le train avait atteint sur la rampe une vitesse de régime de 50 kilomètres à l'heure à laquelle il s'est maintenu.

La machine marchait à une admission de 60 %, le régulateur demi-ouvert. La pression dans le réservoir intermédiaire oscillait entre 3 k. et 3 k. 5.

ANNEXE.

RAPPORT de la Commission chargée de l'essai de la locomotive à grande vitesse, système compound-tandem, des Chemins de fer du Sud-Ouest russe.

Conformément à l'ordre du Département des chemins de fer, en date du 28 mai, il s'est réuni à Kiew une Commission présidée par le Directeur des chemins de fer du Sud-Ouest, le Conseiller de Cour, Ingénieur de Borodine, et composée du Conseiller de Cour, Ingénieur Koribout-Dackkevitch, délégué du Département des chemins de fer, et du Conseiller de Cour, Ingénieur Tichmeneff, adjoint de l'Inspecteur des chemins de fer Sud-Ouest, afin d'effectuer des essais avec la locomotive à grande vitesse, système compound-tandem, récemment livrée aux chemins de fer Sud-Ouest.

.....

II. — Il a été constaté par les documents présentés à la Commission par la Direction des Chemins de fer Sud-Ouest que la locomotive n° 101, livrée au chemin de fer au mois de septembre de l'année

dernière, a conduit une série de trains ordinaires et de trains d'essai et que pendant ce service la machine a fait preuve d'une parfaite régularité et d'une construction satisfaisante. Ensuite, conformément à l'ordre du Département des chemins de fer, la locomotive n° 101 est entrée en service régulier, conduisant les trains de voyageurs aux vitesses prescrites par les horaires ; pendant ce service il a été constaté que cette locomotive conduisait des trains d'un poids dépassant les maximum de charge fixés pour les locomotives ordinaires. De cette façon, la locomotive n° 101 remplaçait souvent la double traction.

Les mêmes qualités se sont montrées à partir du 6 mai, quand la locomotive a fait le service des trains express sur la section Kiew-Kasatine avec des trains de 11 unités de voitures (1), prenant plusieurs fois des trains de 13, 14 et même de 15 unités de voitures. Tous ces trains, comme le prouvent les marche-routes présentés à la Commission, conduits par la locomotive n° 101, arrivaient sans le moindre retard sur les horaires ; pour faire ce parcours avec les locomotives ordinaires en service, même pour des trains de 11 unités de voitures, on aurait été obligé d'avoir recours à la double traction, puisque le maximum de charge pour les locomotives les plus fortes des chemins de fer Sud-Ouest est de 8 unités de voitures.

III. — En présence de la Commission, il a été exécuté deux voyages d'essai sur la section Kiew-Kasatine, qui présente des rampes de 0^m,008, particulièrement dans la direction de Kiew à Kasatine. Le temps était favorable et calme. Pendant le premier de ces voyages d'essai, on a pris, à l'aide d'indicateurs, des diagrammes du travail de la vapeur dans les cylindres, et à chaque minute il était noté : la pression de la vapeur dans la chaudière, les indications du compteur de tours des roues motrices ; en outre, la dépense d'eau et de combustible a été rigoureusement mesurée. Pour apprécier la vitesse, on avait dans chacun de ces trains d'essai, outre l'indicateur de vitesse sur la locomotive, un appareil Graftio dans le fourgon à bagages.

Le premier voyage s'est effectué avec un train de 15 unités de voitures (15 voitures à trois essieux avec un poids total de 14.700 pouds) (240t), de Kiew à Kasatine, avec les vitesses indiquées dans le tableau suivant :

GARES	DISTANCE entre les GARES (1)	TEMPS			DURÉE du VOYAGE en minutes	VITESSE moyenne entre stations	TRAIN-COURRIER N° 1	
		Arrivée	Stationnement	Départ			Durée du voyage	Vitesse moyenne (1)
Kiew.....	»	»	»	5,14	»	»	»	»
Jouliani.....	12	5,36	»	5,36	22	33	22	33
Boyarka.....	9	5,47	»	5,47	11	49	12	55
Wassilkoff.....	13	6,02	»	6,02	15	52	16	48
Motovilovka.....	9	6,12,5	»	6,12,5	10,5	51	12	45
Fastoff.....	16	6,33	12	6,45	20,5	47	23	41
Kojanka.....	17	7,08	»	7,08	23	44	21	48
Popelnia.....	19	7,29	4	7,33	21	54	23	50
Brovki.....	18	7,55	2	7,57	22	49	26	41
Tchernoroudka.....	15	8,16,5	»	8,16,5	19,5	46	18	50
Kasatine.....	20	8,43,5	»	»	27	44	28	43
	148	»	»	»	191,5	46,4	201	44,2

(1) REMARQUE. — Les distances et les vitesses sont exprimées en verstes de 1.067.

(1) L'unité de voiture représente un poids moyen de 15 à 17 tonnes.

Parti de Kiew avec une pression dans la chaudière de 11 *atm*, et le foyer chargé au moment du départ, le train, après la traversée des voies de la gare d'une longueur d'une verste, s'avancait avec une vitesse de 30 verstes à l'heure (32 *km*) vers la rampe de plus de 0,008 *m* qui commence à 150 sagesnes de la sortie de la gare et qui a une longueur de 3 verstes à peu près. Après un trajet de 2 verstes, la pression de la vapeur dans la chaudière était tombée à 9 *atm* et la vitesse avait diminué jusqu'à 21 verstes à l'heure. Ensuite la pression et la vitesse ont commencé à augmenter; la première, au bout de la rampe, avait atteint 10,5 *atm* et la seconde 32 verstes (34 *km*) à l'heure. Pendant tout le parcours, la locomotive démarrait sans choc et atteignait, sur les profils faciles, la vitesse de 70 verstes (74,7 *km*) par heure. La locomotive marchait avec douceur et franchissait les courbes sans le moindre choc.

Les relevés faits en route montrent que la pression de la vapeur à la chaudière a varié entre 9 et 11 *atm*, atteignant le plus souvent ce maximum. La locomotive tenait la vapeur et l'eau d'une manière tout à fait satisfaisante. Les constatations faites dans cet essai indiquent que la locomotive n° 101 a consommé en tout 1.476 *kg* de charbon du Don de la mine de Bogodouhoff, vaporisant avec cette quantité de combustible 12.806 *kg* d'eau, ce qui fait qu'en moyenne 1 *kg* de charbon a vaporisé 8,68 *kg* d'eau (1).

L'examen des diagrammes pris en cours de route prouve la régularité du travail de la machine et le calcul du travail à la vitesse de 60 verstes à l'heure (63,3 *km*) fait d'après le diagramme n° 160, démontre que ce travail représente dans ce cas 588 *chx* indiqués.

Le second voyage a été effectué avec 11 unités (11 voitures à trois essieux avec un poids total de 11.400 pouds, (soit 187 *t*) de Kasatine à Kiew, avec les vitesses ci-après indiquées, qui dépassent considérablement celles qui sont admises pour les trains courriers des chemins de fer Sud-Ouest.

Pendant ce deuxième voyage, la locomotive démarrait aussi facilement que pendant le premier voyage (2) et atteignait, sur les profils faciles, 85 verstes (90,7 *km*) à l'heure; tout comme auparavant, la locomotive marchait avec une parfaite douceur et franchissait les courbes sans le moindre choc. La locomotive tenait l'eau et la vapeur d'une manière aussi satisfaisante que pendant le premier essai.

GARES	DISTANCE entre les GARES	TEMPS			DURÉE du VOYAGE en minutes	VITESSE moyenne entre les gares	REMARQUE
		Arrivée	Stationnement	Départ			
Kasatine.....	»	»	»	12,35	»	»	Entre les gares de Tchernoroudka et Brovki, le train a dû stationner en pleine voie pendant quatre minutes, par suite de la rupture d'un boyau du frein Westinghouse de l'une des voitures.
Tchernoroudka.....	20	12,53	»	12,53	18	67	
Brovki.....	15	1,13	»	1,13	20	56	
Popelnia.....	18	1,30	»	1,30	17	64	
Kojanka.....	19	1,48	»	1,48	18	63	
Fastoff.....	17	2,03	14	2,17	15	68	
Motovilovka.....	16	2,32	»	2,32	15	64	
Wassilkoff.....	9	2,44	»	2,44	12	45	
Boyarka.....	13	2,56	13,5	3,09,5	12	65	
Jouliani.....	9	3,19	6	3,25	6,5	57	
Kiew.....	12	3,37,5	»	»	12,5	58	
	148	»	»	»	145	61,2	

(1) La dépense brute par kilomètre ressort donc, pour 158 *km* environ, à 9,34 *kg* de combustible par kilomètre.

(2) Au départ à Kasatine, la locomotive a dû légèrement refouler le train; après quoi elle démarra parfaitement.

Les résultats acquis dans ce second voyage d'essai montrent que la locomotive n° 101 a dépensé en tout 1.148 *kg* de charbon du Don de la mine Bogodouhoff, vaporisant avec cette quantité de combustible 10.627 *kg* d'eau; en moyenne, 1 *kg* de charbon a évaporé 9,26 *kg* d'eau (1).

Se basant sur les résultats des essais ci-dessus, ainsi que sur les documents présentés par la Direction des chemins de fer Sud-Ouest qui montrent que la locomotive n° 101, depuis son entrée en service a parcouru (jusqu'au 1^{er} juin) 28.514 verstes (30.425 *km*) la Commission décide que la locomotive n° 101 peut être considérée comme ayant atteint de fait le but proposé, tant par son type que par sa construction.

Kiew, le 13 juin 1892.

Ce rapport a été signé :

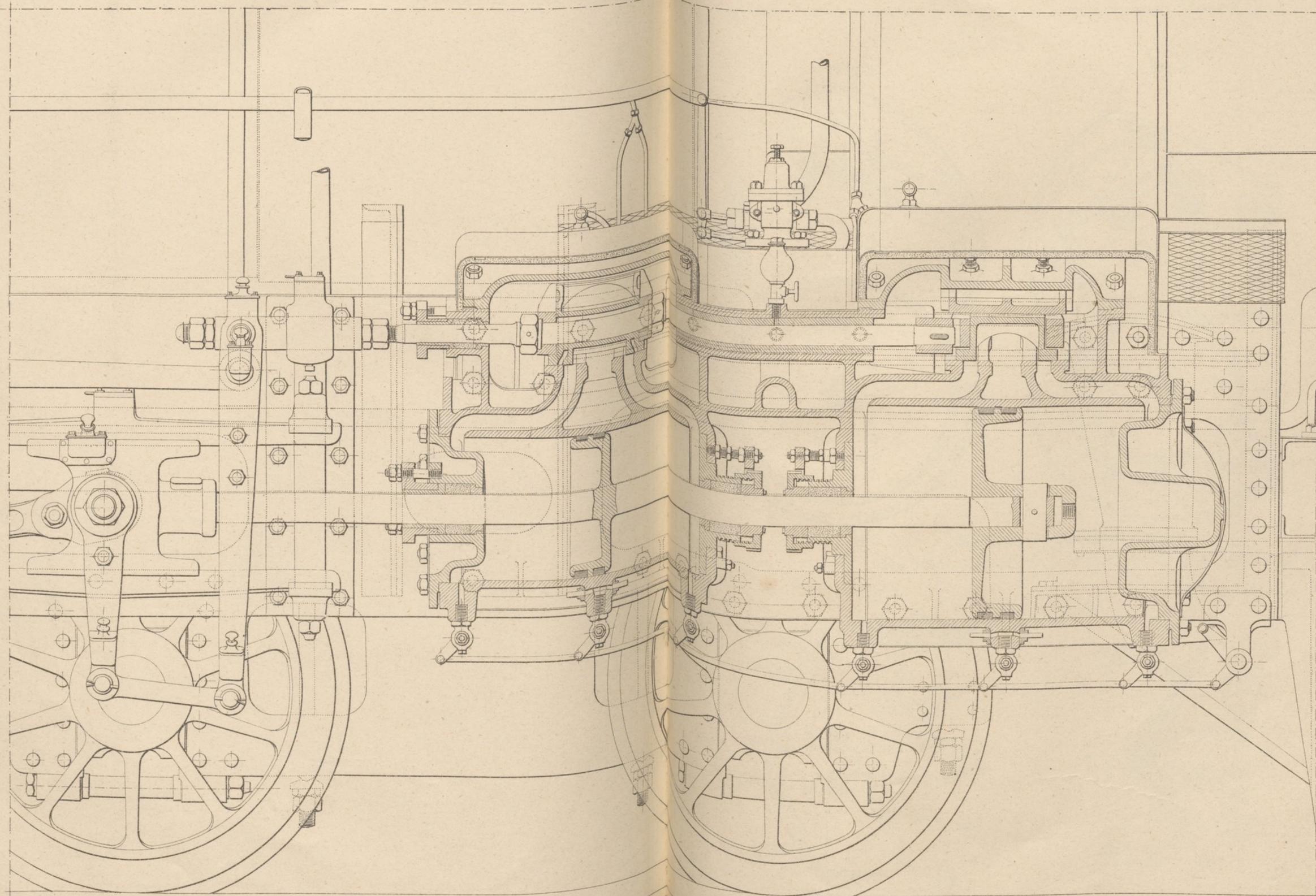
Directeur des Chemins de fer Sud-Ouest : A. DE BORODINE.

Ingénieur : A. KORIBOUT-DACKKÉVITCH.

Ingénieur : TICHMENEFF.

(1) La consommation brute de combustible ressort pour ce second essai à 7,26 *kg* par kilomètre.

Fig.1. Coupe longitudinale des cylindres à haute et basse pression.
Echelle 1/20



Machine de l'Etat Hongrois

Fig.1 et 2. Coupes transversales des cylindres à haute et basse pression

Echelle de $\frac{1}{10}$

Fig.1.

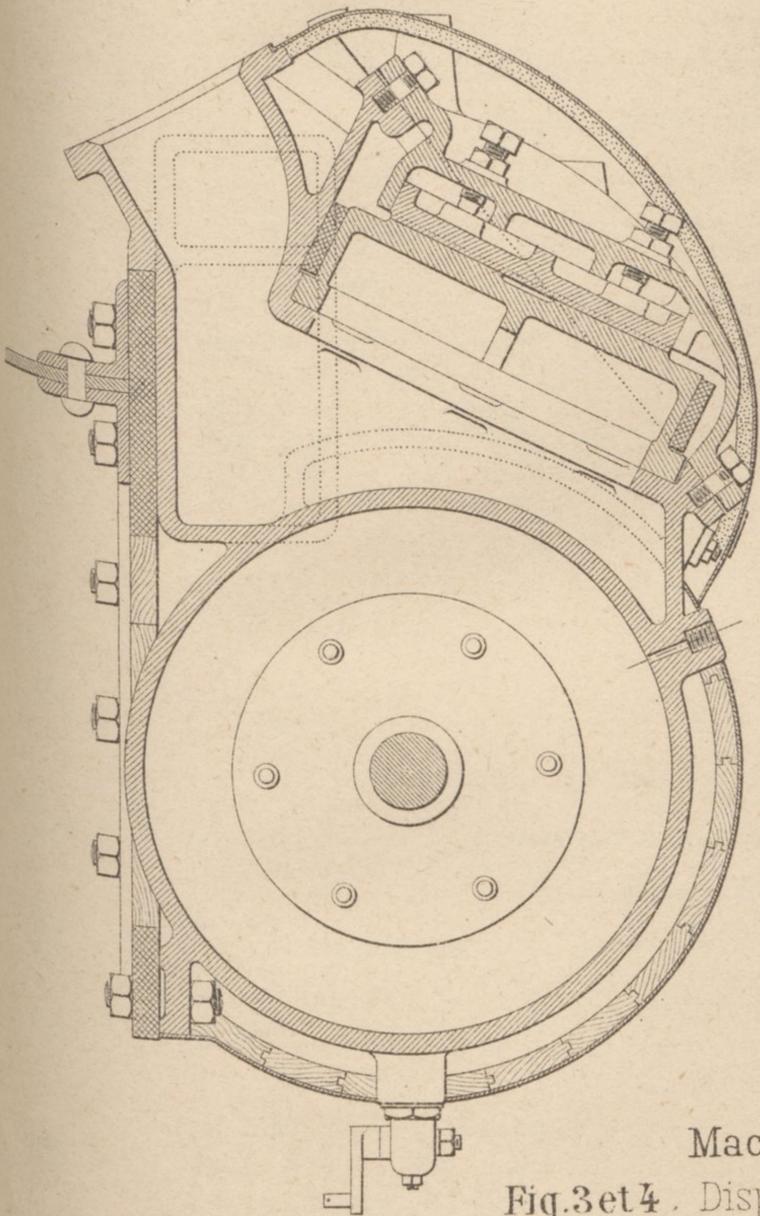
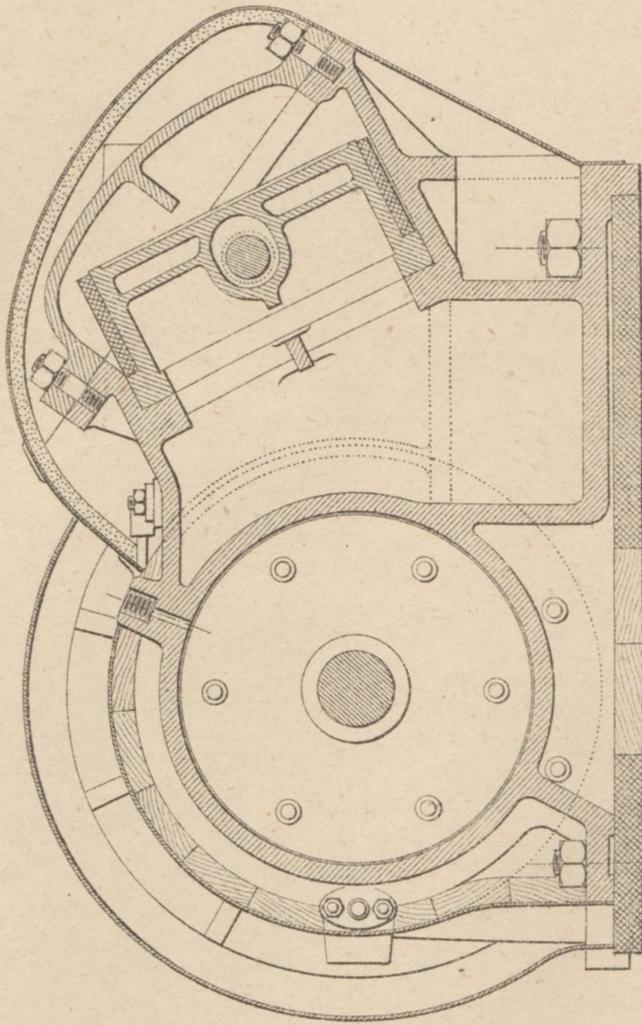


Fig.2.



Machine du Sud-Ouest Russe

Fig.3 et 4. Disposition pour la visite du grand piston

Fig.3.

Echelle de $\frac{1}{10}$

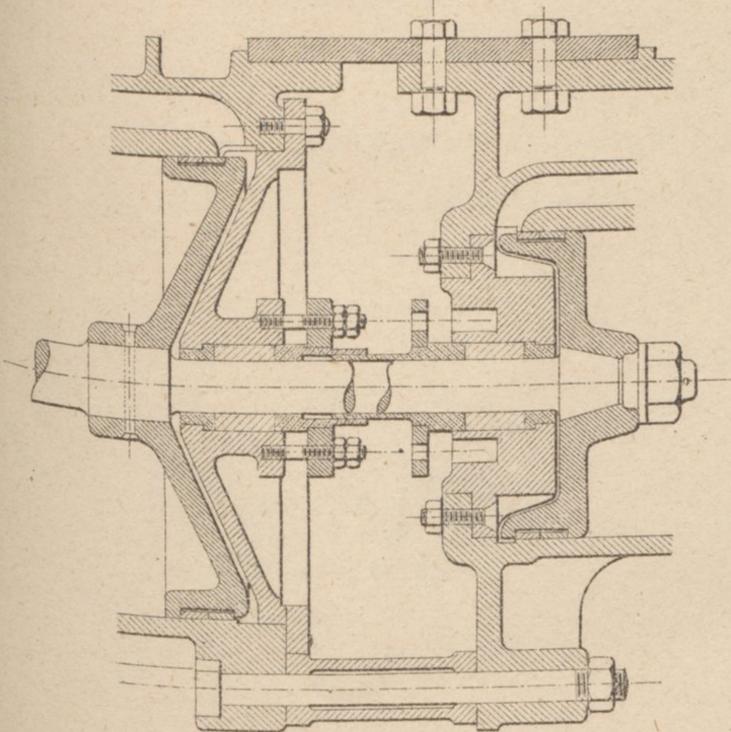


Fig.4.

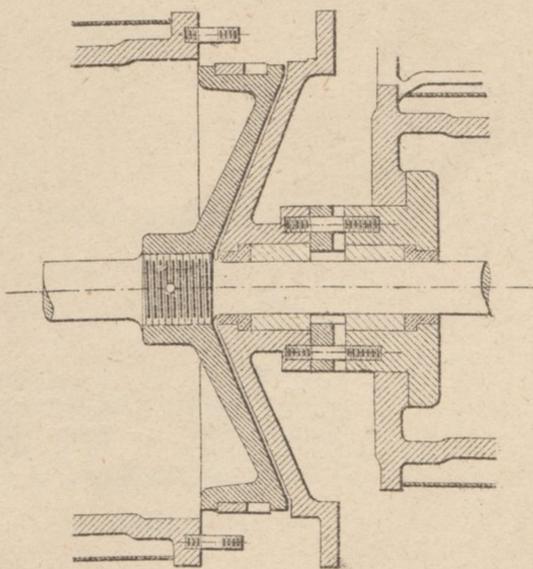


Fig. 1 à 3. Dimensions données aux tiroirs.

Fig. 1.

Distribution des machines primitives M^{nes} 401-404.

Cylindre à haute pression, diamètre-370.

— d° — basse — d° —, — d° — 550.



Fig. 2.

Distribution en essai, sur les machines 405-410.

Cylindre à haute pression, diamètre-340.

— d° — basse — d° —, — d° — 480.



Fig. 3.

Distribution en essai, sur les machines 411-413.

Cylindre à haute pression, diamètre-320.

— d° — basse — d° —, — d° — 500.



Fig. 1. Coupe longitudinale

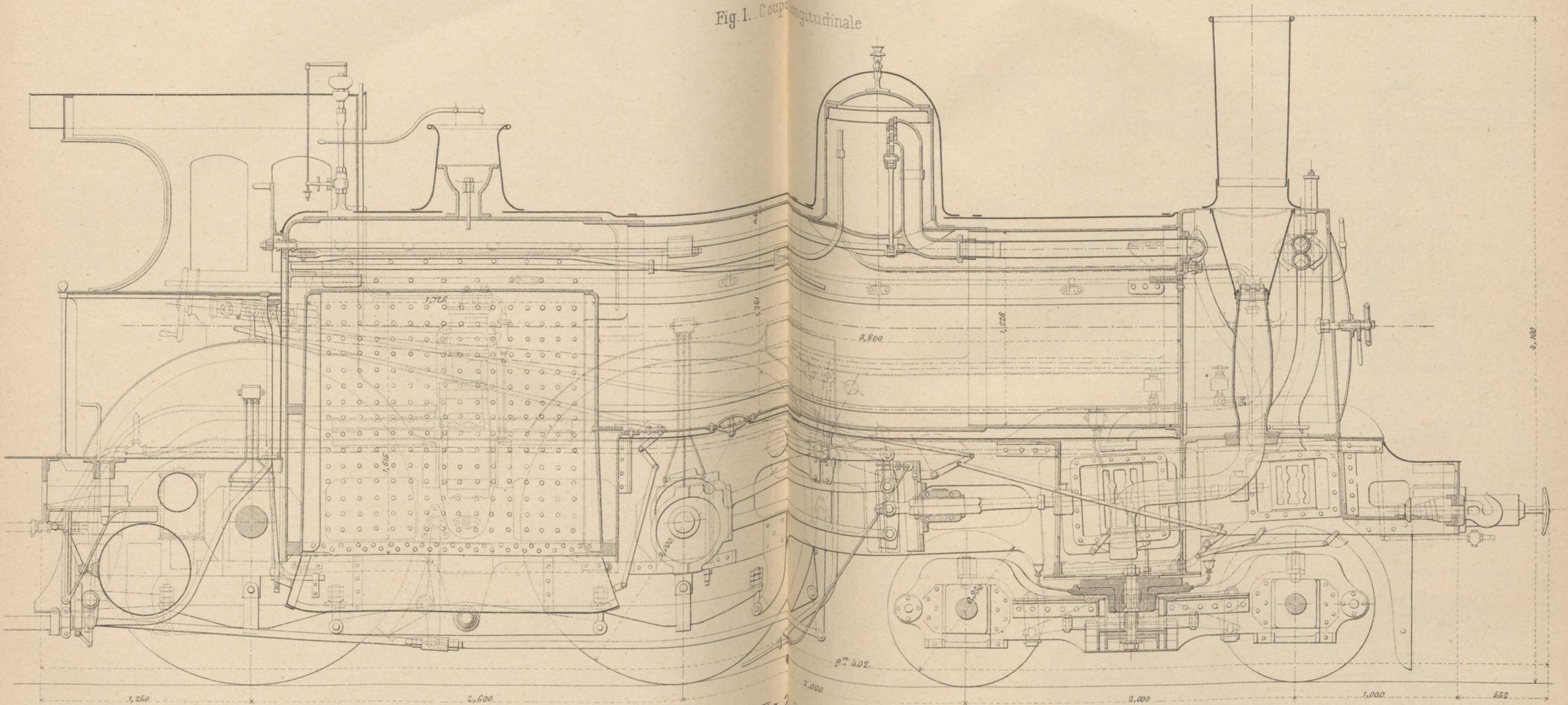
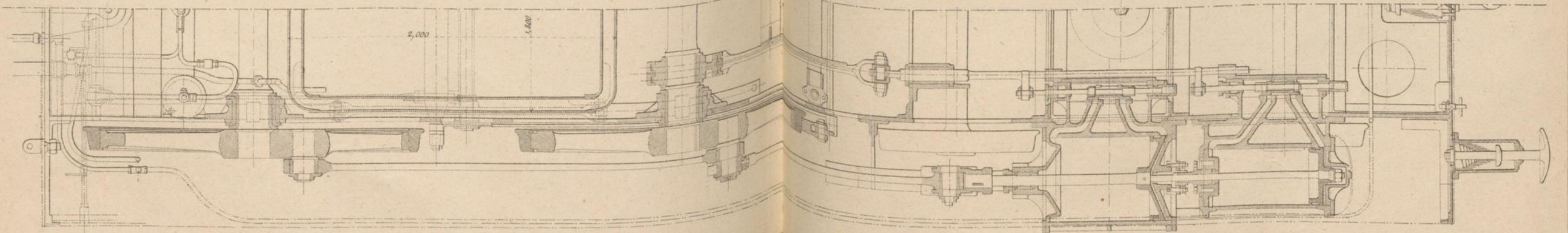
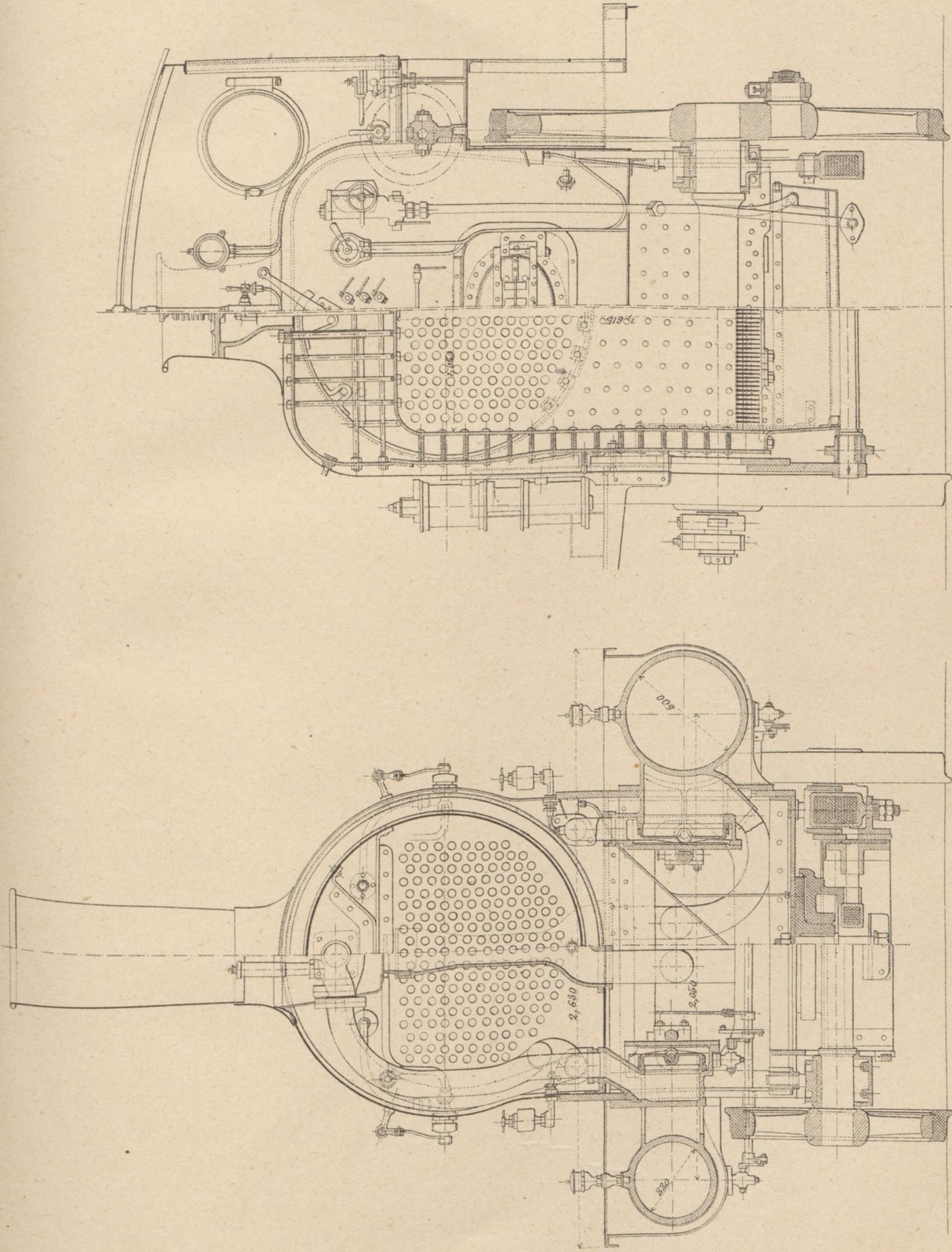


Fig. 2. Plan





(4071)

T. XV, 1^{er} Sem: N° de Février 1893.

V^{re} CH. DUNOD. — Editeur, 49, quai des Augustins, Paris

AVTO-IMP. L. COVETIER, PARIS.