
LES NOUVELLES LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES DE LA VALTELINE

par M. Frédéric KOROMZAY,

INGÉNIEUR-ÉLECTRICIEN A BUDAPEST.

(Pl. VI à IX).

Nos lecteurs se souviennent que la ligne Lecco-Colico-Sondrio-Chiavenna, dans la vallée pittoresque de la Valteline, (Haute-Italie), a été la première grande ligne, sur laquelle le système triphasé à haute tension fût appliqué à la traction électrique (1).

L'ouverture officielle du service électrique sur tout le réseau, a eu lieu le 15 octobre 1902, et il a démontré qu'il est capable de remplacer entièrement la traction à vapeur, même dans les circonstances les plus difficiles.

Nous rappellerons brièvement les traits caractéristiques du système employé et les conditions d'établissement de la ligne.

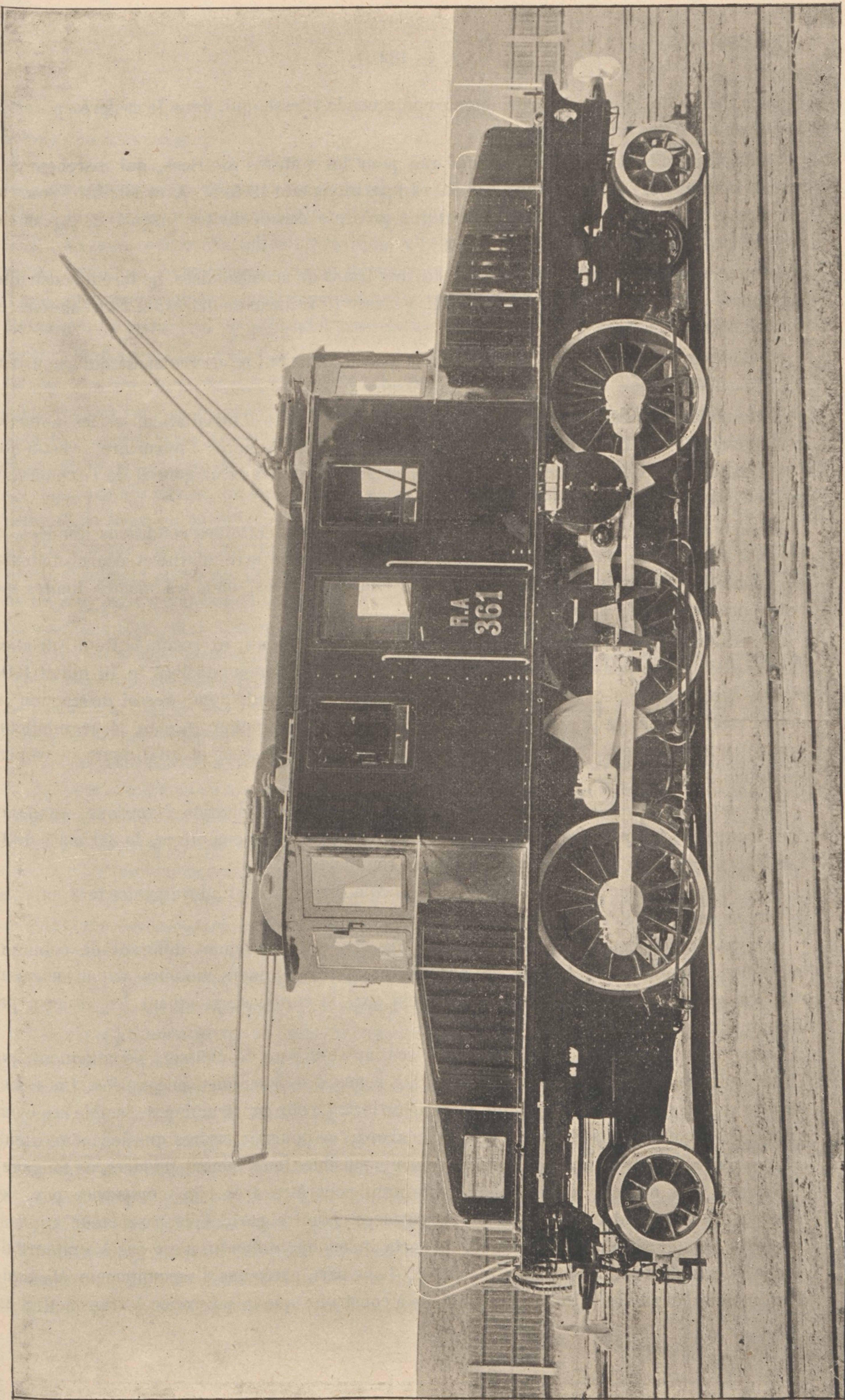
L'énergie électrique est produite dans la station centrale hydraulique de Morbegno, sous forme de courants polyphasés à 20.000 volts.

Trois turbo-générateurs de 2.000 chevaux chacun y sont installés, dont un ou deux suffisent pour le service, — suivant l'intensité du trafic, — les autres restent comme réserve. Un quatrième groupe pareil est prévu pour l'extension future de la traction électrique jusqu'à Milan.

Le courant est amené par la ligne primaire, le long du chemin de fer, (longueur totale d'environ 106 km.) aux sous-stations distribuées convenablement le long de la ligne. Ces sous-stations comportent en général un transformateur statique de 300 kw, l'une d'elles en a deux, qui réduisent la tension de 20.000 à 3.000 volts. La ligne de contact est composée de 2 fils de 8^m/_m chacun, le retour du courant se faisant par les rails. Le courant secondaire des sous-stations, à la tension de 3.000 volts, est directement amené à la ligne, d'où les appareils de prise de courant des véhicules moteurs le collectent. Ces véhicules sont de 2 types : voitures-automotrices et locomotives. Les premières, desservent les trains express et passagers, — les dernières, les trains de marchandises. La vitesse des moteurs polyphasés étant pratiquement constante, on y a appliqué pour la première fois le couplage en série, dit

(1) Voir *Revue Générale*, Nos de Décembre 1899 (page 378) et de Janvier 1903 (page 63).

Fig. 1. — LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE DE LA VALTELLINE.



« en cascade » de 2 moteurs, pour obtenir une seconde vitesse, qui, dans le cas présent, est la moitié de la vitesse normale.

Ce dispositif n'était cependant appliqué que pour les voitures motrices, qui marchent à la vitesse normale de 64 km. à heure, sur des rampes atteignant 10 à 12 ‰ et à 32 km. pour les vitesses supérieures. Le profil de cette ligne présente des déclivités jusqu'à 22 ‰, et des courbes de 300^m de rayon.

Les anciennes locomotives, étant destinées aux trains de marchandises, ne furent construites que pour une seule vitesse, (32 km.). Il y avait 10 voitures motrices, et 2 locomotives en service régulier.

La Compagnie du chemin de fer a laissé à la maison Ganz et Cie, de Budapest, qui a construit le matériel électrique, la responsabilité de l'essai.

Cette maison s'engageait formellement à reprendre toute l'installation, si les autorités compétentes constataient pendant un délai de deux années après l'ouverture, c'est-à-dire jusqu'au 15 octobre 1904, que le système ne pouvait répondre aux exigences de l'exploitation qui peuvent être résumées comme suit :

Le nouveau système de traction devait être capable, sous certaines conditions données, de remplacer entièrement la traction à vapeur, en ce qui concerne la régularité et sécurité du trafic, en maintenant les frais de traction pour ces mêmes données, dans les mêmes limites que l'ancienne traction à vapeur.

Or, la Compagnie du chemin de fer (strade ferrate Meridionali, exerce la Reto Adriatica) n'a pas attendu jusqu'au terme sus mentionné, elle a officiellement déclaré le 10 juillet 1904, c'est-à-dire, trois mois avant l'expiration du délai de garantie, que l'essai de traction lui donnait satisfaction, et qu'elle prenait en charge toute l'installation. C'était là la meilleure preuve, que le système avait pu répondre aux conditions posées, et qu'il avait su vaincre les difficultés d'un début.

La Compagnie, avait d'ailleurs dès les premiers jours de l'exploitation électrique, confiance dans le système essayé puisqu'elle commandait trois nouvelles locomotives, le 20 mars 1903. Ces trois nouvelles locomotives sont en service régulier.

Nous donnons ci-après la description de ces locomotives qui sont intéressantes tant au point de vue mécanique qu'au point de vue électrique.

Le type de ces nouvelles machines (voir Fig. 1) est entièrement différent de celui des anciennes locomotives électriques, qui ordinairement portent leurs moteurs soit directement sur les essieux, soit suspendus élastiquement sur la carcasse, attaquant les essieux par l'intermédiaire d'un engrenage.

La nouvelle locomotive électrique, porte ses moteurs dans le châssis ; ils attaquent, par l'intermédiaire de manivelles et de bielles, les roues des 3 essieux accouplées. Un essieu porteur se trouve à chaque extrémité. Comme on le voit, cette construction ressemble beaucoup à celle des locomotives à vapeur. Au premier abord, on pourrait croire, que les mouvements alternatifs des bielles produiront des mouvements nuisibles (mouvement de lacet, de tangage). L'influence des masses en mouvement alternatif peut être très bien compensée par des contre-poids convenablement calculés et déplacés. D'autre part, l'électro-moteur triphasé possède un couple absolument constant, de sorte qu'aucune difficulté n'est pas à craindre de ce chef. Ce mode de transmission a été choisi, d'une part, parce que l'accouplement élastique d'un moteur coaxial est d'autant plus difficile à construire que la puissance à transmettre est

plus grande, d'autre part, pour des raisons électriques très importantes, que nous nous proposons de démontrer.

Construction mécanique. — La partie mécanique des locomotives fut exécutée par la fabrique de machines des chemins de fer d'État Hongrois, à Budapest.

La Pl. VI montre la construction mécanique de la locomotive. L'essieu du milieu est fixe, les deux essieux extrêmes ont chacun un déplacement latéral de 25 m/m . Les essieux porteurs forment, avec chaque essieu couplé voisin un bogie, dans lequel les premiers peuvent se déplacer radialement. Le pivot d'un de ces bogies possède un déplacement latéral de 25 m/m à droite et à gauche, tandis que l'autre est fixe.

La Fig. 2 montre la projection axonométrique du bogie, avec pivot fixe. On y voit comment l'essieu porteur peut se déplacer radialement, sans que l'essieu couplé en soit gêné. L'essieu couplé du milieu et le pivot fixe forment la base invariable de la locomotive ; toutes les autres parties ont un mouvement de déplacement.

Le chemin de fer Italien du Midi a essayé cette construction sur environ 20 locomotives à vapeur, et, la trouvant parfaitement satisfaisante, l'a adoptée.

La Fig. 3 montre le schéma des roues dans les diverses positions, avec les déplacements latéraux et radiaux possibles. Cette construction permet une marche absolument douce, même dans les plus petites courbes de la ligne.

La longueur totale de la locomotive, entre les tampons, est de 11,54 mètres. L'empattement des essieux est respectivement de 2,40, 2,35, 2,35 et 2,4 mètres. Le diamètre des roues couplées est de $1^{\text{m}}500$, celui des roues porteuses de $0^{\text{m}}800$.

Le poids de la locomotive en service est de 62 tonnes, dont 42 tonnes sur les essieux moteurs, 20 tonnes se répartissant également sur les essieux porteurs.

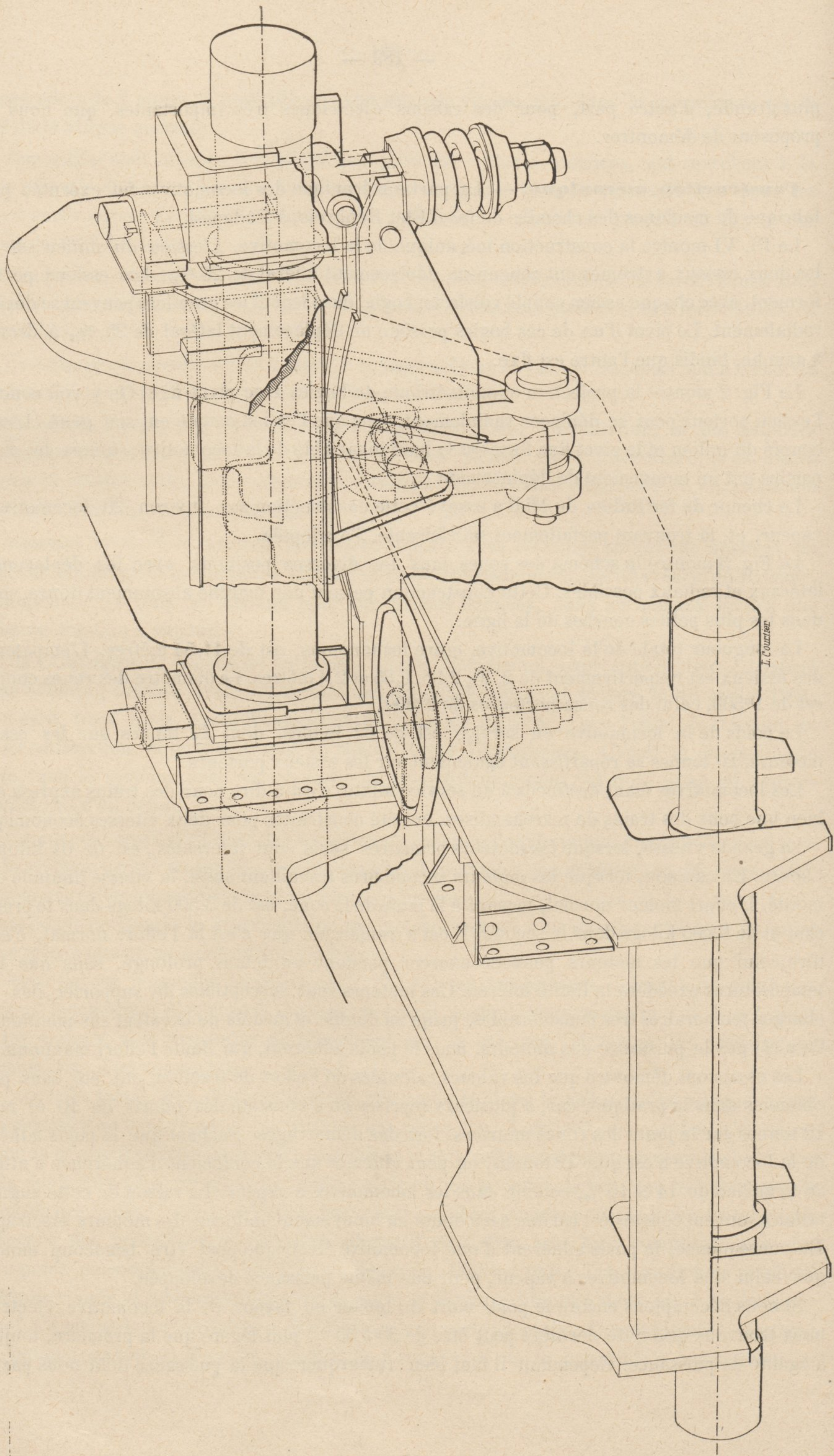
Les locomotives étant destinées à un service mixte, c'est-à-dire pour des trains express aussi bien que pour des trains de marchandises, ont été construites pour deux vitesses économiques.

La grande vitesse, lorsque les moteurs primaires seuls sont intercalés, est de 64 kilom. à l'heure. En cascade, lorsque les moteurs secondaires travaillent aussi, la vitesse diminue de la moitié. L'effort moteur normal, mesuré à la jante de la roue, est de 3.500 kilogs dans le premier cas, et de 6.000 kilogs dans le second. Il est à remarquer que c'est là l'effort normal, c'est-à-dire celui que les moteurs peuvent exercer pendant un temps prolongé, sans que leurs températures excèdent la limite tolérée. Ces moteurs sont susceptibles de supporter des surcharges temporaires très considérables, jusqu'au double et au delà de la valeur sus-mentionnée. Ce n'est pas la puissance des moteurs, mais le poids adhérent, qui limite l'effort maximum.

Les essais ont démontré que les valeurs calculées de l'effort de traction, ont été sans peine obtenues dans la pratique, car, à plusieurs reprises on a constaté des efforts de 10 et même 12 tonnes sur la jante des roues motrices, lors des démarrages. Sachant que le poids adhérent de la locomotive n'est que 42 tonnes, on peut affirmer que le coefficient d'adhérence a atteint, 28 % au lieu de 14 et 16 %, comme dans les locomotives à vapeur. La raison de cette augmentation, souvent contestée, est due sans doute au mouvement uniforme des moteurs électriques. En conséquence, le poids adhérent d'une locomotive électrique peut être beaucoup moindre que celui des locomotives à vapeur, pour une même puissance développée.

Si nous décomptons encore le poids mort du tender en faveur de la locomotive électrique nous trouvons que cette dernière peut être de 30 à 35 % plus légère que la première, toujours à égalité de puissance. Cependant il faut bien remarquer, que la puissance dont nous parlons

Fig. 2. — BOGIE AVEC PIVOT FIXE.



est mesurée à la jante des roues, et ne doit être nullement confondue avec la puissance utile, c'est-à-dire avec l'effort-moteur au crochet d'attelage. Car la différence dans le poids propre des deux locomotives, influe d'autant plus sur la puissance utile, que la rampe de la ligne est plus grande.

Comparons le poids d'une locomotive à vapeur à celui de la locomotive électrique en question. La Compagnie des chemins de fer Italiens du Midi avait exposé à l'Exposition Universelle de 1900, une locomotive pour trains express, dont les données sont les suivantes :

Locomotives Compound à 4 cylindres, 5 essieux dont 3 couplés, d'un poids total de 57¹/₆ ; poids adhérent : 42 tonnes environ. Le tender de cette locomotive pèse en service 24.4 tonnes, ensemble 82 tonnes.

L'effort maximum de cette locomotive, mesuré à la jante des roues motrices est de 6.900 kg. ce qui correspond à un facteur d'adhérence de $\frac{6900}{42.000} = 0.164$.

Par contre, la locomotive électrique en question, d'un poids brut de 62 tonnes, a même poids adhérent et a exercé à plusieurs reprises un effort de traction de 10 à 12.000 kg., sans que les roues patinent.

Abstraction faite de la différence dans le poids mort des véhicules moteurs dans les deux cas, ce qui équivaut à un poids utile plus grand en faveur de la locomotive électrique, la puissance de celle-ci n'est limitée que par ses moteurs, tandis que la puissance de la locomotive à vapeur est limitée par la production de la vapeur, c'est-à-dire par le générateur.

Il en résulte, qu'une locomotive électrique — à égalité de poids adhérent, — est beaucoup plus légère qu'une locomotive à vapeur, tout en pouvant remorquer des trains plus lourds, dès qu'il s'agit d'une rampe plus forte, ou des vitesses plus élevées, — facteurs qui influent sur la production de la vapeur.

Installation électrique. — La Pl. VII montre le schéma des connexions. La prise de courant est constituée par deux rouleaux en acier galvanisé, tournant autour d'un essieu en bois imprégné, dans des coussinets à billes. Les deux rouleaux, un pour chaque phase, sont séparés par une pièce en bois, faisant partie de l'essieu. Le contact roulant, entre rouleau et conducteur évite l'usure rapide tant du premier que du second. C'est d'ailleurs la seule méthode raisonnable, pour prendre le courant à des vitesses élevées. Le courant à la tension de 3.000 volts passe, pour éviter les coussinets à billes, par des frotteurs en charbon, aux tiges métalliques (tuyaux) qui supportent les rouleaux.

Ces tiges sont en connexion électrique avec les bases du trolley (voir la Fig. 4) soigneusement isolées de la toiture de la locomotive.

Les ressorts à boudin, visibles sur la figure, maintiennent l'appareil relevé et l'appuient contre les fils de contact. Les ressorts sont bandés par le déplacement horizontal d'un piston dans un cylindre à air comprimé.

L'abaissement de l'appareil a lieu par son propre poids, lorsqu'on laisse échapper l'air comprimé du cylindre.

La Fig. 4 montre la coupe du cylindre à air avec un double piston. Si la locomotive marche à 32 km., l'air comprimé n'agit que sur le piston de derrière qui se déplace et tend les ressorts à boudin de façon que la pression des rouleaux contre les conducteurs aériens atteigne 6,5 kg.

Au moment du couplage les moteurs en single, l'air comprimé est automatiquement introduit dans l'espace derrière le piston d'avant, le déplace et tend les ressorts davantage, jusqu'à une pression de 8,5 kg. entre le rouleau et le conducteur de contact.

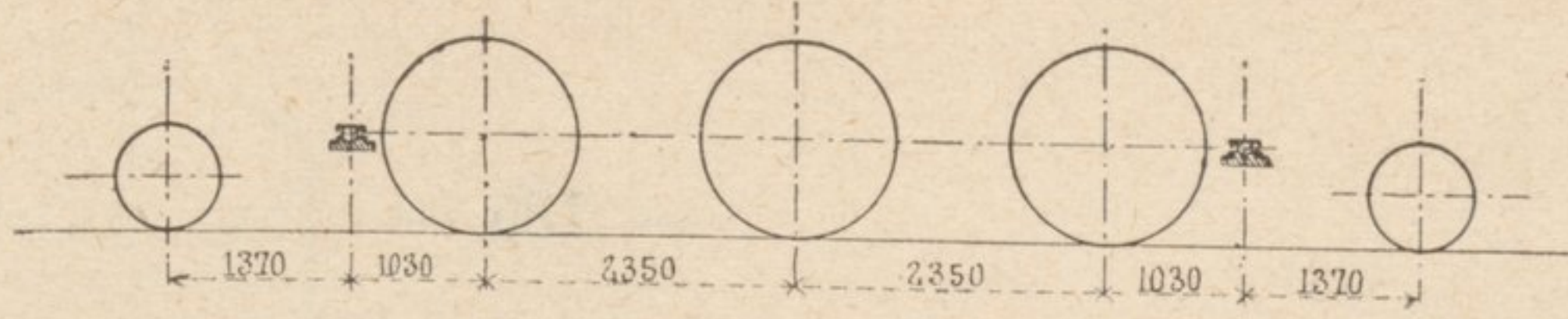
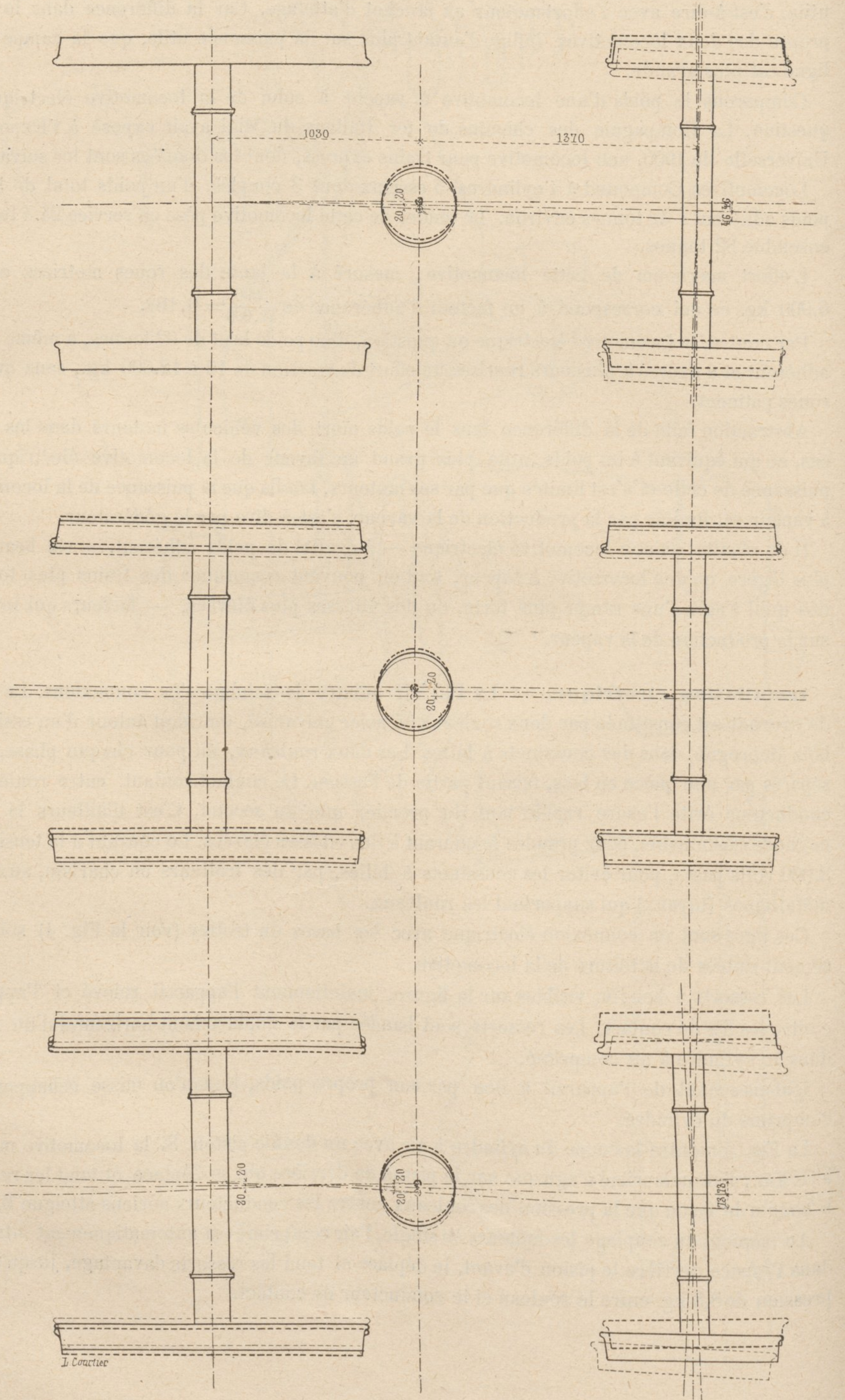


Fig. 3. — SCHEMA DES ROUES.



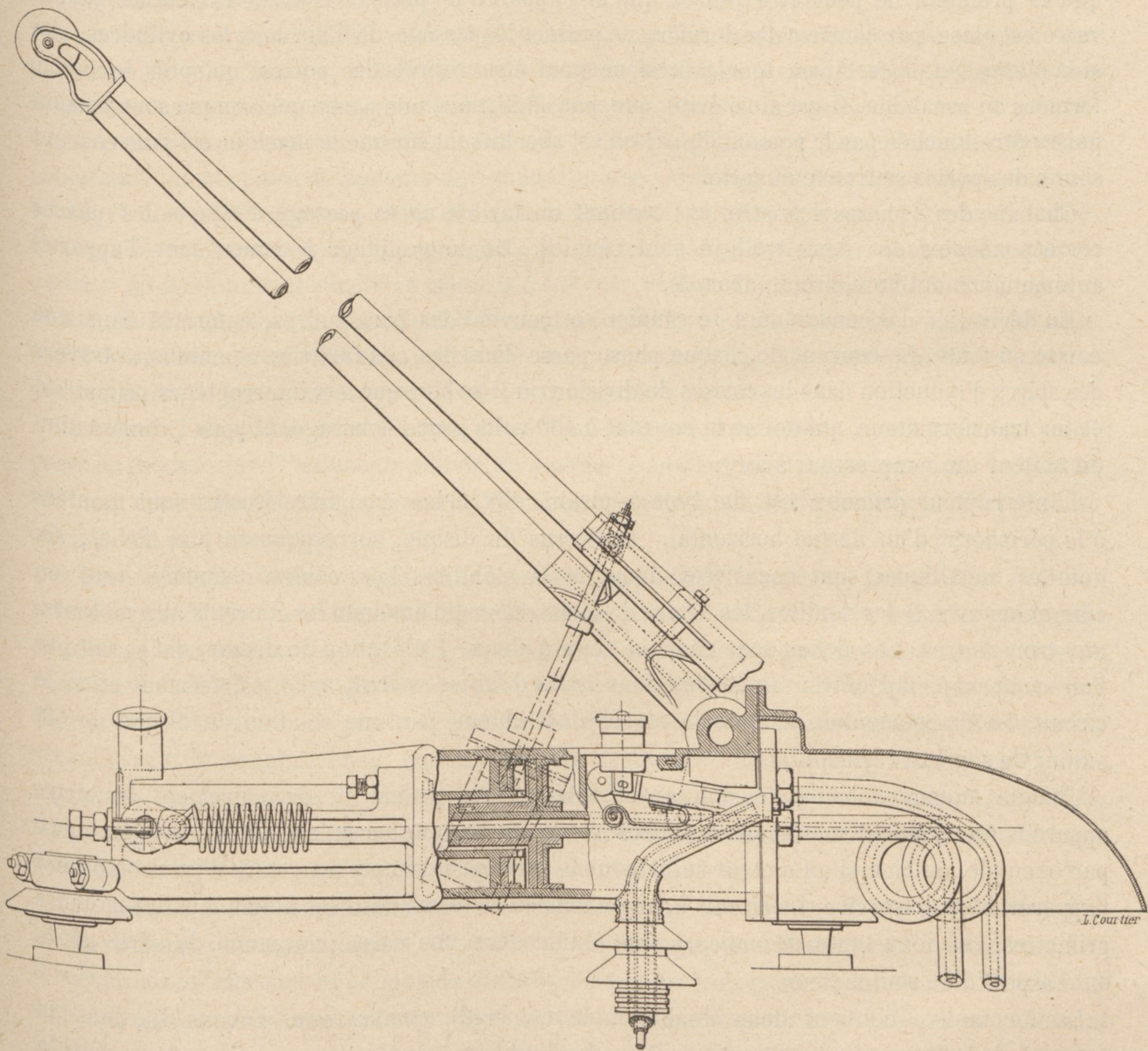
J. Courcier

Une cataracte à huile adoucit les chocs provenant d'une élévation ou d'un abaissement brusque de l'appareil.

Cette manœuvre à air comprimé est à la main du conducteur.

La locomotive possède deux appareils de prise de courant, chacun pour une direction de marche. Ces appareils sont d'ailleurs du même type, que ceux des anciennes locomotives et voitures motrices.

Fig. 4. — BASE DU TROLLEY.



Le courant passe, de la base, à travers des cables bien isolés dans l'intérieur de la locomotive. Tous les câbles, appareils fusibles, interrupteurs, etc., qui sont parcourus par le courant à haut potentiel, sont enveloppés, outre leurs couches isolantes, par une cuirasse métallique ininterrompue, qui est en connexion électrique avec la carcasse de la locomotive, et par suite avec la terre.

Cette cuirasse ne peut être ouverte qu'en certains points, où cela est absolument nécessaire pour le contrôle des appareils ; de petites portes à clef sont ménagées dans les caisses métal-

liques qui contiennent les appareils. Cet arrangement permet d'écarter tout danger d'une manière absolument sûre pour le personnel.

Aussi longtemps que l'isolation est intacte, aucun danger n'est à craindre. Un défaut quelconque de celle-ci provoque de suite un court-circuit, et partant la fusion du plomb, soit dans la locomotive, soit dans la sous-station. La locomotive reste dans les 2 cas sans courant. Pour éviter qu'après une inspection les portes sus-mentionnées ne restent ouvertes par négligence, la clef des portes est logée dans la caisse contenant la valve à air, qui commande la manœuvre de la prise de courant. Clef et valve sont mécaniquement combinées de manière que la première ne peut être retirée que si l'appareil de prise de courant est en bas et si la valve est close, par contre cette dernière ne permet le passage de l'air dans les cylindres, que si la clef est en place. A son tour la clef ne peut être retirée des portes, qu'après les avoir fermées au préalable. Il est ainsi évité, que, par négligence une partie quelconque sous tension puisse être touchée par le personnel, car on est absolument sûr que la machine est sans courant si une des portes se trouve ouverte.

Chacune des 2 phases des 2 trolleyes contient un fusible après passage desquels les phases correspondantes des deux trolleyes sont réunies. Un interrupteur à lames met l'appareil automatiquement hors circuit (abaissé).

En dérivation des conducteurs de réunion se trouvent les parafoudres, enfermés dans une caisse en fonte. Le courant de chaque phase passe dans des conducteurs communs, à travers des spires d'induction dans les caisses de division où il se bifurque aux interrupteurs primaires, et au transformateur, qui donne le courant à 100 volts pour l'éclairage, et pour l'alimentation du moteur du compresseur à air.

L'interrupteur primaire est du type à piston. Six fiches en cuivre isolées sont montées à la périphérie d'un disque horizontal. Au-dessus du disque, correspondant aux fiches, six douilles métalliques sont encastrées dans de la stabilité. Les câbles d'amenée sont en connexion avec 3 des douilles, les câbles de sortie, ceux qui amènent les courants aux moteurs, aux trois autres. Les fiches sont réunies deux à deux. L'élévation du disque, qui se fait par l'air comprimé, fait entrer les fiches dans leurs douilles correspondantes, fermant ainsi le circuit. Le changement du sens de la marche est obtenu par une rotation du disque de 60° autour de son axe vertical.

Chaque moteur à haute tension a son interrupteur primaire; ordinairement les deux appareils fonctionnent simultanément, mais en cas de besoin, lorsqu'un moteur est défectueux par exemple, ou bien si un moteur suffit pour le service, la simple fermeture d'un robinet met l'appareil hors de service. Le circuit à haute tension se ferme dans les inducteurs des moteurs primaires. Les deux types de moteurs sont réunis dans une caisse commune de sorte qu'ils ont l'aspect d'un seul moteur.

La locomotive contient deux double moteurs, logés, comme nous l'avons dit, dans la carcasse de la locomotive. La partie mobile du double moteur a ses coussinets fixés dans la carcasse du moteur; il ne sont exposés à aucune autre force qu'aux poids de leurs rotors. Parties fixe et mobile constituent ainsi une unité indépendante, qui à son tour, est logée dans les coussinets du châssis. Puisque les coussinets des rotors ont une ample lubrification, ils ne s'usent que très peu, d'où la possibilité d'un petit entrefer, et partant de bons moteurs.

Les parties rotatives des deux moteurs, tournant sur l'arbre commun, sont invariablement liées électriquement, de sorte que le moteur secondaire est à inducteur mobile et induit fixe.

La PL. VIII montre le double moteur en élévation; les connexions électriques entre

l'induit du moteur primaire et les bagues sont logées dans l'arbre manivelle et contre manivelle creux, au bout de laquelle se trouvent les bagues collectrices ; cette disposition a l'avantage considérable de faciliter l'accès de la seule partie d'un moteur d'induction qui demande une revision temporaire, car elle se trouve hors du cadre de la locomotive. C'était une raison importante en faveur du choix de l'emplacement des moteurs dans le châssis. Un autre avantage résulte encore de cette disposition. L'espace entier entre les longerons peut être occupé par le matériel actif des moteurs ; il en résulte que ceux-ci sont très puissants, sans avoir des diamètres excessifs, permettant par suite de maintenir les diamètres des roues couplées entre des limites rationnelles.

Le moteur primaire à 3.000 volts 15 périodes et 8 pôles, peut normalement exercer une puissance de 400 chevaux, à 225 tours. Le moteur secondaire a aussi 8 pôles : le groupe des deux moteurs tourne donc en cascade à 112,5 tours par minute. La puissance est la même, mais la vitesse étant moitié moindre, il faut que l'effort soit double. Le cahier des charges prescrivait qu'une paire de moteurs doit supporter une surcharge de 600 chevaux pendant une heure, et une de 800 chevaux pour des faibles durées. Les prescriptions concernant l'accélération des trains furent stipulées comme suit : La locomotive devait être capable d'accélérer un train de 400 tonnes (locomotive comprise) sur une rampe d'un maximum de 1 ‰ de 0 à 30 km. en 55 secondes, un train de 250 tonnes de 0 à 60 km. en 110 secondes. Ce dernier train doit être accéléré jusqu'à 30 km., même sur une rampe de 20 ‰. Les essais de réception ont démontré que la locomotive a su répondre aux exigences posées.

Le courant, engendré dans l'induit du moteur primaire, à la tension maxima de 400 volts, passe en cascade dans l'inducteur mobile du moteur secondaire dont les bornes fixes de l'induit sont en connexion électrique avec les touches correspondantes du contrôleur, d'où il passe au rhéostat de démarrage.

A grande vitesse, le circuit du stator secondaire est ouvert, le courant induit dans le rotor primaire passe à travers les bagues collectrices, et par les touches du contrôleur aux résistances de démarrage. Ces résistances sont du type à liquide, sanctionné par l'expérience d'un service de deux années sur la Valteline (1). Une pareille résistance semble être toute indiquée pour le service de traction parce que d'une part la diminution de la résistance intercalée se produit d'une manière continue sans le moindre choc, comme avec les résistances métalliques ; d'autre part, elles supportent des surcharges illimitées sans détérioration notable, ayant une capacité calorifique très considérable. La seule conséquence d'une surcharge même excessive serait l'évaporation de quelques litres d'eau, qui peuvent être facilement remplacés.

Le rhéostat à liquide consiste en un récipient d'eau, au-dessus duquel se trouve une bêche en fonte, dans laquelle sont suspendues trois groupes de tôles d'inégale longueur. Les 3 bornes des induits sont en connexion électrique avec ces trois groupes. Au moment du démarrage une solution alcaline est pneumatiquement montée du récipient à la bêche, et en atteignant les extrémités inférieures des tôles, ferme le circuit, et le moteur démarre. Au fur et à mesure, que la solution monte, la résistance intercalée diminue, et la vitesse augmente. Lorsque le liquide est arrivé au niveau maximum, prévu la résistance est automatiquement mise en court circuit, par l'influence d'un flotteur. Pour activer le refroidissement du rhéostat, on a pourvu la bêche de tuyaux à ailettes.

(1) Ce système de rhéostat a été employé précédemment sur la locomotive électrique à grande vitesse du P. L. M. décrite dans la *Revue Générale* (n° de novembre 1898).

L'installation électrique est complétée par les circuits du moteur compresseur, et par l'éclairage électrique.

Installation pneumatique. — Toutes les manœuvres des appareils se font exclusivement par l'intermédiaire de l'air comprimé ; la force physique du mécanicien n'est nullement occupée, de sorte qu'il peut concentrer toute son attention à l'inspection de la ligne et des appareils.

La PL. IX donne le schéma de l'installation pneumatique de la locomotive.

L'air comprimé est produit par un moteur compresseur ; ce dernier présente un intérêt spécial à cause de sa nouvelle construction. Au lieu d'employer les soupapes dont le fonctionnement est désagréablement bruyant, on y a appliqué des tiroirs, qui travaillent silencieusement. Le moteur est alimenté par le courant à 110 volts des bornes secondaires du petit transformateur. Dans le circuit de celui-ci est placé un interrupteur automatique qui ouvre le circuit électrique aussitôt que la pression d'air dans les réservoirs atteint 6,2 atmosphères, et le ferme, si cette pression descend jusqu'à 5,8 atmosphères. La pression du réservoir agit sur une membrane dont le déplacement agit sur l'interrupteur. Le mécanicien est donc sûr qu'il a toujours la pression d'air prescrite dans le réservoir, sans qu'il lui faille agir d'une manière quelconque : il n'intervient que dans le cas d'une avarie de l'interrupteur et il se sert alors d'un interrupteur à main.

Comme le schéma le montre la locomotive a deux places pour le conducteur, chacune servant pour une direction de marche.

Les appareils des deux places sont identiques.

Dans la suite nous donnerons une courte description du fonctionnement des appareils et du réglage de la marche de la locomotive.

Avant le service, s'il n'y a pas de pression dans les réservoirs le conducteur comprime avec une petite pompe à main l'air nécessaire pour élever le trolley. Ceci fait, le compresseur commence à travailler, et remplit les réservoirs jusqu'à ce que la pression atteigne 6,2 atmosphères.

Deux appareils, placés aux deux extrémités de la locomotive servent au contrôle de tous les autres appareils, nous l'appellerons contrôleur général.

Cet appareil, a trois manivelles dont la première, celle du bas, sert à l'inversion du sens de marche, en laissant passer l'air comprimé sur une ou l'autre surface d'un petit piston dans un cylindre, suivant la direction de marche voulue. Le déplacement de ce piston agit sur les plaques des interrupteurs primaires, qui tournent sous cette action de 60° autour de leurs axes verticaux changeant ainsi les connexions entre deux phases. Après avoir placé cette manivelle dans sa position exacte on met la seconde manivelle dans la position de « petite vitesse ».

Dans cette position elle permet le passage de l'air sur la surface supérieure d'un piston différentiel, qui maintient le contrôleur dans la position de la petite vitesse.

Si les deux manivelles sont dans leurs positions extrêmes (positions exactes) on peut agir sur la troisième (longue manivelle), qu'on tourne lentement vers soi. Après un déplacement d'environ 12° l'air comprimé entre dans les cylindres respectifs des interrupteurs primaires, élève les plaques avec les fiches, et ferme ainsi le circuit à haute tension. La locomotive ne démarre cependant pas encore, car le circuit secondaire est encore ouvert. Tournant d'avantage la manivelle en question, on fait actionner le « réducteur d'air » — une combinaison des valves membrane et ressorts, réduit la pression d'air à volonté. Chaque pression intermédiaire peut-

être facilement produite, suivant la position de la manivelle. Au bout d'un tour, la pression dans le réducteur atteint sa valeur maxima.

L'air, à pression réduite, est amené aux valves principales du rhéostat à liquide.

C'est, à proprement parler une combinaison de plusieurs valves, relais et ressorts, servant tous pour le réglage du fonctionnement du rhéostat. Le principe de ce fonctionnement est de maintenir le courant dans le rhéostat en proportion avec la pression d'air dans le réducteur, et constant pour chaque pression. Ceci équivaut à un effort de traction constant, pour toute position de la manivelle du contrôleur général, et d'autant plus grand, que cette position s'approche vers l'extrémité de la course de la manivelle.

Cette régulation est obtenue par l'action combinée d'une membrane différentielle sur laquelle agit d'une part la pression d'air du réducteur, d'autre part la pression de l'armature d'un électro aimant, parcouru par le courant du rotor.

La déformation de la membrane agit sur la soupape d'admission de l'air, le liquide monte plus ou moins vite dans la bêche, suivant que la pression de l'air est plus ou moins réduite. Il est donc possible de démarrer avec un effort de traction arbitrairement choisi entre les limites de la puissance de la locomotive ; il suffit de déplacer la manivelle jusqu'à ce que l'ampère-mètre indique le courant voulu. En arrêtant dans cette position la manivelle ce courant reste constant pendant le démarrage. — Le maximum de l'effort moteur, obtenu pendant plusieurs démarrages d'essai, a été de 12 tonnes à la jante des roues. Ordinairement, on démarre avec 65 ampères primaires par moteur, ce qui équivaut environ à un effort de traction de 6 tonnes en cascade et 3,5 tonnes en parrallèle. Lorsque le liquide a atteint sa position maxima, la résistance intercalée diminue au minimum et un flotteur agit sur une valve à air comprimé actionnant un piston dont le déplacement fait actionner l'appareil de court circuit. La vitesse de régime est alors atteinte. Pour passer maintenant à la grande vitesse, le mécanicien ramène la manivelle dans la position d'origine. Par ce mouvement il actionne la valve d'échappement du rhéostat, l'air qui maintient le liquide dans le rhéostat à bonne hauteur s'échappe, le liquide tombe ; le flotteur ouvre aussi une soupape derrière le piston de l'appareil de court circuit, qui, sous l'action d'un ressort antagoniste, rompt quelques instants avant la chute d'eau, le court circuit du rotor. Après l'interruption du courant secondaire, le circuit primaire est aussi rompu, car le retour de la manivelle provoque aussi l'échappement de l'air qui maintient les interrupteurs primaires fermés. Si la manivelle est arrivée à la position d'origine, le mécanicien déplace le second levier dans la position de la grande vitesse, c'est-à-dire qu'il fait agir l'air comprimé sur le grand piston du contrôleur qui est entraîné dans la position correspondante.

A ce moment la manœuvre précédente recommence, jusqu'à ce que la pleine vitesse soit obtenue.

Deux dispositions évitent une fausse manœuvre.

D'abord, pour que la locomotive ne soit dirigeable que d'une seule place à la fois, chaque contrôleur général reçoit l'air comprimé à travers le second contrôleur. Et celui-ci ne permet le passage, que s'il est complètement isolé du circuit pneumatique. Une fausse manœuvre accidentelle sur le second contrôleur, pendant que le conducteur démarre avec le premier, n'influe aucunement sur le bon fonctionnement de celui-ci, car le premier est pneumatiquement isolé. De même, le démarrage est impossible aussi longtemps que cette isolation n'est obtenue par la mise dans la position correcte des soupapes dans les conduites d'amenée.

Ensuite pour que les diverses manœuvres ne soient possibles que dans l'ordre prescrit, les

mouvements des trois manivelles du contrôleur général sont mécaniquement liées de façon, que les deux premiers leviers ne peuvent être déplacés, que dans la position d'origine (moteurs hors circuit) du troisième, et que ce dernier ne peut être manœuvré, que si les deux premiers sont dans leurs positions exactes.

Pour protéger les moteurs contre des surcharges momentanées ou temporaires, des interrupteurs maxima sont intercalés dans les circuits électriques et pneumatiques. Ces appareils, un pour chaque moteur : fonctionnent, sous l'action composée du courant et de l'air comprimé, à la façon des plombs fusibles. C'est-à dire ils mettent les moteurs momentanément hors circuit si une surcharge brusque, court circuit par exemple, se produit (fusion momentanée d'un fusible), et ils le mettent aussi, mais après un temps prolongé, si une surcharge prolongée met les moteurs en danger (fusion après un long échauffement).

C'est le seul moyen raisonnable de protéger convenablement les moteurs.

Les fusibles sont en conséquence tellement grands, qu'ils ne fonctionnent qu'en cas de court circuit, la protection de l'installation électrique contre des surcharges prolongées nécessite l'emploi des interrupteurs maxima.

L'installation pneumatique est encore complétée par un sifflet à air comprimé, par une sablière pneumatique système Brüggmann, et par l'installation du frein westinghouse actionnant les 6 roues couplées.

Résultats d'expérience et essais de réception. — Les locomotives furent essayées conformément aux cahiers des charges du chemin de fer du Midi Italien. La Commission de réception, constata que les locomotives répondaient aux exigences du service et qu'elles étaient capables de remplacer entièrement les locomotives à vapeur.

Nous lisons dans le rapport du congrès de l'association italienne des ingénieurs électriciens, tenu à Bologne au mois d'octobre 1904 (paru dans le N° 44 de l'Électricità du 4 novembre 1904) que parmi les nombreux essais de réception, les suivants sont remarquables :

La locomotive remorquait un train de 270 tonnes à 64 km/heure et consommait sur une rampe de 10 ‰ 150 à 160 Ampères.

Sur la même ligne des trains de marchandises de 460 tonnes furent remorqués à 32 km.

Sur une rampe de 20 ‰ un train de 250 tonnes ont plusieurs fois démarré ; la locomotive consommait alors 190 à 200 Ampères.

En palier, on a accéléré un train de 400 tonnes jusqu'à 32 km. en 55 secondes. Un train de 250 tonnes atteint la vitesse de 64 km en 110 secondes.

En ce qui concerne le service des manœuvres dans les gares, les locomotives satisfont aux exigences les plus lourdes ; pendant les essais, on a démarré 20 fois en 120 secondes avec un train de 400 tonnes, sans que le bon fonctionnement de l'équipement électrique en fut altéré.

Ces résultats prouvent mieux que tout autre chose, que ces locomotives sont bien capables de remplacer entièrement les locomotives à vapeur, même dans les circonstances d'un service d'une grande ligne internationale.

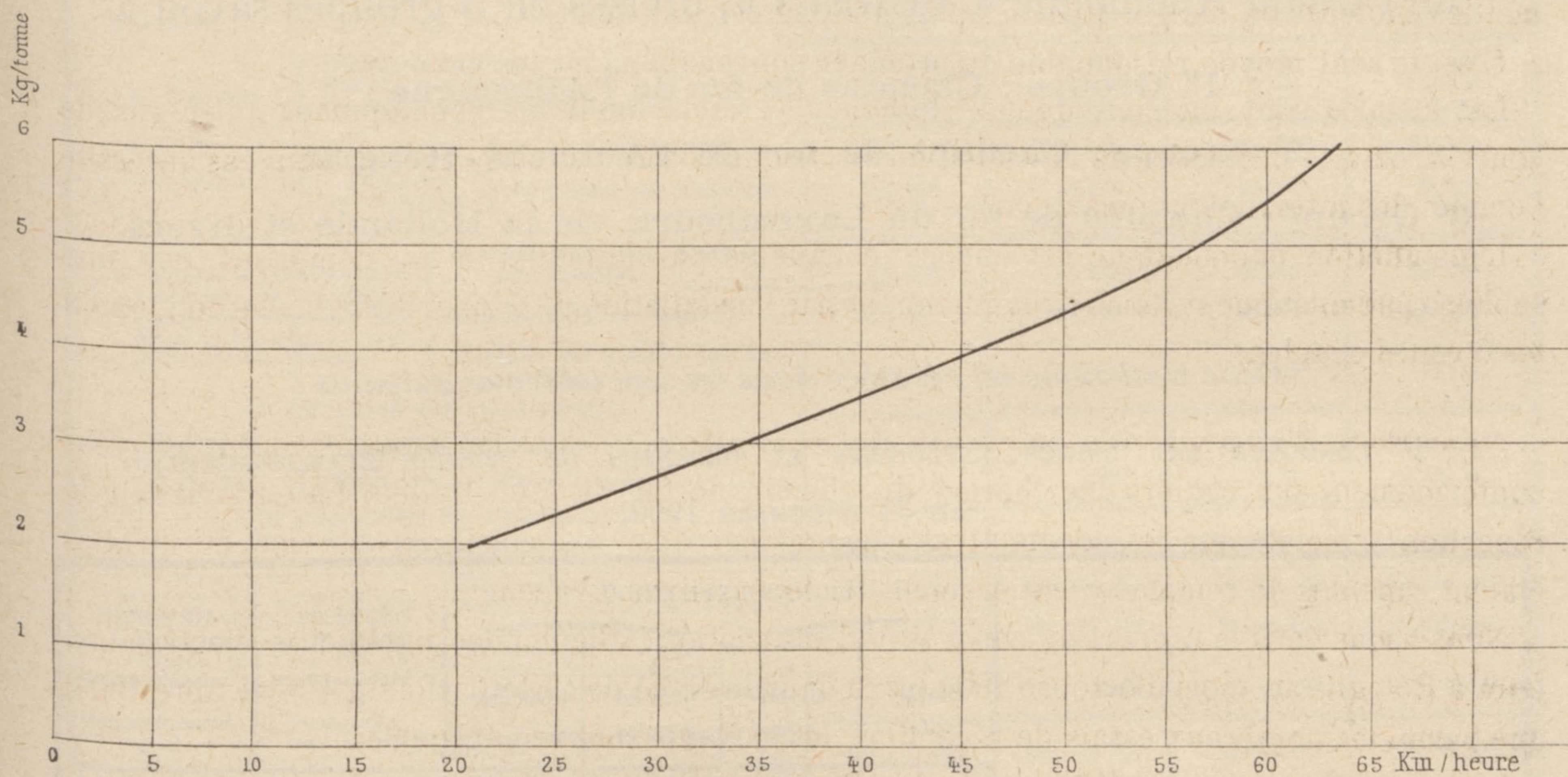
Indépendamment des essais de cette Commission, la maison Ganz procédait encore à une série d'essais pour déterminer la résistance au roulement de la locomotive même.

Nous savons, que cette résistance se compose de deux termes, dont le premier est indépendant de la vitesse, et représente la résistance due au frottement des pièces frottantes et des roues, qui est pratiquement constant, le second varie sensiblement avec le carré de la vitesse, et représente la résistance de l'air, des mouvements nuisibles, etc.

Ayant adopté le système de transmission par bielles, aux locomotives électriques on pourrait croire, que ce premier terme de la résistance s'approche de la grandeur de celui des locomotives à vapeur. Mais les essais ont clairement démontré, que la résistance au roulement n'est pas beaucoup plus grande que celles des voitures ordinaires.

La (Fig. 5) montre un diagramme, qui donne cette résistance en fonction de la vitesse. Ce diagramme a été dressé, après les données de plusieurs essais, et donne par conséquent des valeurs moyennes.

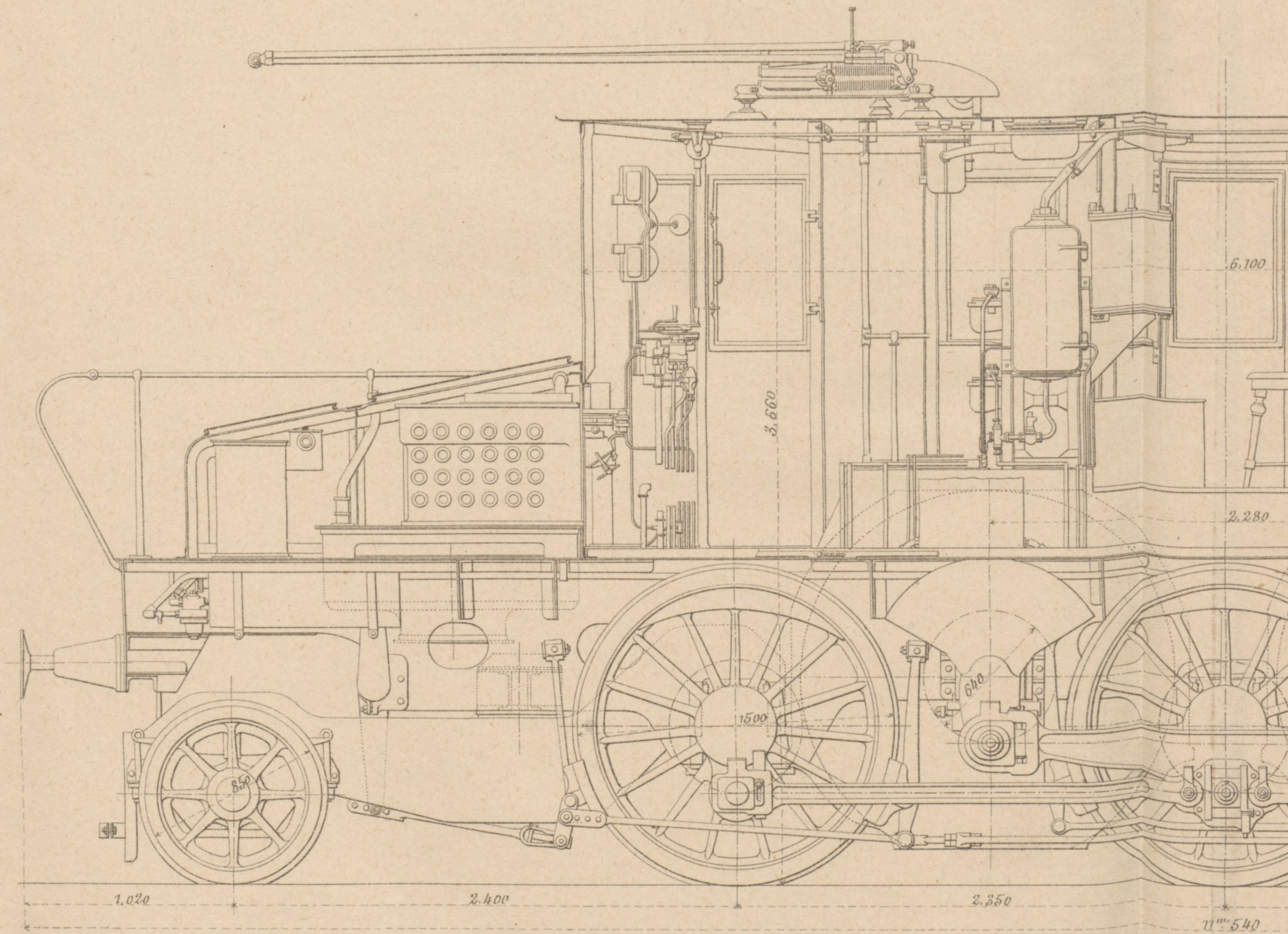
Fig. 5. — DIAGRAMME DE LA RÉSISTANCE AU ROULEMENT DE LA LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE EN FONCTION DE LA VITESSE.



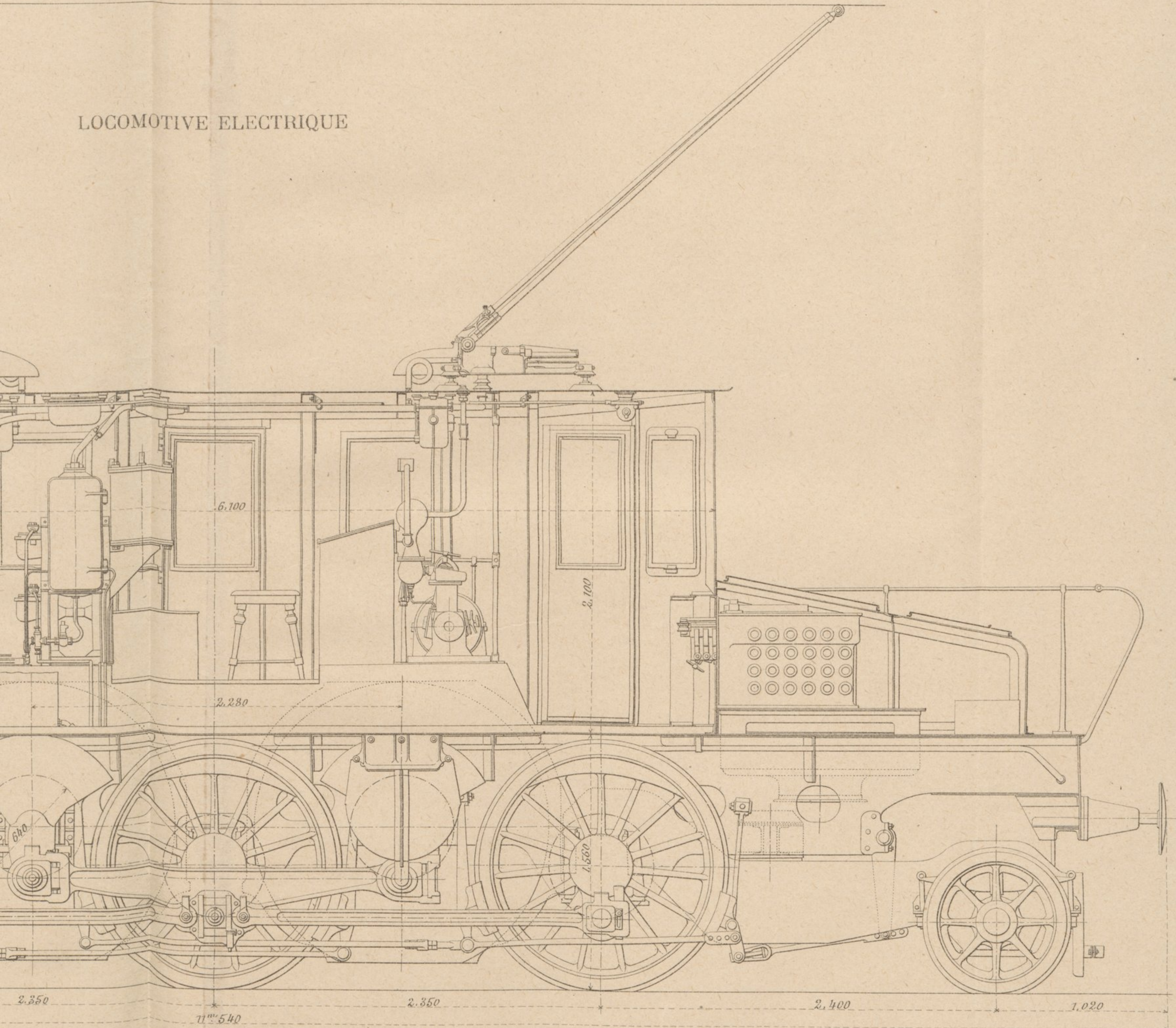
Nous voyons que la résistance propre est approximativement 6 kg. par tonne à 62 km, tandis que celle d'une locomotive à vapeur atteint au moins le double de cette valeur à la même vitesse.

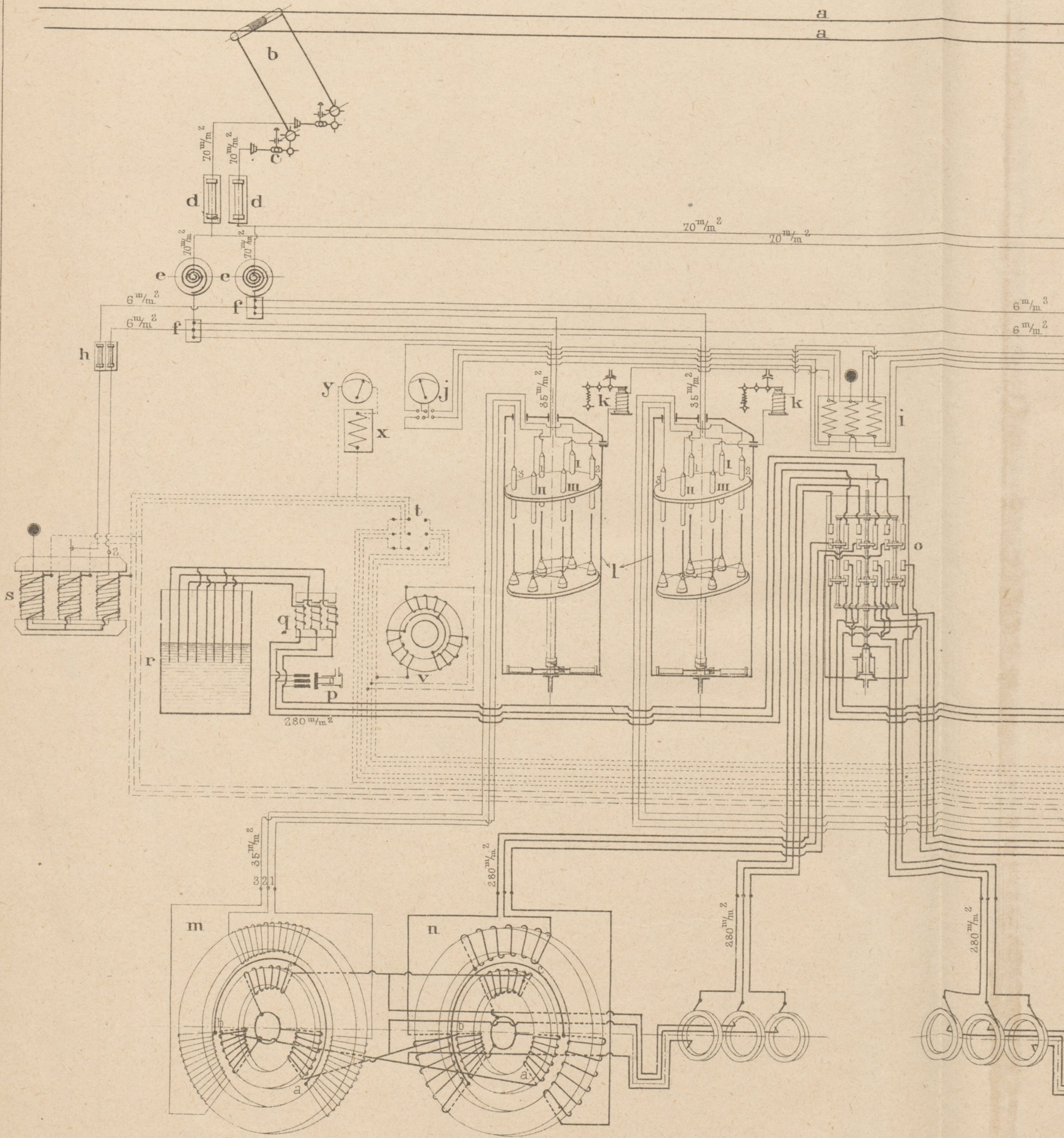
La cause en est dans le frottement considérable des pistons et des tiroirs contre les parois.

LOCOMOTIVE ELEC

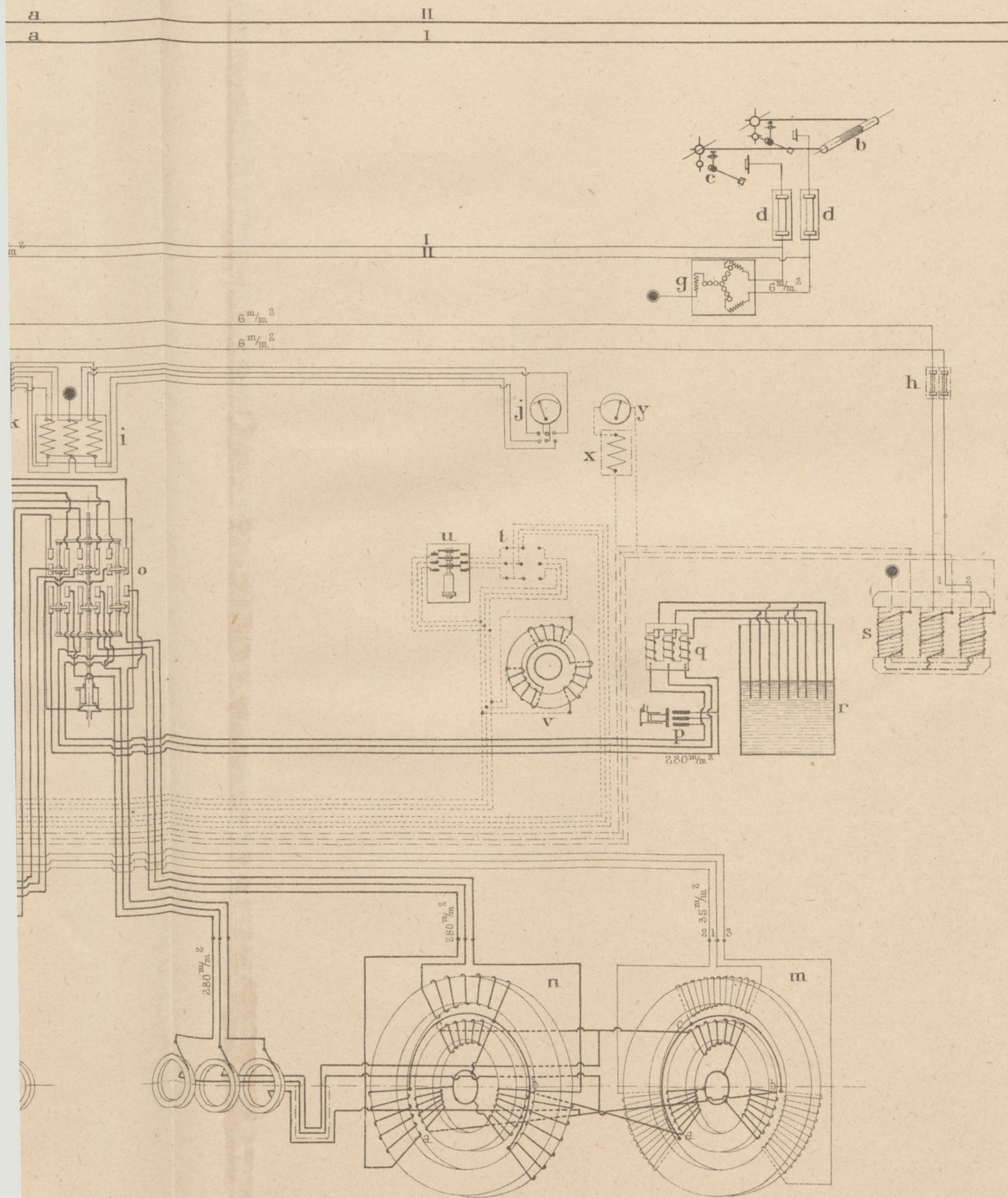


LOCOMOTIVE ELECTRIQUE





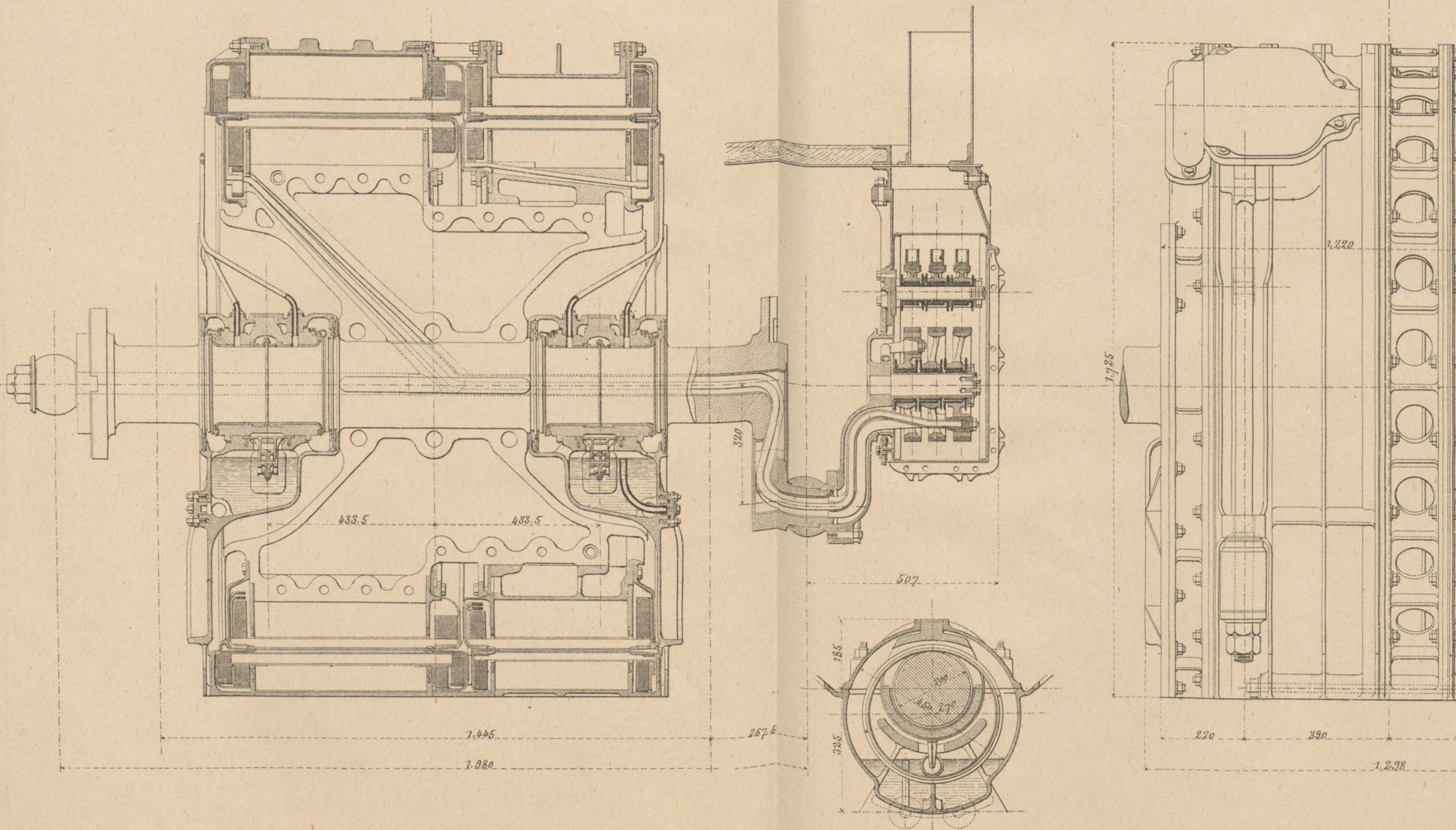
SCHEMA DES CONNEXIONS



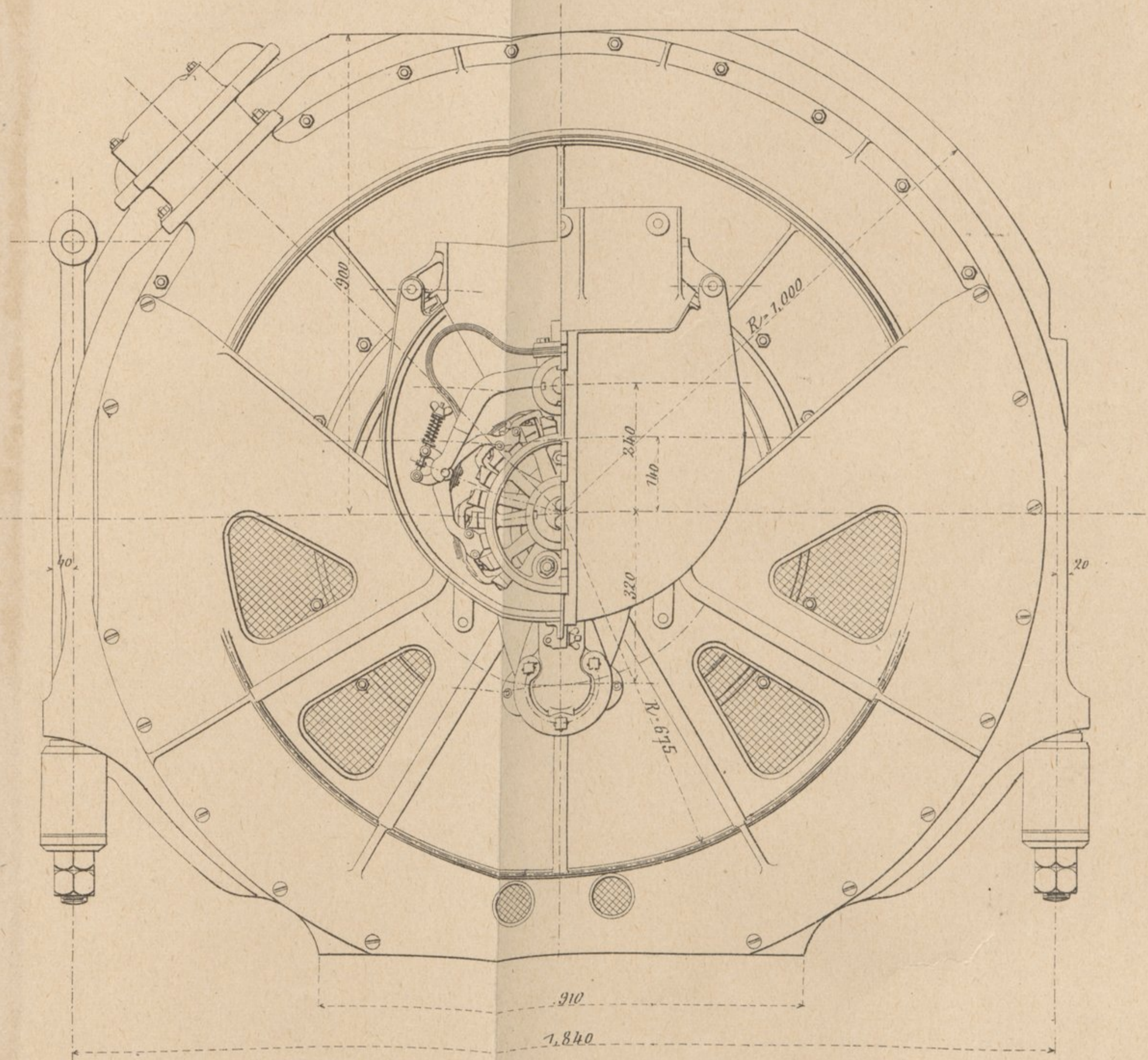
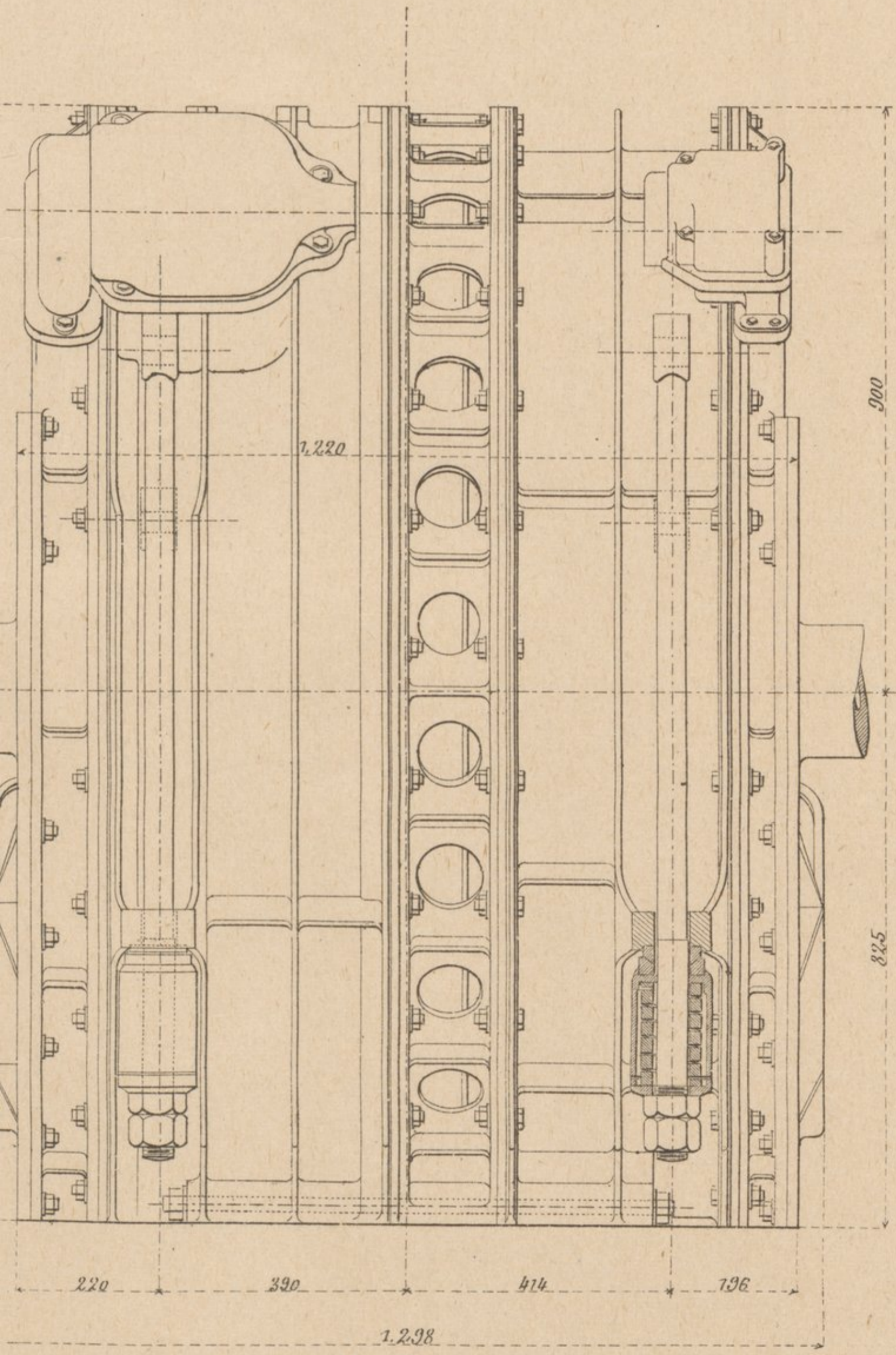
Légende.

- a Fils de trolley.
- b Rouleaux de trolley.
- c Interrupteur de trolley.
- d Fusibles.
- e Bobines d'induction.
- f Caisse de séparation.
- g Parafoudre.
- h Fusibles du transformateur.
- i Shunt d'ampèremètre.
- j Ampèremètre.
- k Interrupteur maxima. automatique.
- l Interrupteur primaire.
- m Moteurs à haute tension.
- n Moteurs à basse tension.
- o Contrôleur.
- p Appareil de court-circuit.
- q Relais du rhéostat à liquide.
- r Rhéostat à liquide.
- s Transformateur.
- t Interrupteur à main du moteur-compresseur.
- u Interrupteur automatique du moteur-compresseur.
- v Moteur-compresseur.
- x Résistance additionnelle du voltmètre.
- y Voltmètre.

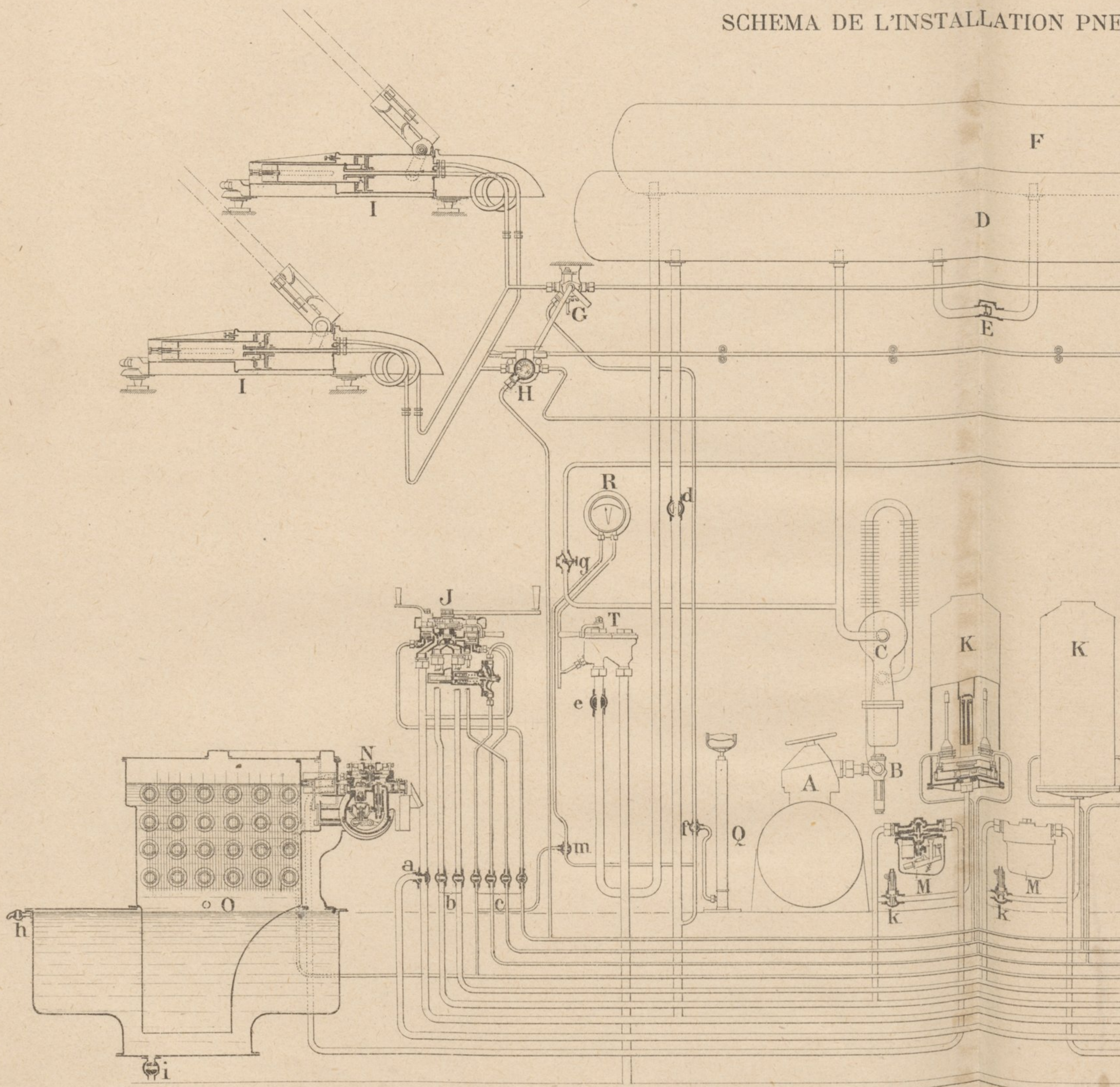
DOUBLE MOTEUR



DOUBLE MOTEUR



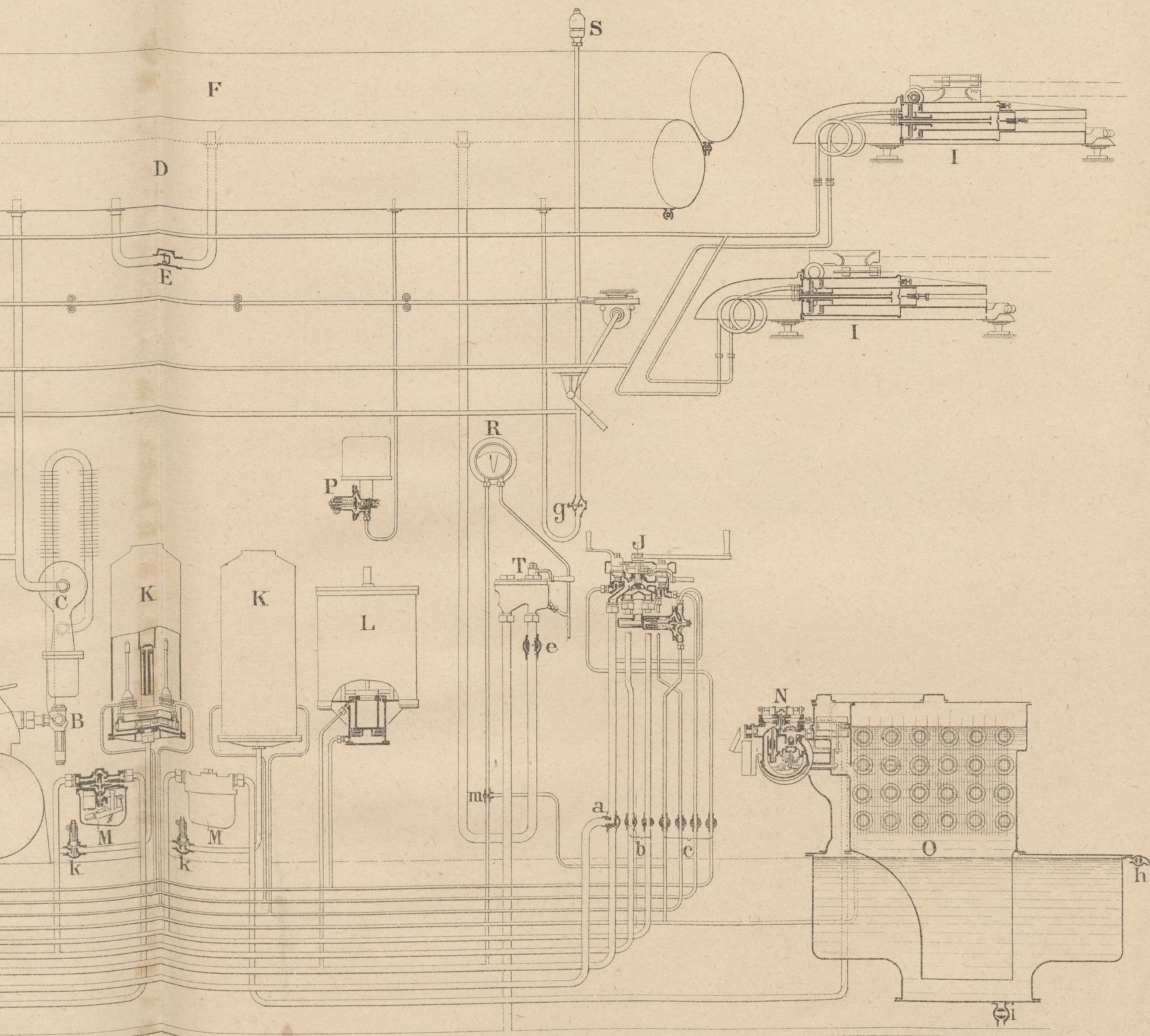
SCHEMA DE L'INSTALLATION PNE



Légende.

- | | | |
|--|--|--|
| <p>A Compresseur.</p> <p>B Valve de retenue.</p> <p>C Séparateur d'huile.</p> <p>D Réservoir d'air pour les appareils électriques.</p> <p>E Valve de retenue.</p> <p>F Réservoir d'air pour le frein.</p> <p>G Controleur du trolley à action directe.</p> <p>H _____ d'_____ à action indirecte</p> | <p>I Base du trolley.</p> <p>J Controleur général.</p> <p>K Interrupteur primaire.</p> <p>L Controleur électrique.</p> <p>M Interrupteur maxima automatique.</p> <p>N Valve principale du rhéostat</p> <p>O Rhéostat à liquide.</p> <p>P Interrupteur automatique du moteur compresseur.</p> | <p>Q Pompe à manivelle.</p> <p>R Manomètre.</p> <p>S Sifflet.</p> <p>T Valve du frein.</p> <p>a } Robinets de</p> <p>b } </p> <p>c } </p> <p>d } Robinet princ</p> |
|--|--|--|

DE L'INSTALLATION PNEUMATIQUE



Légende.

- Q Pompe à main.
- R Manomètre.
- S Sifflet.
- T Valve du frein à air.
- a } Robinets de sécurité.
- b }
- c }
- d Robinet principal.

- e Robinet du frein à air.
- f — d° — de la pompe à main.
- g — d° — du sifflet.
- h — d° — d'épreuve.
- i — d° — de vidange.
- k Valve d'inversion pour l'interrupteur primaire.
- m Robinet pour le réducteur d'air.