
LA TRACTION ÉLECTRIQUE

SUR LA LIGNE DU FAYET A CHAMONIX

Par M. AUVERT,

INGÉNIEUR PRINCIPAL A LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE.

(Pl. XVI et XVII).

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée a mis en service à la fin de juillet 1901 un chemin de fer électrique à voie de 1 mètre de 19 kilomètres de longueur entre le Fayet-St-Gervais et Chamonix, sur lequel ont été appliqués avec succès un certain nombre de dispositifs nouveaux, tant pour la production de l'énergie électrique dans les usines que pour la régulation des moteurs qui actionnent les véhicules.

PROFIL DE LA LIGNE

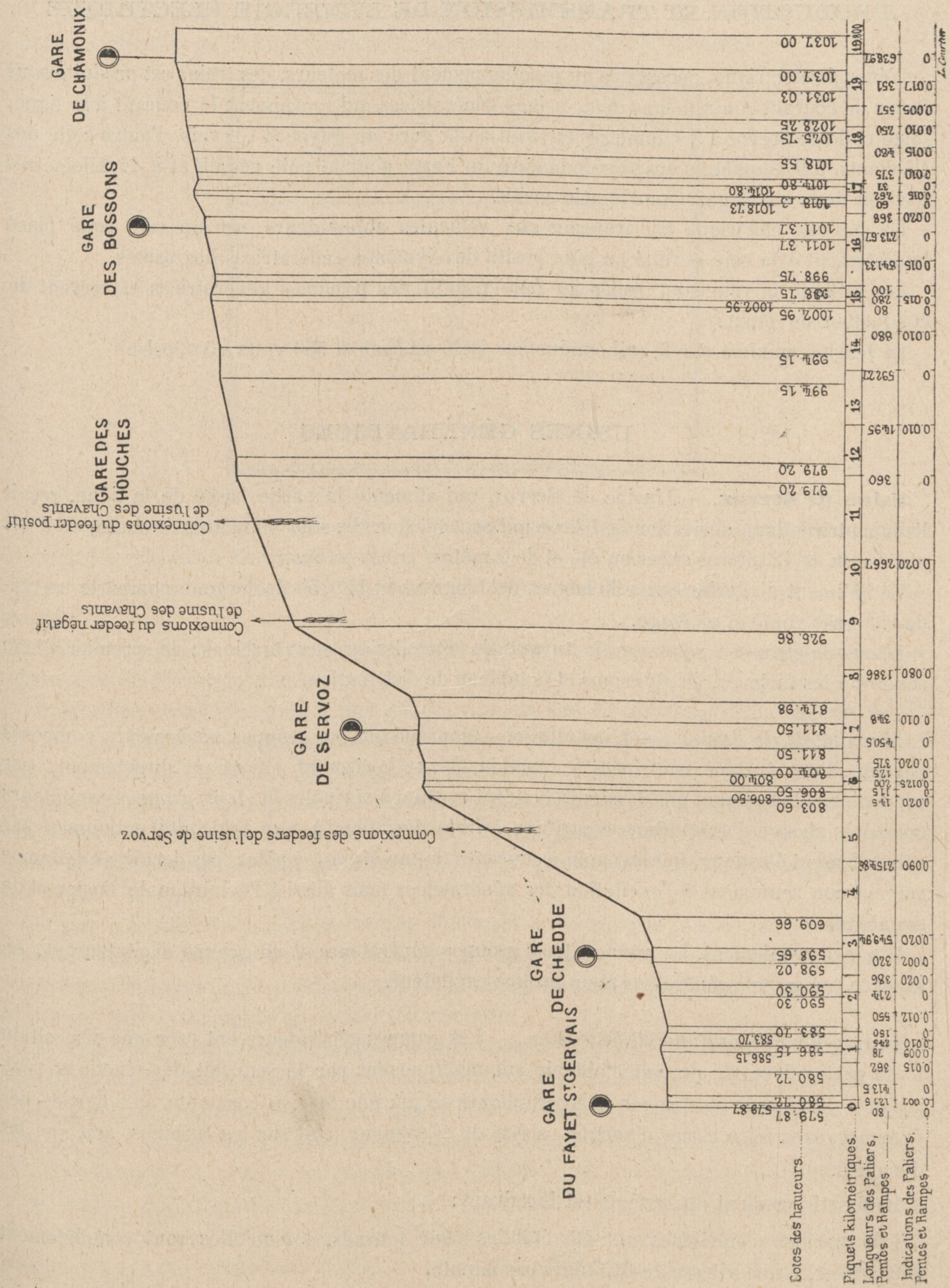
Une note parue dans la *Revue Générale* (Novembre 1901) donne des renseignements complets sur les ouvrages d'art, le profil et le tracé de la ligne du Fayet à Chamonix ainsi que sur les dispositions spéciales de la voie; nous n'y reviendrons pas et nous nous bornerons à rappeler que la nouvelle ligne comporte deux fortes rampes, l'une de 90 m/m sur 2.155 mètres de longueur, l'autre de 80 m/m sur 1.386 mètres de longueur ainsi qu'un grand nombre de rampes de 20 m/m (Fig. 1).

MODE D'EXPLOITATION

L'exploitation se fait au moyen de véhicules automoteurs circulant en trains et dont tous les régulateurs sont commandés à distance et simultanément par un seul agent placé dans une cabine disposée à l'avant du fourgon à bagages en tête du train. Le nombre maximum de véhicules automoteurs composant un train est de six, ce nombre n'étant d'ailleurs limité que par la puissance des usines et la section des conducteurs qui servent à distribuer l'énergie électrique le long de la ligne.

Leur vitesse de marche est, dans le sens de la montée, de 13 kilomètres environ dans les rampes de 90 m/m et de 80 m/m et de 25 kilomètres environ dans les rampes de 20 m/m . Elle atteint 40 kilomètres en palier.

Fig. 1. — PROFIL EN LONG DE LA LIGNE DU FAYET A CHAMONIX.



PRODUCTION ET TRANSMISSION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

L'énergie électrique, nécessaire au fonctionnement des moteurs, des trains est produite sous forme de courant continu dans *deux* usines génératrices qui fournissent le courant à la ligne, l'une celle de Servoz à 5 kilomètres environ de la gare du Fayet-St-Gervais, l'autre celle des Chavants, à 9 kilomètres environ de la gare du Fayet pour le pôle négatif et à 11 kilomètres environ de la même gare pour le pôle positif.

Le courant électrique est transmis aux véhicules automoteurs par un rail isolé placé latéralement à la voie et relié au pôle positif des dynamos génératrices des usines.

Les rails de la voie sont reliés au pôle négatif des dynamos génératrices et servent de conducteur de retour.

La tension maxima sur le rail conducteur isolé est égale à 550 volts à 5% près.

USINES GÉNÉRATRICES

Usine de Servoz. — L'usine de Servoz, qui alimente la partie basse de la ligne, reçoit l'eau motrice d'une dérivation de l'Arve qui peut lui fournir, sous 40 mètres de chute, un débit maximum de 12 mètres cubes en été et de 6 mètres cubes en hiver.

Le bâtiment de l'usine qui a 30 mètres de longueur et 11^m, 50 de largeur comporte un rez-de-chaussée voûté et un étage.

Le rez-de-chaussée renferme la tuyauterie d'admission aux turbines; le premier étage renferme les turbines, les dynamos et le tableau de distribution.

Machinerie de l'usine. — L'installation comprend *quatre* groupes générateurs composés chacun d'une turbine centripète à réaction, à axe horizontal actionnant directement, par accouplement élastique, une dynamo à courant continu à *six* pôles et *deux* groupes excitateurs composés chacun d'une turbine centrifuge à libre déviation, à axe horizontal actionnant par accouplement élastique, une dynamo à courant continu à *quatre* pôles, ces dernières dynamos servent non seulement à l'excitation des génératrices mais aussi à l'éclairage de l'usine et de ses abords.

Il y a normalement, *en service*, trois groupes générateurs et un groupe exciteur et, *en réserve*, un groupe générateur et un groupe exciteur.

Régulation automatique de la tension. — Les groupes générateurs ont reçu une disposition toute particulière qui permet d'obtenir automatiquement par le seul fait des réactions réciproques des forces électriques et hydrauliques en jeu une tension constante aux bornes des dynamos, sans faire usage d'aucune espèce de régulateur, soit sur les turbines, soit sur les dynamos.

Le fonctionnement du système est le suivant :

Les turbines centripètes ont été établies pour tourner, lorsqu'elles sont complètement déchargées, à une vitesse de 615 tours par minute.

Comme elles ne possèdent pas de régulateur, leur vitesse décroît lorsqu'on les charge et d'autant plus qu'on les charge davantage.

Le tableau ci-après indique les nombres de tours par minute et les puissances correspondantes en chevaux de 75 kilogrammètres, mesurées sur l'arbre d'une turbine.

PUISSANCE EN CHEVAUX MESURÉE SUR L'ARBRE D'UNE TURBINE CENTRIPÈTE	NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE D'UNE TURBINE CENTRIPÈTE
0	615
62	595
107	575
162	550
214	522
260	500
308	470
342	448

Les dynamos génératrices actionnées par les turbines centripètes ont des inducteurs munis de deux enroulements d'excitation.

L'un de ces enroulements est parcouru par un courant constant fourni par la dynamo excitatrice.

L'autre enroulement est parcouru par le courant total ou plus exactement par *une fraction déterminée* de ce courant total.

Lorsque le courant demandé à une génératrice est nul, la puissance utile fournie par la turbine centripète correspondante est nulle également de sorte que la vitesse de rotation atteint sa valeur maxima 615 tours (Voir le tableau précédent).

L'excitation des inducteurs est à ce moment exclusivement produite par le courant constant qui traverse le premier enroulement et provient de la dynamo excitatrice; elle est réglée de telle sorte que pour cette vitesse de 615 tours, la tension aux bornes de la dynamo génératrice soit égale à 550 volts.

Lorsque, par suite de la mise en marche d'un train sur la ligne ou pour toute autre cause, on demande aux génératrices un courant plus ou moins intense, les turbines qui les entraînent reçoivent une charge correspondante plus ou moins considérable et subissent un ralentissement en rapport avec la puissance qu'on leur fait produire.

Les dynamos génératrices tournent donc plus lentement, mais leur excitation est renforcée par le courant qu'elles débitent, et cela d'autant plus que le ralentissement est plus grand.

Les choses sont réglées de telle sorte que le renforcement de l'excitation compense presque exactement la diminution de vitesse, de telle sorte que la tension aux bornes des génératrices reste constante à 5 % près, ce qui est plus que suffisant pour des dynamos de traction.

Les feeders qui relient l'usine de Servoz à la ligne sont très courts et n'occasionnent qu'une chute de voltage très faible, de sorte qu'à leur point de jonction avec la ligne, la différence de tension entre le rail conducteur isolé et les rails de la voie est pratiquement constante quel que soit le débit.

Le tableau ci-après montre quelles sont en réalité les variations de tension constatées aux bornes des génératrices en faisant varier le débit de chacune d'elles de 0 à 440 ampères.

VOLTAGE AUX BORNES DES DYNAMOS GÉNÉRATRICES	DÉBIT EN AMPÈRES D'UNE DYNAMO GÉNÉRATRICE	PUISSANCE UTILE EN KW. D'UNE DYNAMO GÉNÉRATRICE
550	0	0
577	72	41 kw 544
578	124	71 672
578	188	108 664
568	252	143 136
558	312	174 960
542	380	205 960
522	440	229 680

Les dynamos génératrices sont établies de façon à pouvoir débiter chacune 370 ampères en régime normal et 450 ampères pendant une demi-heure en régime forcé, sans que la température des induits et des inducteurs dépasse de plus de 45° la température ambiante.

Enfin le débit de chaque dynamo peut sans inconvénient atteindre 600 ampères pendant un court instant.

C'est pour ce maximum de 600 ampères par dynamo que sont réglés les disjoncteurs du tableau de distribution.

Groupes excitateurs. — Les groupes excitateurs ne présentent aucune disposition spéciale, différente de celles qu'on rencontre ordinairement dans les installations analogues.

La dynamo de chaque groupe a une puissance normale de 40 kilowatts et peut fournir à la tension de 120 volts un courant de 330 ampères en régime continu.

Sa vitesse de rotation est constante et égale à 520 tours par minute.

La turbine à libre déviation qui la conduit est munie d'un régulateur à force centrifuge agissant sur l'admission de l'eau.

Ce régulateur n'entre en action que lorsqu'on fait varier le travail fourni par la turbine en changeant le nombre des groupes générateurs en service, on bien en allumant ou éteignant les lampes à arc et à incandescence qui servent à l'éclairage de l'usine.

Usine des Chavants. — L'usine des Chavants est alimentée, comme l'usine de Servoz, par une dérivation de l'Arve qui peut lui fournir sous 94 mètres de chute un débit maximum de 11 m,500 en été et de 5 à 6 mètres cubes en hiver.

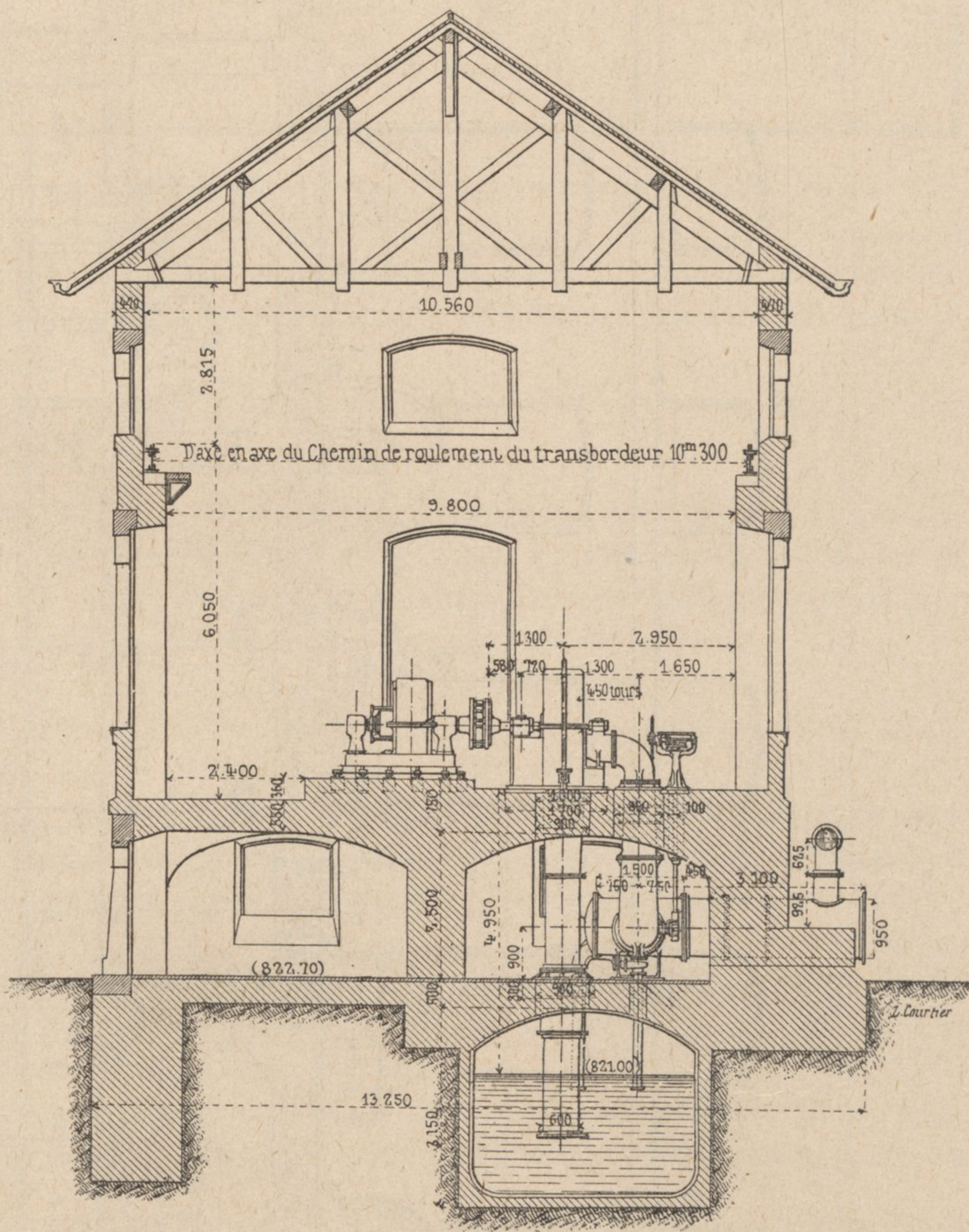
Le bâtiment de l'usine qui présente la même disposition générale et les mêmes dimensions qu'à Servoz est représenté en coupe longitudinale et en coupe transversale sur les Fig. 2 et 3.

Machinerie. — Le machinerie est un peu différente de celle de l'usine de Servoz. L'installation comprend quatre groupes générateurs composés chacun d'une turbine centrifuge à libre déviation à axe horizontal actionnant directement par accouplement élastique une dynamo à courant continu à six pôles et deux groupes excitateurs composés chacun d'une turbine centrifuge à libre déviation, à axe horizontal actionnant par accouplement élastique une dynamo à courant continu à quatre pôles.

A part quelques différences de détail, les groupes excitateurs sont semblables à ceux de l'usine de Servoz.

Régulation automatique de la tension. — On a appliqué aux groupes générateurs le même système de régulation automatique qu'à l'usine de Servoz avec cette différence qu'ici on a considérablement augmenté l'action de l'enroulement parcouru par le courant direct, de manière à faire croître la tension aux bornes des dynamos génératrices à mesure que le débit augmente et cela malgré le ralentissement considérable qui résulte précisément de cette augmentation de débit.

Fig. 3. — COUPE TRANSVERSALE DE L'USINE DES CHAVANTS.



C'est ainsi, que lorsque les groupes générateurs sont complètement déchargés, la vitesse de rotation des turbines est égale à 600 tours par minute et la tension aux bornes des dynamos est égale à 550 volts.

Lorsque le débit de chacune des dynamos génératrices atteint 290 ampères, la vitesse des turbines tombe à 450 tours et la tension à l'usine monte à 680 volts.

Cette augmentation de tension à l'usine, qui croît en même temps que la charge des dynamos est à peu près compensée par une perte de tension correspondante, proportionnelle à la charge,

laquelle a lieu dans les feeders de grande longueur qui relient l'usine à la ligne, de sorte que la différence de tension entre le rail conducteur isolé et les rails de la voie reste sensiblement constante à 5% près à proximité des points de jonction avec les feeders.

La puissance des turbines de l'usine des Chavants est la même que celle des turbines de l'usine de Servoz. La puissance des dynamos génératrices est aussi la même qu'à Servoz mais comme ces dynamos fonctionnent en charge à une tension plus élevée, leur débit maximum est moindre. Elles sont établies de façon à pouvoir débiter chacune 290 ampères en régime normal et 350 ampères pendant une demi-heure en régime forcé, sans que la température des induits et des inducteurs dépasse de plus de 45% la température ambiante.

Enfin le débit de chaque dynamo peut sans inconvénient atteindre 500 ampères, pendant un court instant.

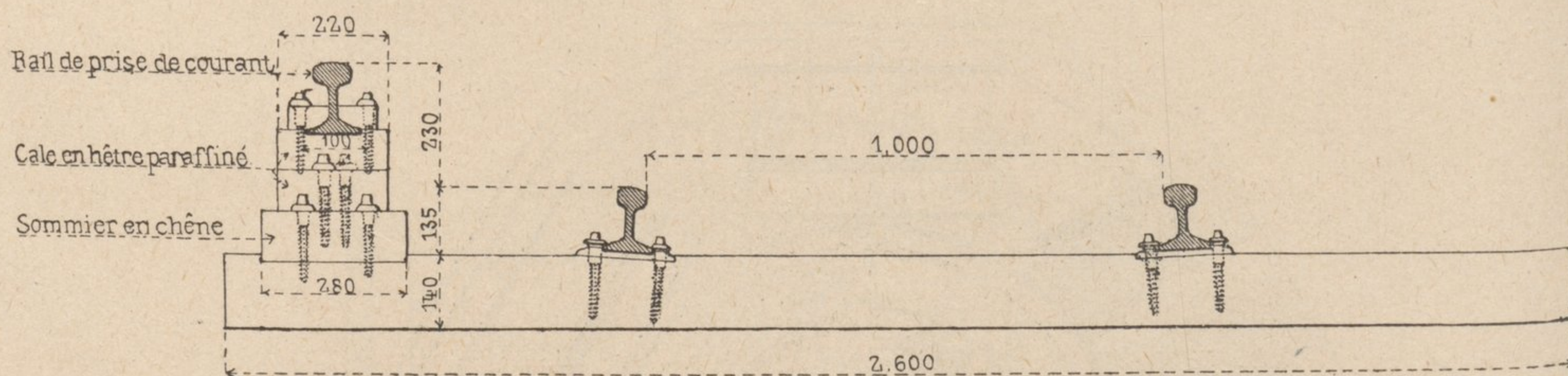
C'est pour ce maximum de 500 ampères par dynamo que sont réglés les disjoncteurs du tableau de distribution (voir Fig. 4 et 5 les coupes longitudinale et transversale d'une dynamo génératrice).

CONDUCTEUR DE PRISE DE COURANT.

Ainsi qu'il a déjà été dit, l'énergie électrique produite dans les deux usines de Servoz et des Chavants est transmise aux véhicules automoteurs par un conducteur isolé placé le long de la voie et par les rails de la voie qui servent à fermer le circuit.

La Fig. 6 montre les positions respectives du conducteur isolé et des rails de la voie.

Fig. 6. — COUPE TRANSVERSALE DE LA VOIE COURANTE.



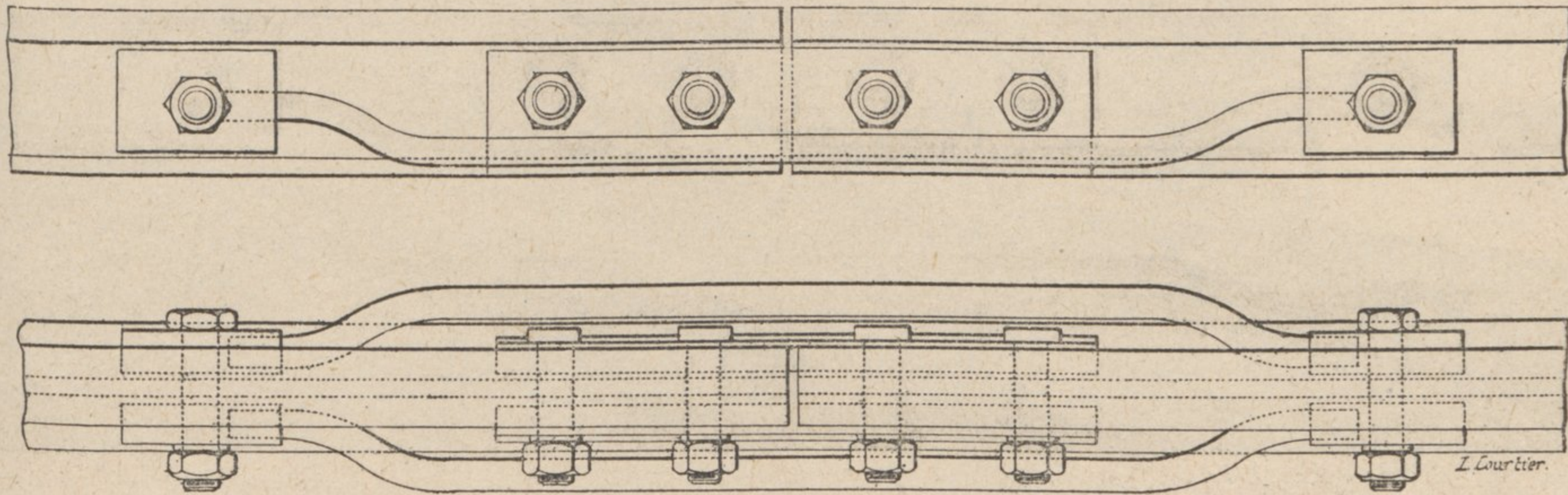
Le conducteur isolé qui sert pour la prise de courant est constitué par une file de rails PLM-A pesant 34 kil. 200 au mètre courant, placée latéralement à la voie sur des tasseaux en bois de hêtre paraffiné, fixés eux-mêmes sur des sommiers en bois de chêne reposant sur les extrémités des traverses.

Le dessus du rail de prise de courant est à 230 millimètres au-dessus du plan de la voie; l'axe de ce rail est à 1^m,083 de l'axe de la voie.

Les rails successifs sont réunis les uns aux autres par des éclisses fixées contre les rails au moyen de boulons et de rondelles Grower; de plus des câbles nus de 175^m/_m de section en bronze silicieux de haute conductibilité, au nombre de deux par joint relient entre elles des plaques de fonte boulonnées de chaque côté des rails et placées de part et d'autre des éclisses; les câbles sont soudés à l'étain aux plaques de fonte; en outre, dans le but d'assurer une parfaite conductibilité, les surfaces de contact entre ces plaques et les rails sont enduites d'une pâte spéciale à base de mercure et d'étain après avoir été décapées avec soin. Les rails de la voie

sont reliés entre eux par le même procédé, mais il n'y a qu'un connecteur par joint (Fig. 7 et 8).

Fig. 7 ET 8. — ÉLÉVATION ET PLAN DE LA DISPOSITION DES CONNECTEURS.



Au droit des passages à niveau, le conducteur de prise de courant présente une interruption pouvant atteindre 5 mètres pour permettre le passage des voitures; les deux extrémités en regard sont réunies par un conducteur nu en bronze silicieux de haute conductibilité enfoui dans une gaine en bois remplie d'asphalte et noyée dans le ballast. Au droit de tous les appareils de voie (changements, croisements, aiguilles, etc.), le conducteur de prise de courant est interrompu également et les extrémités correspondantes sont reliées par un câble comme ci-dessus.

Dans tous les cas (passages à niveaux, changements, croisements, etc.), la disposition du conducteur est telle qu'il soit toujours en contact soit avec les frotteurs de droite, soit avec les frotteurs de gauche des véhicules automoteurs.

MATÉRIEL ROULANT

Les véhicules automoteurs actuellement en service sont au nombre de *soixante-quatre* savoir :

- Huit fourgons de tête à bagages ;
- Huit voitures de 1^{re} classe ;
- Huit voitures de 2^{me} classe ;
- Seize voitures mixtes de 1^{re} classe et 2^{me} classe ;
- Huit wagons couverts pour marchandises ;
- Huit wagons tombereaux pour marchandises ;
- Huit wagons plats pour marchandises.

Chacun de ces véhicules se compose d'une caisse appropriée à l'usage qu'on lui destine, fixée à un châssis en fer reposant lui-même par l'intermédiaire de ressorts sur un truck moteur qui est le même pour les différents types de voitures et wagons.

Trucks moteurs. — Chaque truck moteur est monté sur deux essieux avec roues de 930 millimètres de diamètre, actionnés chacun par un moteur capable de fournir pendant *deux heures consécutives* sous la tension de 550 volts et à la vitesse de 275 tours par minute, une puissance effective de 65 chevaux de 75 kilogrammètres sans que la température d'aucune partie des induits ou des inducteurs dépasse de plus de 60° la température ambiante.

Fig. 9. — TRUCK MOTEUR (VUE PERSPECTIVE).

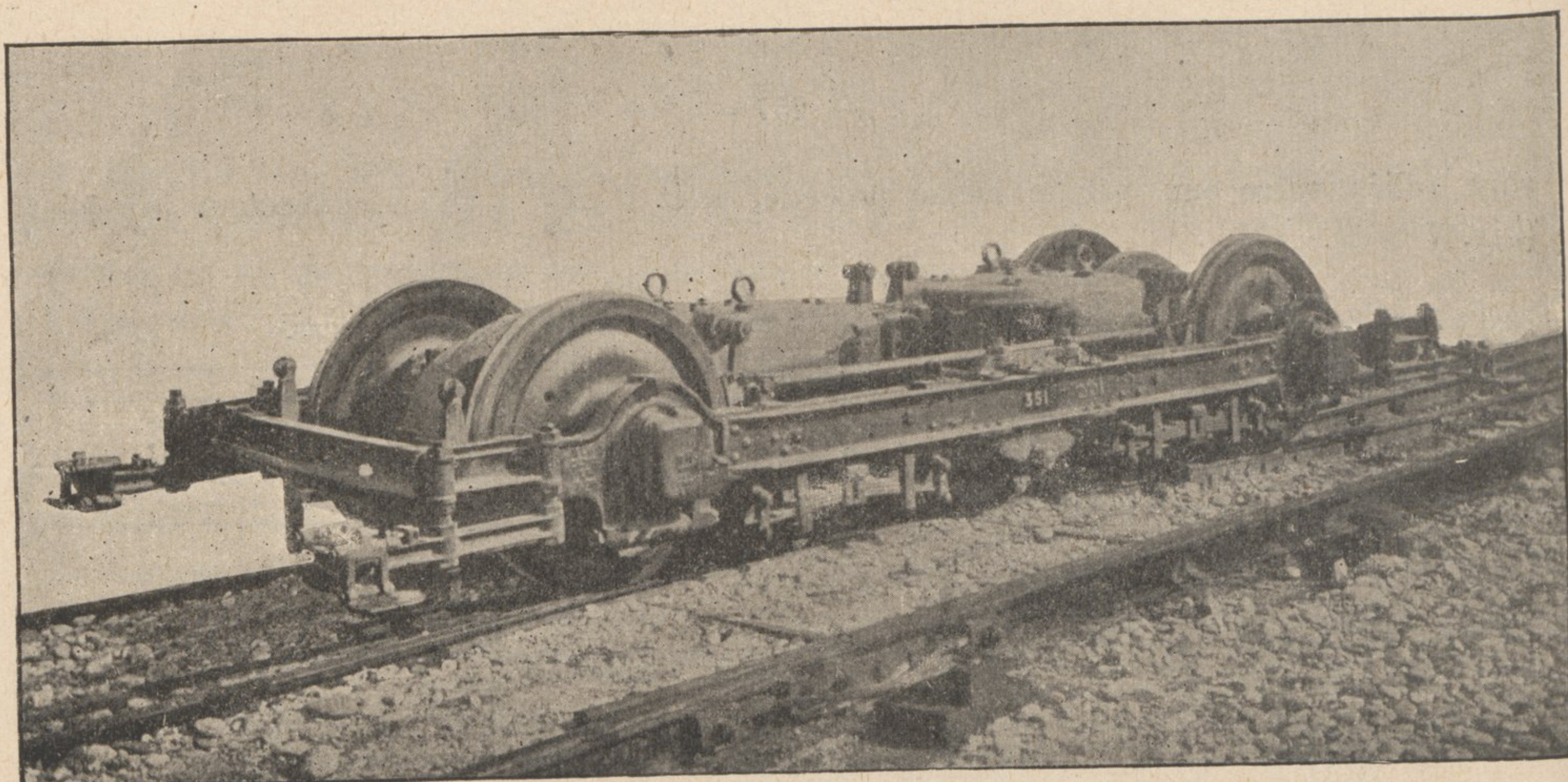
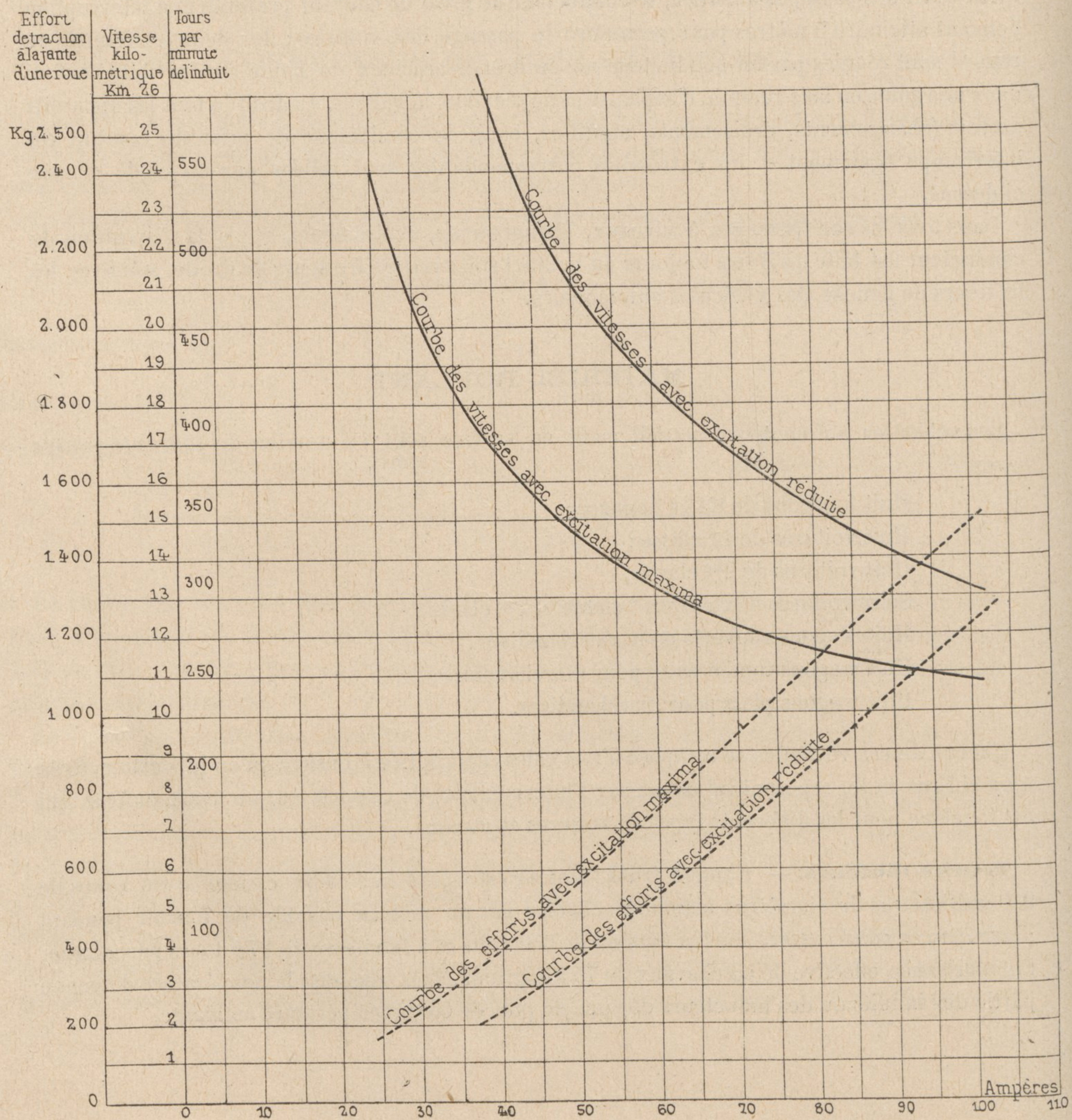


Fig. 10. — COURBES CARACTÉRISTIQUES D'UN MOTEUR.



diculairement aux essieux ; ceux-ci sont actionnés par un engrenage conique de multiplication $1/4$ avec interposition d'un accouplement élastique à ressorts.

Les moteurs sont du type à 4 pôles dont deux conséquents (Fig. 11 et 12).

Les deux bobines excitatrices sont montées en série avec l'induit ; celui-ci est à tambour denté et enroulement ondulé ce qui permet l'emploi de deux lignes de balais seulement.

Le nombre des lames du collecteur est égal à 113.

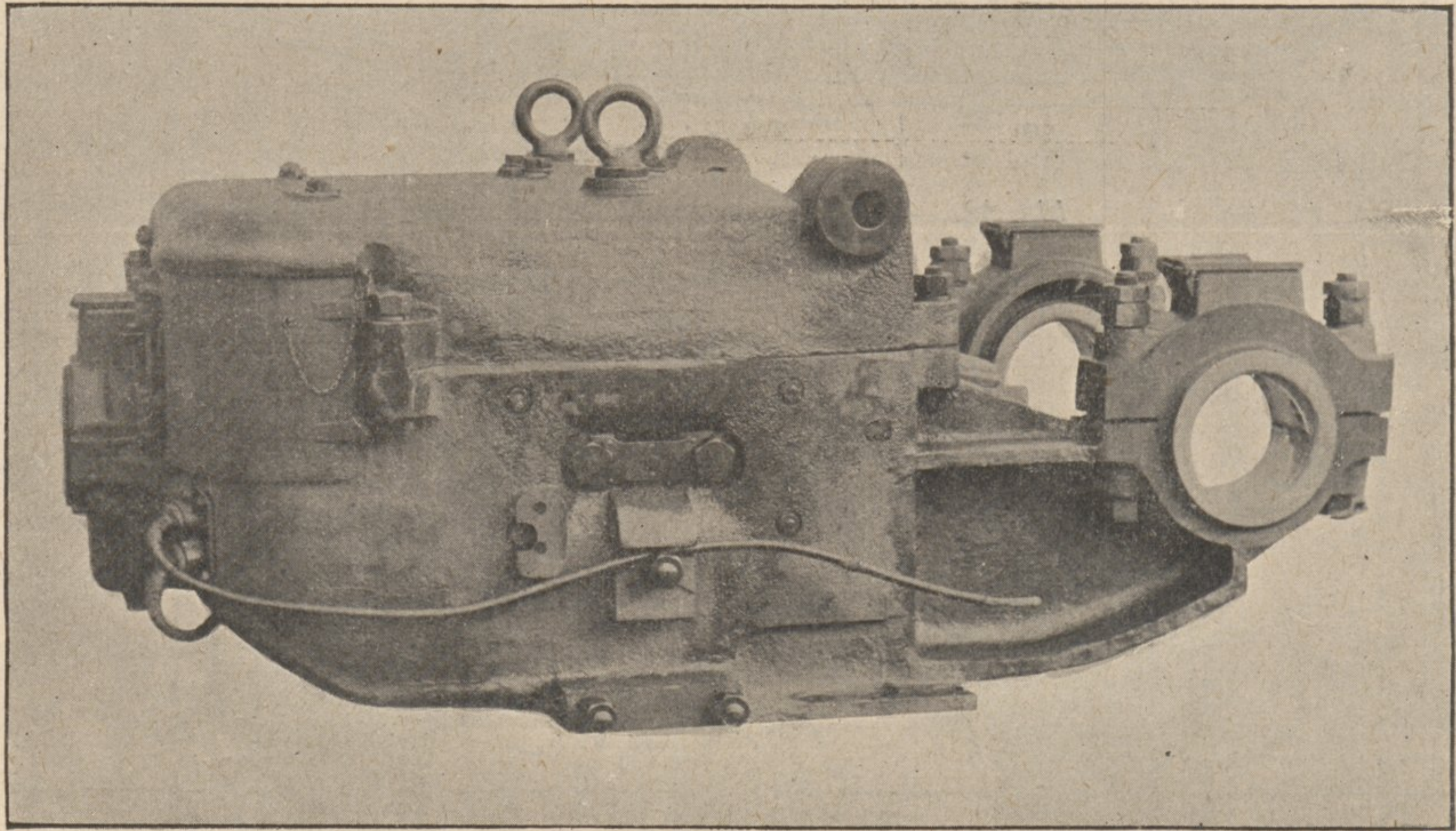
Les inducteurs sont en acier coulé et constituent une carcasse étanche, en deux parties boulonnées l'une sur l'autre suivant un joint horizontal et enveloppant complètement l'induit, les bobines excitatrices, le collecteur et les balais.

La visite de ces derniers peut être faite avec la plus grande facilité, au moyen de deux portes ménagées à cet effet dans la demi-carcasse supérieure.

La demi-carcasse inférieure qui reçoit les paliers de l'induit est munie de deux bras venus de fonte qui articulent autour de l'essieu sur lequel sont, à cet effet, ménagées des fusées intérieures.

Le pignon conique et la roue correspondante de chaque commande sont en acier et ont leurs dents très exactement taillées à la machine (Fig. 13).

Fig. 13. — VUE PERSPECTIVE D'UN MOTEUR.



Ils sont complètement enfermés dans une enveloppe hermétique contenant à la partie inférieure une pâte molle lubrifiante destinée à empêcher l'usure des dents.

Les deux moteurs d'un truck sont invariablement couplés électriquement en parallèle et peuvent être isolés l'un de l'autre, en cas d'avarie, au moyen d'interrupteurs à lames fusibles placés dans une boîte spéciale, dite boîte de jonction.

Les moteurs sont suspendus au truck par des ressorts à lame (Voir Planche XVI, Fig. 1 et 2).

Les poutrelles du truck reposent directement sur les boîtes à huile et supportent la caisse par l'intermédiaire de ressorts à lames dont les brides sont fixées sur les têtes des poutrelles, au-dessus des boîtes à huile.

Les frotteurs de prise de courant, au nombre de quatre sont placés à chacune des extrémités

des poutrelles du truck ; ils lui sont reliés par un système d'articulations et de ressorts assurant, avec une certaine élasticité, une pression convenable des frotteurs sur le rail de prise de courant. Ces frotteurs sont, bien entendu, isolés électriquement des extrémités des poutrelles.

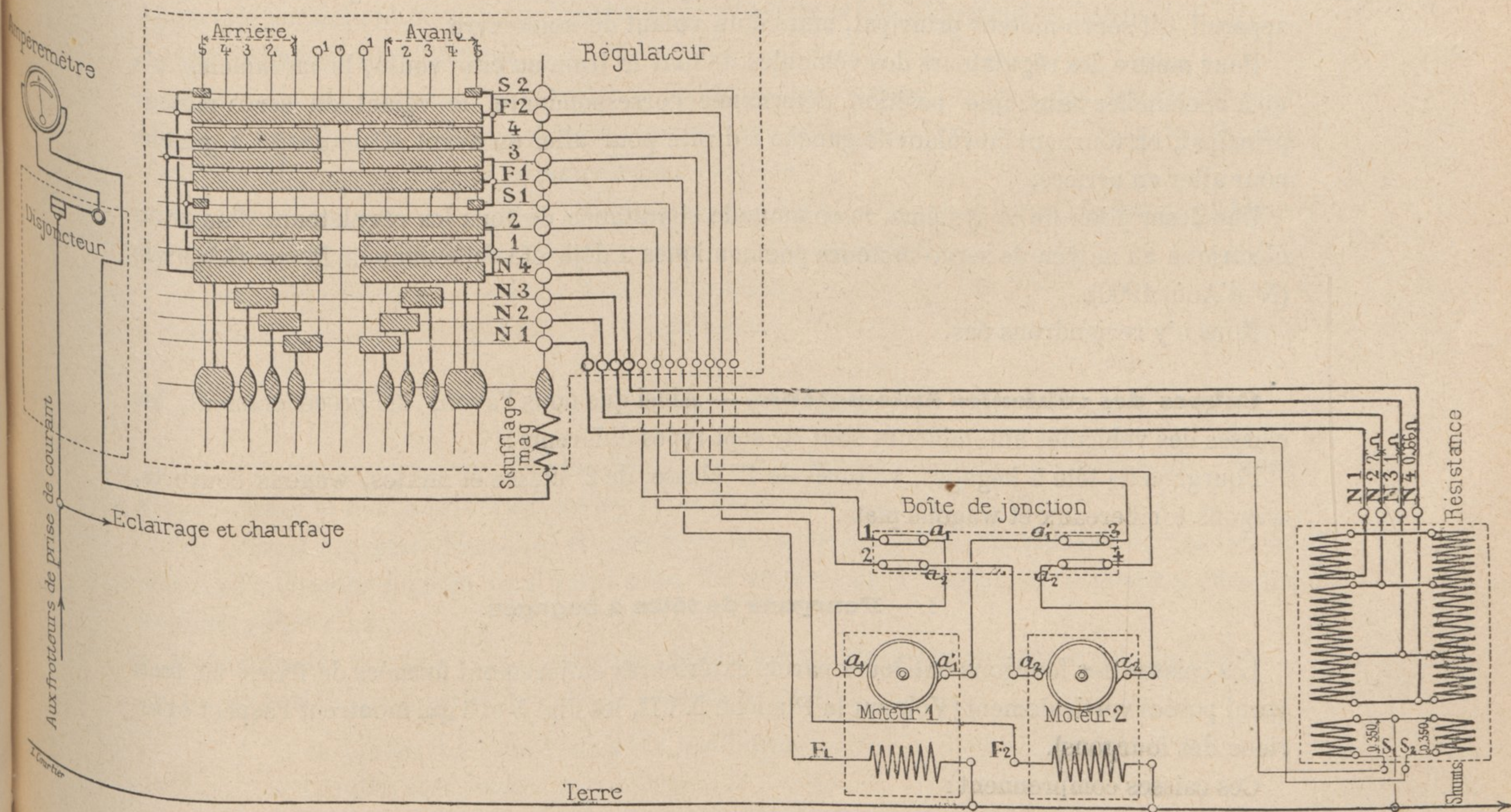
Freins. — Chaque véhicule est muni d'un frein à quatre sabots agissant sur les bandages des roues à la manière ordinaire, et d'un frein à mâchoires agissant par pression horizontale sur les faces verticales du champignon d'un rail placé dans l'axe de la voie dans les déclivités de 80 et de 90 m/m par mètre, et surélevé par rapport aux rails de la voie.

Ces freins peuvent être commandés l'un et l'autre soit directement à la main par un agent monté sur le véhicule, soit au moyen de l'air comprimé, à la façon du frein Westinghouse, par le mécanicien placé dans le fourgon de tête.

La descente des déclivités se fait exclusivement avec le frein à sabots ; le frein à mâchoires est un frein de sécurité et ne doit être employé sur les fortes déclivités qu'en cas d'urgence comme complément du frein sur les roues ou en cas d'arrêt prolongé.

Régulateur et servo-moteur. — Chaque véhicule est pourvu d'un appareil régulateur à soufflage magnétique destiné à opérer le démarrage, le réglage de la vitesse, l'arrêt et le changement de marche. La Fig. 14 donne le schéma d'un régulateur et des différents circuits sur un véhicule.

Fig. 14. — SCHEMA DES DIFFÉRENTS CIRCUITS SUR UN VÉHICULE.



Le changement de marche s'obtient par renversement du sens du courant dans les inducts, le démarrage s'obtient par l'enlèvement progressif des résistances intercalées dans le circuit des moteurs, et le réglage de la vitesse par shuntage des inducteurs.

Le régulateur peut occuper onze positions différentes, savoir :

1° Une position médiane correspondant au point mort et pour laquelle le circuit alimentant les moteurs est coupé ;

2° Cinq positions correspondant à la marche *dans un sens*, dont trois pour le démarrage (marche avec résistances), une pour la marche avec excitation normale et la dernière pour la marche avec excitation réduite (shuntage des inducteurs) ;

3° Cinq positions correspondant à la marche *dans le sens inverse* dont trois pour le démarrage, une pour la marche avec excitation normale et une pour la marche avec excitation réduite.

Lorsque les véhicules circulent isolément, dans les gares par exemple, l'appareil régulateur est manœuvré à la main, au moyen d'une manivelle démontable, par un agent placé sur l'une des plateformes.

Quand les véhicules circulent attelés en trains, ce qui est le cas normal entre le Fayet et Chamonix, les régulateurs sont manœuvrés à distance et simultanément par un mécanicien placé dans le compartiment d'avant du fourgon de tête.

A cet effet, les régulateurs des véhicules sont commandés chacun par un servo-moteur pneumatique, dit servo-moteur secondaire, installé sous la caisse.

Chaque servo-moteur secondaire est relié à deux conduites d'air comprimé semblables à celles du frein modérable et dont l'une sert pour la marche en avant, l'autre pour la marche en arrière.

Ces deux conduites aboutissent, dans le compartiment d'avant du fourgon de tête à un appareil, dit servo-moteur principal, muni d'un volant de manœuvre.

Pour mettre les régulateurs des véhicules de tout le train au cran voulu, le mécanicien n'a qu'à enclencher dans une position déterminée correspondante, le volant du servo-moteur principal, en tournant ce volant de gauche à droite pour aller en avant et de droite à gauche pour aller en arrière.

Une description de ce système de commande simultanée de tous les régulateurs d'un train électrique au moyen de servo-moteurs pneumatiques a déjà été faite dans la *Revue Générale* (N° d'Août 1900).

Nous n'y reviendrons pas.

Caisses des véhicules automoteurs. — Ainsi que nous l'avons dit précédemment, les caisses des véhicules automoteurs sont de sept types différents :

Fourgons de tête à bagages, voitures de 1^{re} classe, de 2^e classe et mixtes, wagons couverts, wagons tombereaux et wagons plats.

I. — Fourgons de têtes à bagages.

Les caisses des fourgons ont leurs parois extérieures entièrement formées de frises en teck verni posées verticalement (Voir sur la Planche XVII, les Fig. 5 et 6 qui montrent l'aspect extérieur des fourgons).

Ces caisses comprennent :

1° A l'avant, un compartiment vitré formant cabine pour le mécanicien et contenant tous les appareils nécessaires à la manœuvre et au contrôle savoir :

Un servo-moteur principal.

Un régulateur pour les moteurs du fourgon, disposé pour être manœuvré soit à la main soit à l'air comprimé.

Une boîte de jonction pour les câbles aboutissant aux moteurs du fourgon.

Un ampèremètre indiquant l'intensité du courant absorbé par ces moteurs.

Un disjoncteur automatique à soufflage magnétique limitant à 400 ampères au maximum l'intensité du courant absorbé par les deux moteurs du fourgon.

Un appareil automatique de mise en marche du compresseur d'air électrique.

Un ampèremètre pour le compresseur électrique.

Un disjoncteur automatique et un commutateur pour ce compresseur.

Divers interrupteurs et coupe-circuits fusibles pour les circuits d'éclairage et de chauffage.

Un indicateur enregistreur de vitesse.

Les divers organes de manœuvre du frein modérable et des deux freins automatiques, soit par l'air comprimé soit à la main.

La tirette du sifflet à air comprimé.

Les Fig. 15 et 16 montrent l'ensemble des appareils placés dans le compartiment d'avant du fourgon, devant le mécanicien.

2° Au milieu, un compartiment pour les bagages dans un coin duquel est installé un compresseur d'air électrique.

3° A l'arrière, une plateforme donnant accès au compartiment à bagages et munie d'une passerelle permettant de communiquer avec le véhicule attelé à l'arrière du fourgon.

Sous le châssis sont installés :

Le servo-moteur secondaire qui actionne le régulateur, divers organes des freins tels que réservoirs auxiliaires, cylindres à frein, triples valves, double valve, etc. Enfin le rhéostat de démarrage suspendu sous la plateforme à l'arrière.

Sur la toiture se trouve placé le réservoir principal d'air comprimé formé de deux cylindres d'une contenance de 250 litres chacun, communiquant ensemble.

Le poids d'un fourgon, à vide est égal à 21 tonnes.

Le poids, en charge est égal à 24 tonnes.

II. — Voitures à voyageurs.

Les voitures à voyageurs, de 1^{re} classe, de 2^{me} classe et mixtes, ont toutes les mêmes dimensions et le même aspect extérieur. (Voir Planche XVII, Fig. 1 et 2).

Les caisses ont leur charpente en chêne, mais toutes les pièces visibles soit de l'extérieur soit de l'intérieur, sont en teck verni dans les voitures de 1^{re} classe, et en pitchpin dans les voitures de 2^{me} classe.

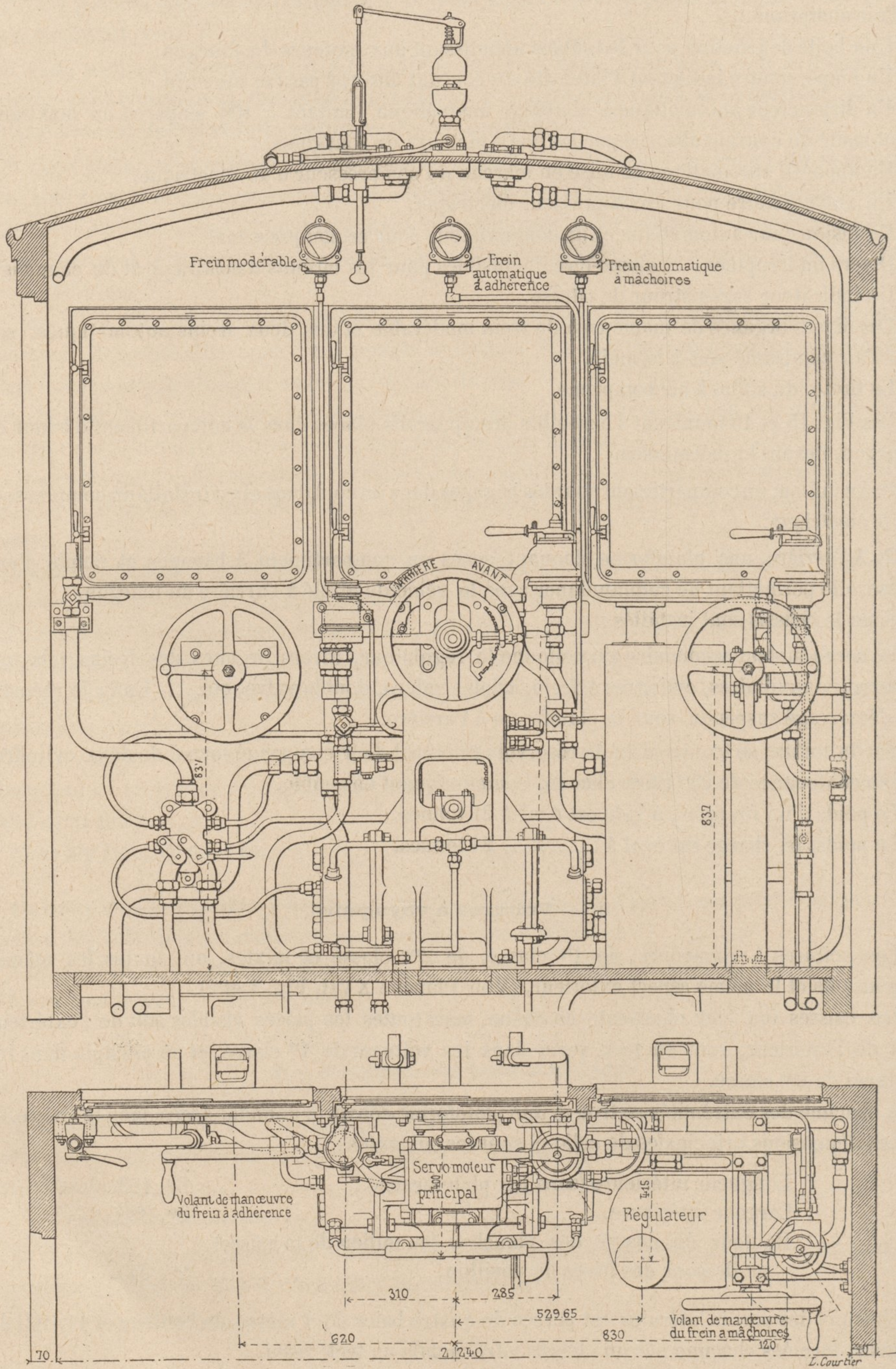
A chacune des extrémités se trouve une plateforme couverte donnant accès dans la caisse.

Les dimensions principales de celle-ci sont les suivantes :

Longueur intérieure (sans les plateformes).....	6 ^m , 180.
Largeur intérieure.....	2 ^m , 360.
Hauteur du dessus des planches (au milieu de la caisse) au-dessous des frises du pavillon.....	2 ^m , 240.

Chacune des parois latérales est percée de quatre baies de 1 mètre de hauteur et 1^m, 100 de largeur, fermées chacune par un châssis vitré mobile en teck verni.

Fig. 15 et 16.



Dans chacune des parois des bouts est disposée, dans l'axe du couloir, une porte de 1^m, 900 de hauteur et 0^m, 550 de largeur, donnant sur la plateforme et servant à accéder à l'intérieur de la voiture. Cette porte est munie à sa partie supérieure d'un châssis vitré fixe.

Disposition intérieure des caisses. — La caisse des voitures de 1^{re} classe n'est divisée par aucune cloison intérieure. (Voir Planche XVII, Fig. 3).

La caisse des voitures mixtes est divisée en deux parties égales par une cloison transversale séparant les places de 1^{re} classe de celles de 2^{me} classe.

Cette cloison est percée d'une ouverture de 1^m, 900 de hauteur sur 0^m, 550 de largeur, fermée par une porte pleine.

La caisse des voitures de 2^{me} classe (voir Planche XVII, Fig. 4), est divisée en deux parties inégales par une cloison transversale et une cloison longitudinale formant avec l'une des parois latérales et la paroi du bout côté de la plateforme arrière, un compartiment à quatre places pouvant être utilisé par la poste.

La cloison longitudinale est percée d'une ouverture de 1^m, 100 de hauteur sur 0^m, 535 de largeur fermée par une porte roulante à galets.

Nombre de places dans les voitures des trois types. — Chaque voiture de 1^{re} classe contient 24 places assises, à l'intérieur de la caisse, et peut admettre en outre 8 voyageurs debout, 4 sur chacune des plateformes, soit en tout 32 personnes.

Chaque voiture de 2^{me} classe contient 28 places assises à l'intérieur de la caisse et peut admettre en outre 8 voyageurs debout, 4 sur chacune des plateformes, soit en tout 36 personnes.

Chaque voiture mixte contient 26 places assises à l'intérieur de la caisse et 8 places debout sur les plateformes, soit en tout 34 personnes.

Appareils divers installés sur les voitures. — Dans les voitures des trois types, sur l'une des plateformes, dite plateforme d'avant, sont installés dans deux boîtes en tôle placées symétriquement, d'une part le régulateur des moteurs, d'autre part un disjoncteur automatique semblable à celui des fourgons et divers organes accessoires servant à la régulation de l'éclairage électrique.

Sur cette même plateforme se trouvent également les manivelles du frein à sabots agissant sur les roues et du frein à mâchoires agissant sur le rail central surélevé placé sur les fortes déclivités.

Contre la paroi qui sépare cette plateforme de la caisse, sont fixés le commutateur des radiateurs électriques servant au chauffage et l'interrupteur des lampes à incandescence servant à l'éclairage.

Celles-ci sont, pour les trois types de voitures au nombre de dix dont huit à l'intérieur de la caisse et deux à l'extérieur, une sur chaque plateforme.

Sous le châssis de caisse se trouve à un bout, le servo-moteur secondaire qui actionne le régulateur, à l'autre bout un rhéostat de démarrage semblable en tous points à celui des fourgons et enfin toute la tuyauterie nécessaire au fonctionnement des freins à air et des servo-moteurs ainsi que les câbles conducteurs isolés reliant entre eux les moteurs, le régulateur, le rhéostat et le disjoncteur.

Poids des voitures des trois types. — Les voitures des trois types, ont un poids approximatif de 19^t, 500 à vide et de 22 tonnes en charge.

III. — Wagons à marchandises.

Les trois types de wagons sont munis d'une seule plateforme, de même dimensions que celle des voitures et sur laquelle sont placées la boîte du régulateur, celle du disjoncteur automatique et les manivelles des freins à main.

Sous le châssis sont installés les mêmes appareils que ceux que nous venons de passer en revue pour les voitures.

Les caisses proprement dites ne présentent rien de particulier comme construction et sont analogues comme dispositions aux caisses des wagons similaires des chemins de fer à voie normale.

Poids des wagons des trois types.

Les wagons couverts pèsent à vide	20 tonnes.
Les wagons tombereaux pèsent à vide	19 ^{T.} , 500.
Les wagons plats pèsent à vide	18 ^{T.} , 500.
Le chargement maximum pour chacun des wagons des trois types est égal à	10 tonnes.

CONSTATATIONS DIVERSES FAITES EN SERVICE DEPUIS L'OUVERTURE DE LA LIGNE

I. — Régulation automatique de la tension des dynamos génératrices placées dans les usines.

La régulation automatique de la tension par les effets combinés du compoundage et de la variation de vitesse, procédé qui n'avait jamais été appliqué antérieurement dans ces conditions, a donné les résultats les plus satisfaisants et présente une sécurité complète.

La conduite des dynamos est extrêmement simple et le travail des machinistes d'usine est réduit à son minimum.

II. — Fonctionnement des servo-moteurs.

Le fonctionnement des servo-moteurs principaux et secondaires est très régulier et très sûr. La conduite des trains de *cinq* et *six* voitures automotrices se fait avec autant de facilité que la conduite d'une seule voiture.

C'est ainsi qu'on opère sans difficulté le démarrage en rampe de 90^m/_m d'un train de *six* voitures, pesant en totalité 130 tonnes environ.

III. — Fonctionnement des moteurs des véhicules.

Les moteurs des véhicules de la ligne de Chamonix présentent une disposition peu usitée motivée par l'emploi de la voie de 1 mètre et la grande puissance qu'il était nécessaire d'obtenir :

Les induits sont placés perpendiculairement aux essieux et les entraînent au moyen d'un pignon et d'une roue conique ; de plus cette roue conique au lieu d'être calée sur l'essieu est folle sur lui, tout en restant parfaitement centrée sur son axe, et elle l'entraîne par l'intermédiaire d'un accouplement élastique à ressorts.

L'accouplement élastique à ressorts n'a évidemment que des avantages, car il amortit les chocs et les vibrations et évite les variations brusques et exagérées des efforts sur les dents des engrenages et sur les clavetages.

Par contre on pouvait craindre que l'emploi d'engrenages coniques ne donnât pas toute satisfaction, par suite d'un portage défectueux des dents du pignon sur les dents de la roue; d'où auraient résulté un mauvais rendement mécanique de la transmission et une usure rapide des dents.

L'expérience a heureusement prouvé que l'usure des dents est insignifiante et que le rendement de la transmission est excellent; ce double résultat doit être attribué en partie à l'emploi d'un accouplement élastique, mais surtout à ce que les dents des pignons et des roues coniques ont été taillées aussi exactement que peuvent l'être les pignons et roues cylindriques usités ordinairement.

Grâce à l'emploi de machines spéciales la taille des dents des pignons et roues coniques ne présente d'ailleurs aucune difficulté.

Au point de vue de la puissance et de l'endurance, les moteurs ont donné les résultats les plus satisfaisants; on peut leur imposer sans inconvénient des surcharges considérables; c'est ainsi, par exemple, que par temps sec, on a pu faire gravir à un wagon isolé chargé à 10 tonnes la rampe de 90 m/m longue de 2.155 mètres en se servant d'un seul moteur, l'autre moteur ayant été préalablement isolé au moyen des interrupteurs de la boîte de jonction.

Il est possible, sans faire subir d'avaries aux collecteurs, de renverser la marche pour obtenir un arrêt rapide, quelle que soit la vitesse.

L'arrêt ainsi obtenu est très rapide, même en déclivité de 90 m/m .

Le freinage obtenu dans ces conditions, présente une sécurité aussi grande que possible: 1° parce que la diminution considérable de l'adhérence, conséquence de l'enrayage des roues, n'est pas à craindre dans ce cas, les roues continuant à tourner à très petite vitesse; 2° parce que l'effet de freinage se produit aussi bien lorsque le conducteur de prise de courant n'est pas en charge, que lorsque le courant est sur la ligne.

IV. — Adhérence dans les rampes.

Grâce à la régularité du couple moteur, le coefficient d'adhérence est pratiquement très élevé; on a constaté à maintes reprises qu'on pouvait sans difficulté remorquer en rampe de 90 m/m , une voiture automotrice dont les moteurs avaient été rendus inactifs en faisant déclencher à la main le disjoncteur automatique, au moyen d'un train de quatre voitures automotrices dont les moteurs étaient en fonction.

En raison de cette circonstance favorable, on a décidé de construire des voitures non automotrices, relativement légères, d'une contenance totale de 40 places tant assises que debout, qui seront attelées en cas d'affluence, au nombre de une ou deux unités, en queue des trains ordinaires de cinq ou six voitures automotrices.

V. — Résistance électrique du conducteur de prise du courant et des rails de la voie.

Bien que la ligne du Fayet à Chamonix ait été mise en service le 25 juillet 1901, l'équipement électrique de la voie, pose des connecteurs, décapage et amalgamage des joints, n'a été

terminé qu'au commencement de décembre, de sorte que le temps a manqué pour procéder à des mesures de débit et de voltage sur des trains en marche dans les conditions normales.

Nous nous proposons de faire une série de mesures de ce genre au printemps prochain.

Quoi qu'il en soit, on a pu se rendre compte de l'importance extrême que présente dans une ligne électrique à grand débit (900 à 1.000 ampères pour un seul train en marche normale dans les fortes rampes) une confection soignée des éclissages électriques.

Dès qu'on a commencé à procéder à la revision des joints, lesquels avaient été établis sommairement, en décapant soigneusement les surfaces de contact et en les amalgamant, on a obtenu une diminution progressive et considérable de la résistance, diminution qui a toujours été en s'accroissant au fur et à mesure de l'avancement du travail.

Avant revision, la résistance *moyenne* d'un joint du rail conducteur, *mesurée entre deux points du conducteur placés de part et d'autre du joint et distants d'un mètre*, était de $0\omega,000294$, mais elle atteignait quelquefois $0\omega,007350$.

Après amalgamation, la résistance d'un joint *mesurée dans les mêmes conditions que ci-dessus*, c'est-à-dire entre deux points distants de un mètre est tombée à :

$0\omega,000065$ au minimum,
et $0\omega,000088$ au maximum.

La résistance des rails eux-mêmes, qui pèsent 34 kil. 200 le mètre courant a été trouvée égale à $0\omega,000049$ par mètre de longueur ; elle est donc bien supérieure à celle du fer pur.

Il y aurait certainement grand intérêt à employer, tout au moins pour le conducteur isolé, un acier de composition spéciale ayant une conductibilité spécifique plus grande.

VI. — Isolement du conducteur de prise du courant.

L'isolement du conducteur de prise de courant par des cales en bois paraffiné est très efficace et parfaitement suffisant.

Les fuites de courant sont inférieures à *1 ampère par kilomètre* ; il a en outre été constaté ce fait curieux que loin d'augmenter par temps de pluie ou de neige elles diminuent un peu.

Il nous semble qu'on peut l'expliquer de la manière suivante : les pertes par défaut d'isolement sont dues d'une part à la conductibilité extrêmement faible de la matière des supports en bois paraffiné, et d'autre part à la conductibilité superficielle de ces supports sur lesquels se déposent des poussières diverses.

Lorsque les supports isolants sont lavés par l'eau de pluie les poussières sont entraînées et la deuxième cause de perte disparaît. Quant à l'eau de pluie elle-même qui mouille les supports isolants elle n'occasionne pas de perte appréciable parce que en raison de la grande pureté de l'atmosphère dans la région de Chamonix, elle est presque chimiquement pure et ne contient pas de traces de substances ammoniacales ou acides, et est par suite fort peu conductrice.

Véhicules automoteurs. — Ensemble

Échelle de 0,06 p. mètre

Fig. 1. Élévation

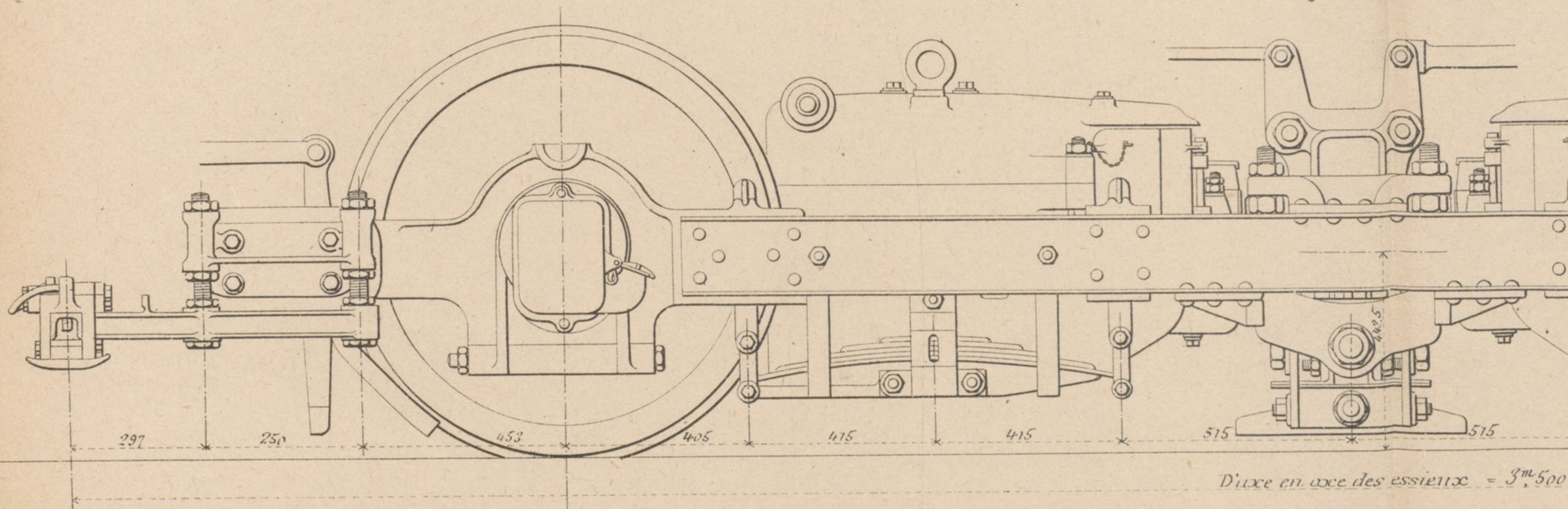
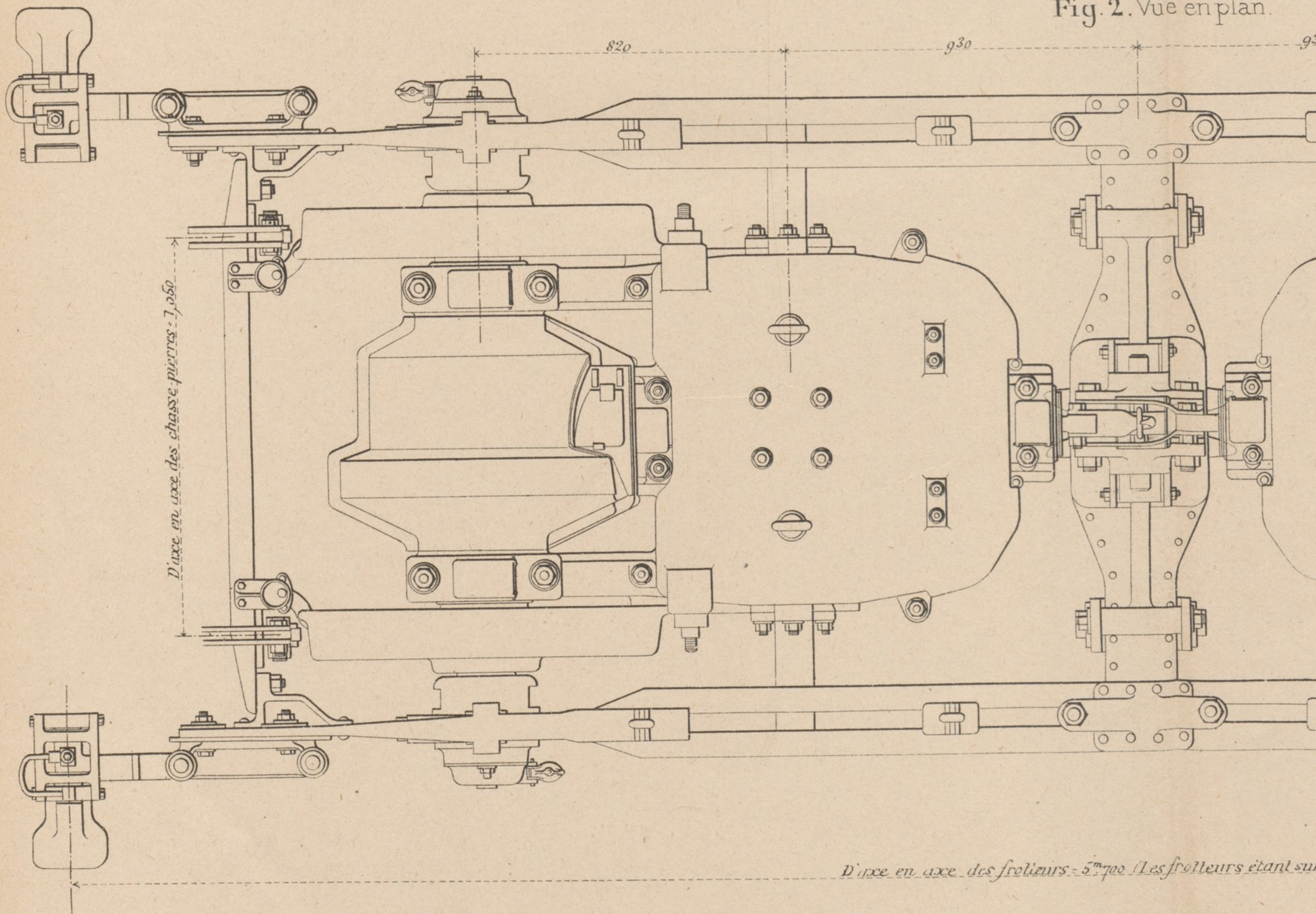


Fig. 2. Vue en plan.



es automoteurs. — Ensemble du truck

Échelle de 0,06 p. mètre

Fig.1. Elévation

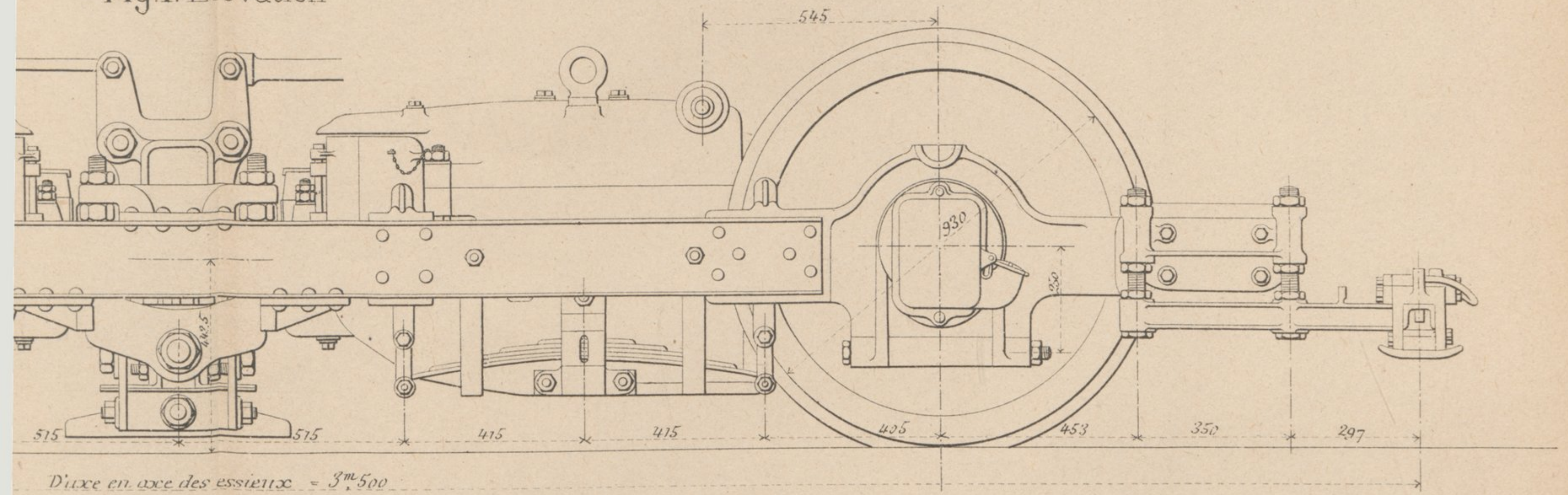
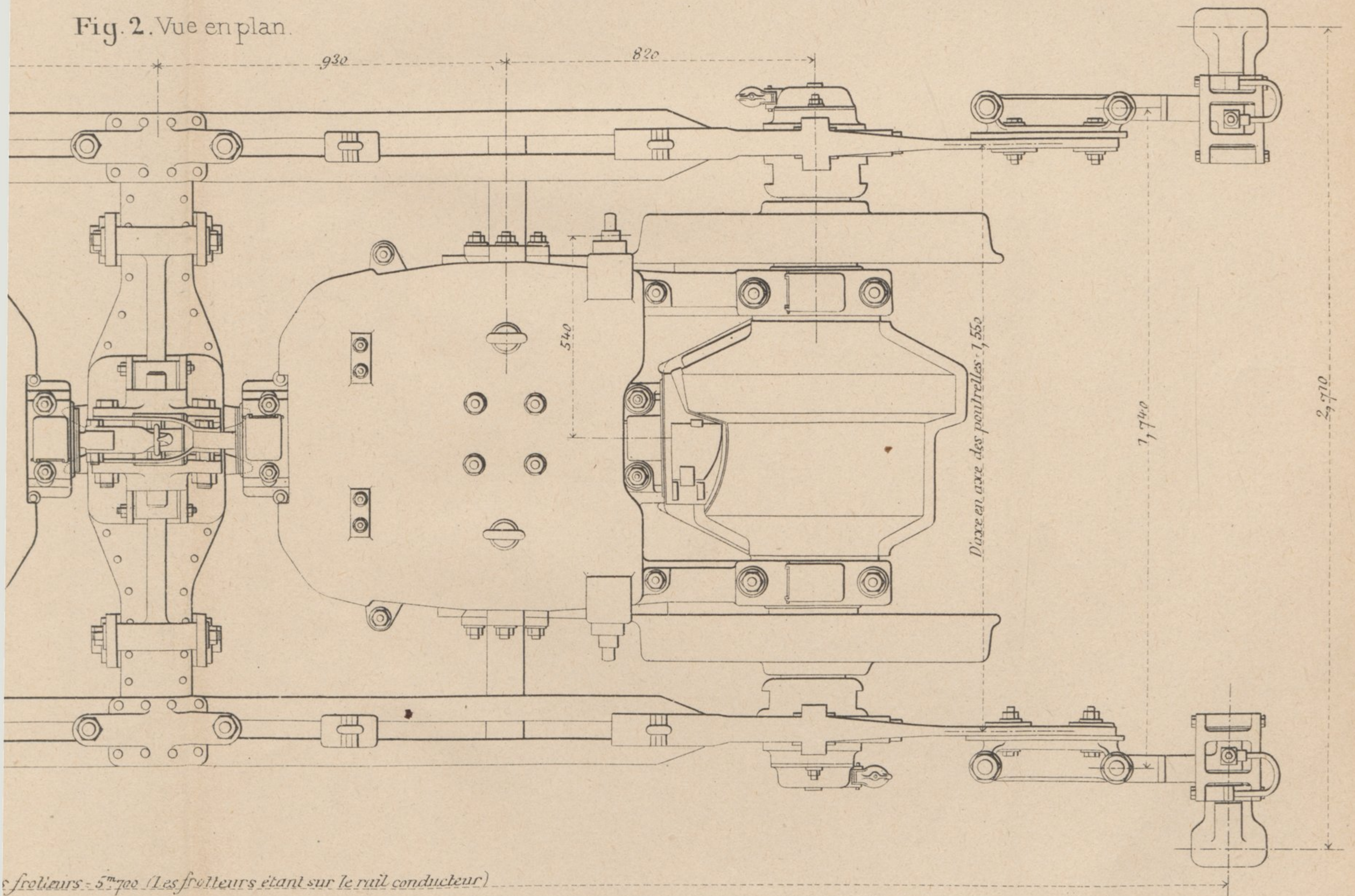


Fig.2. Vue en plan.



Les frotteurs = 5m,700 (Les frotteurs étant sur le rail conducteur)

Fig. 5 et 6. — Fourgon de tête automoteur

Fig. 5. Vue longitudinale

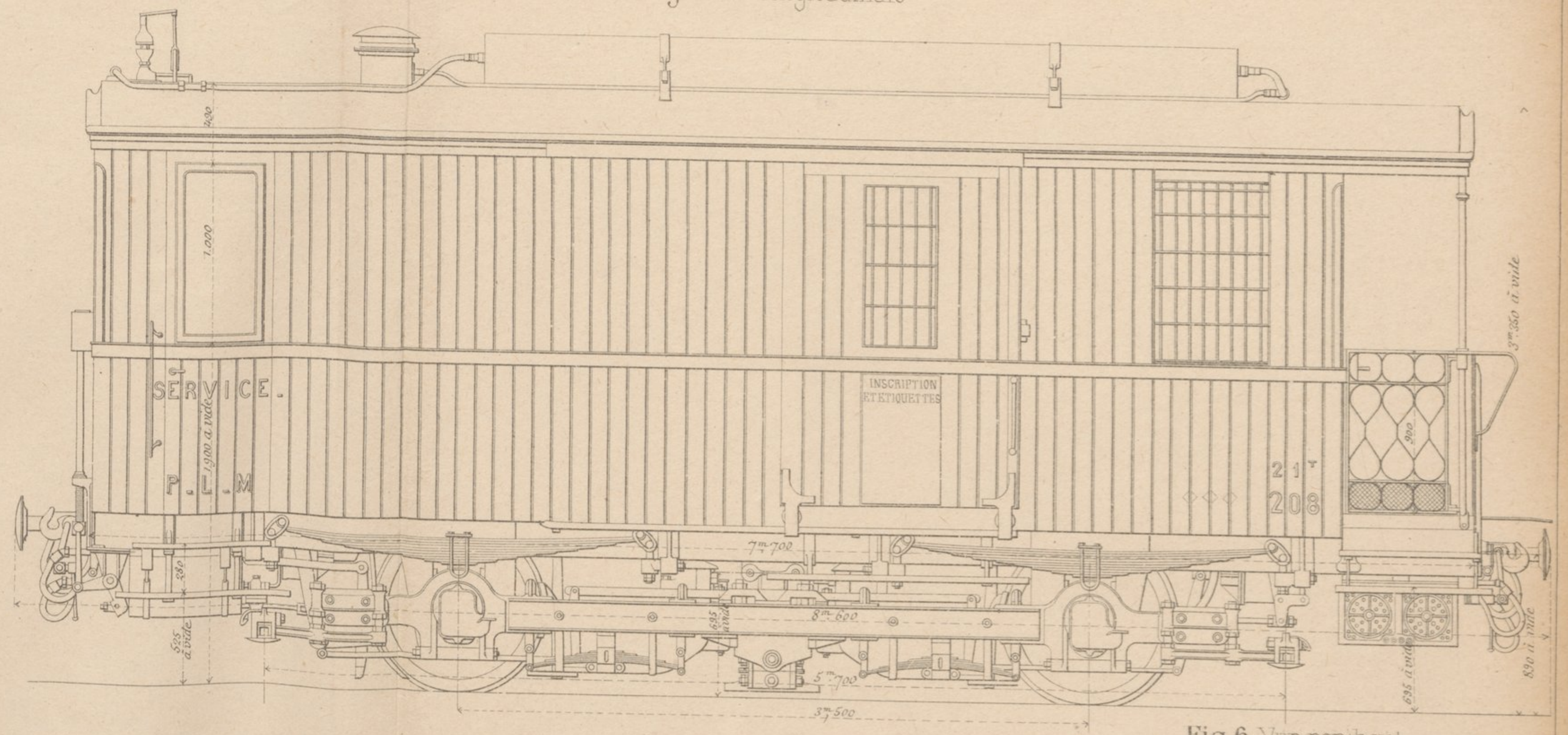


Fig. 2. Vue par bout

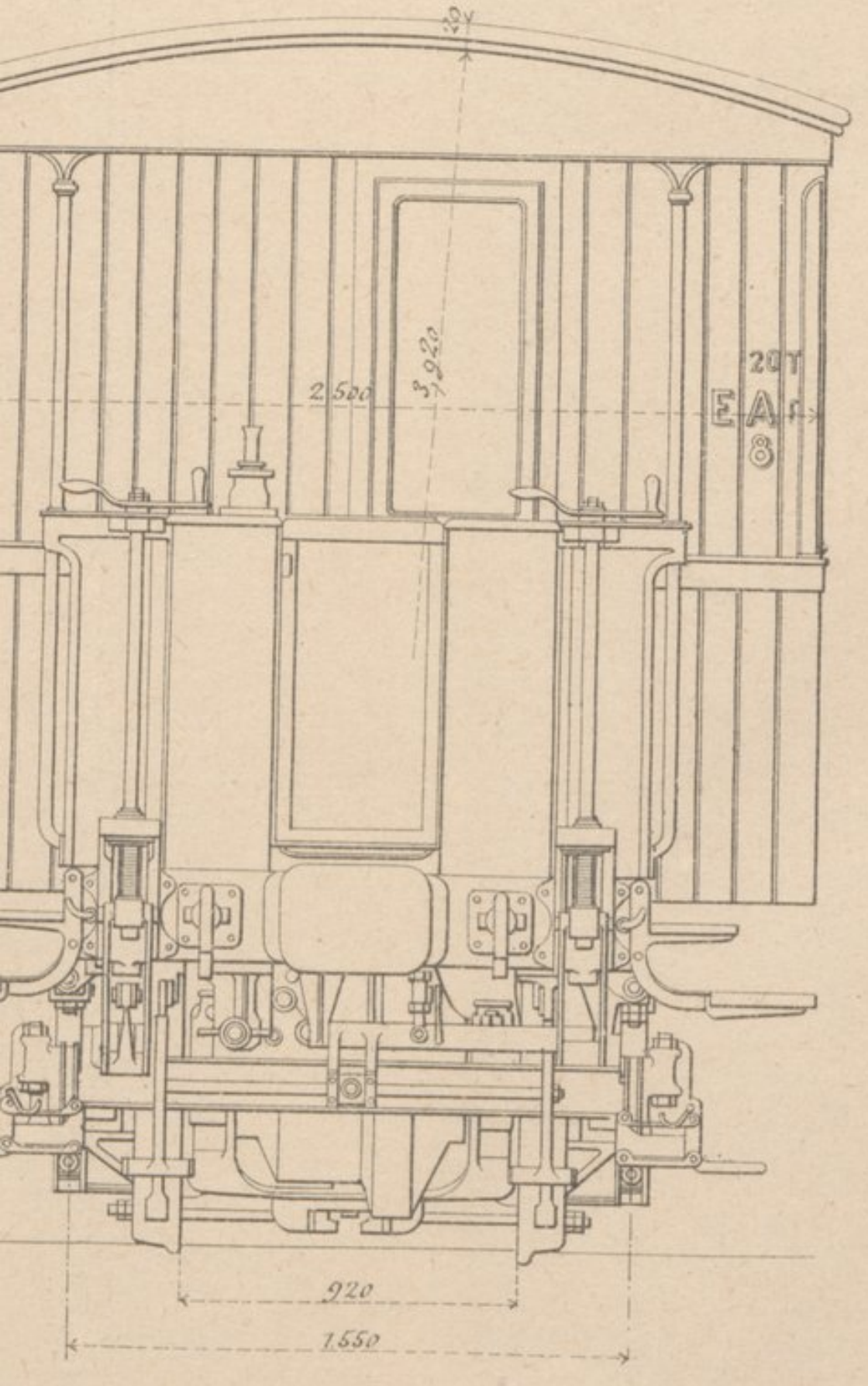


Fig. 6. Vue par bout

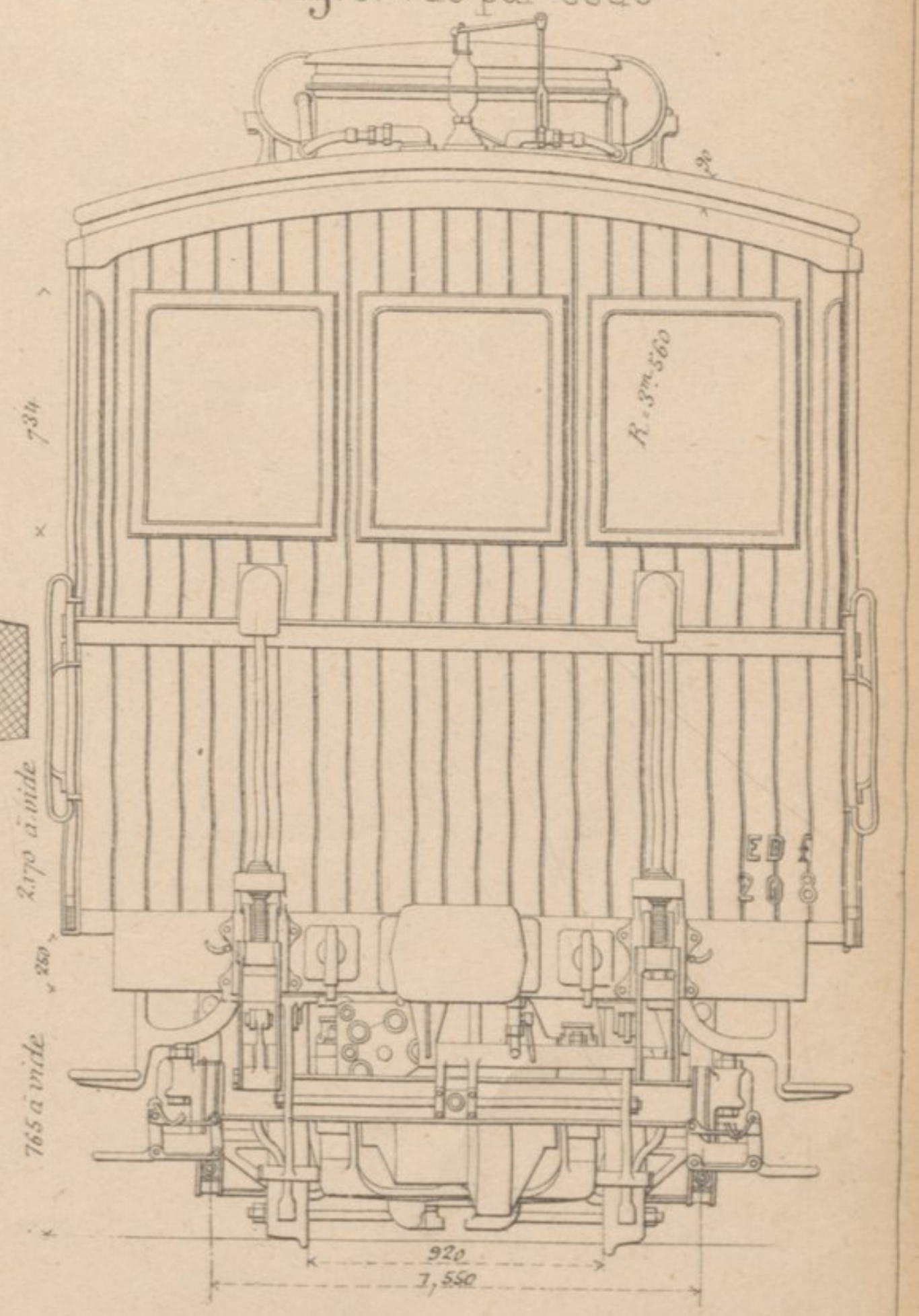
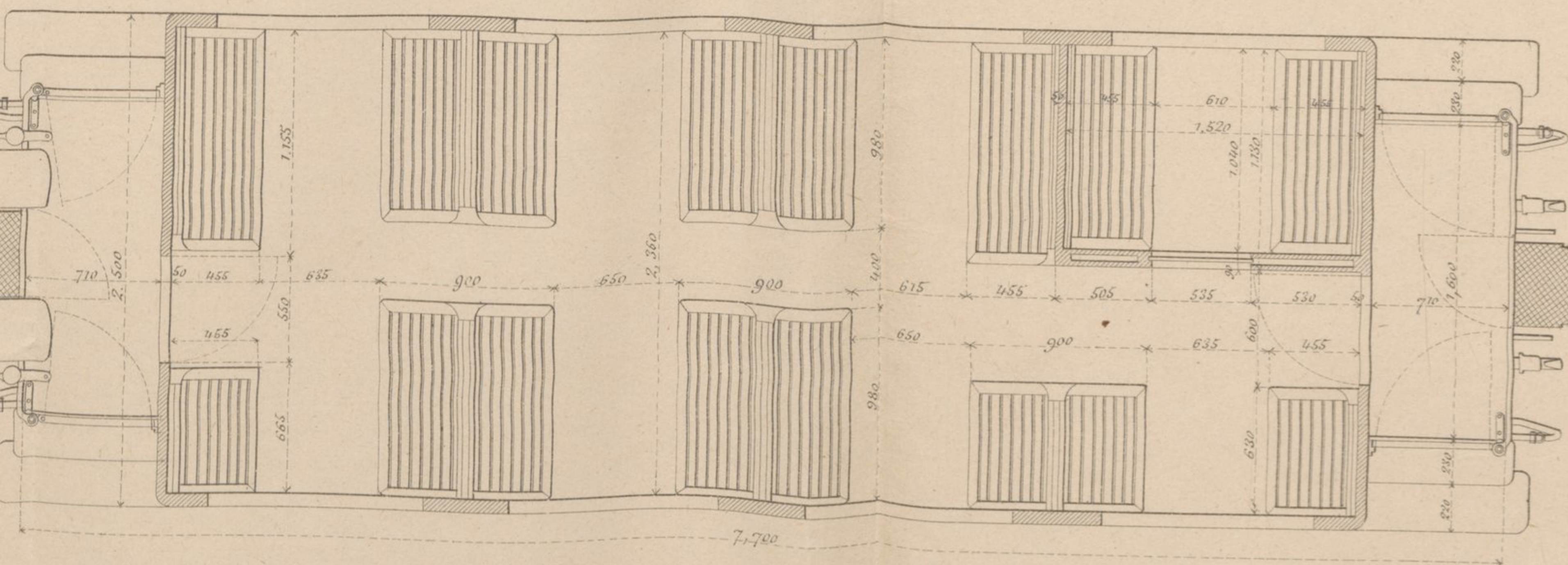


Fig. 4. Voiture de 2^{ème} Classe. — Vue en plan



Echelle de 0^m03 pm