
APPLICATION

DU MOTEUR A HYDROCARBURES

à la traction sur voies ferrées

Par M. E. BRILLIÉ

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES
INGÉNIEUR-CONSEIL AUX ÉTABLISSEMENTS SCHNEIDER

PREAMBULE

Le Congrès International des combustibles liquides, qui s'est tenu à Paris en Octobre 1922 sous la présidence de M. le Doyen Paul Sabatier, a été une manifestation scientifique et industrielle dont l'honneur échoit à la Société de Chimie industrielle. Grâce à elle, savants et industriels, techniciens et consommateurs, venus de tous pays, ont pu constater les progrès toujours accrus des combustibles liquides dans l'économie moderne, discuter les problèmes non encore résolus, confronter leurs points de vue et leurs méthodes. En même temps, l'opinion publique, trop souvent indifférente ou mal informée sur le mouvement général des idées et des faits a été frappée et intéressée, au plus haut degré, par cette suggestive « leçon de choses » que constituait l'Exposition, sur l'Esplanade des Invalides, de produits et d'appareils, faisant dérouler sous les yeux le cycle complet de la production et de l'utilisation.

Les organisateurs avaient pensé, à juste titre, qu'il convenait, au seuil des travaux du Congrès, de fixer les idées et de débayer la besogne, en groupant, dans une série de conférences préliminaires, l'étude des grands problèmes relatifs à l'utilisation des combustibles liquides. C'est ainsi, notamment, que l'emploi des huiles minérales et résidus dans la marine fut étudié avec un soin particulier par des spécialistes avertis. La série de ces études eût été incomplète si le grand problème de l'application des hydrocarbures liquides à la traction sur voies ferrées n'avait été abordé. Il le fut, d'une façon si intéressante par M. E. Brillié, Ingénieur des Arts et Manufactures, qu'il a paru utile à la *Revue Générale* de publier in-extenso cette conférence en attendant le compte rendu complet des travaux du Congrès, annoncé par la Société de Chimie industrielle (1).

L'emploi des hydrocarbures liquides dans la traction sur voies ferrées peut se concevoir et se réaliser de deux façons, comme dans la marine d'ailleurs ; soit dans les chaudières génératrices

(1) Ce compte rendu fait l'objet d'un N° spécial de " Chimie et Industrie ".

de vapeur, soit dans les moteurs. L'utilisation des hydrocarbures, sous formes de résidus, dans les chaudières, est bien moins recommandable, on le sait, au point de vue du rendement, que l'utilisation dans les moteurs ; M. E. Brillié s'est exclusivement attaché dans sa Conférence, à l'étude de l'emploi du moteur à hydrocarbures dans la traction sur voies ferrées ; dès le début, il rappelle que le moteur avait connu la voie ferrée avant d'entreprendre, à la fin du siècle dernier, la conquête de la route.

Après avoir rappelé les avantages de la traction par moteurs à hydrocarbures et les éléments numériques qui entrent en jeu dans l'établissement d'un véhicule automoteur sur rails, l'auteur passe en revue un grand nombre de locotracteurs et d'automotrices, qu'il classe suivant le mode de transmission qui leur est propre : transmissions mécaniques, hydrauliques, électriques, électro-mécaniques, comportant l'emploi de l'air comprimé. Cette classification permet à l'auteur de présenter une série très complète de moteurs et mécanismes, dans laquelle on trouvera des renseignements intéressants. Enfin, dans une conclusion très ferme, M. E. Brillié résume les raisons qu'il a de croire au succès à venir du moteur à hydrocarbures sur les voies ferrées ; il ouvre même des horizons nouveaux en montrant combien la traction par moteur est supérieure à la traction à vapeur dans les pays dépourvus d'eau : c'est la question des chemins de fer transafricains qui s'éclaire d'un jour particulier.

R. G.

GÉNÉRALITÉS

HISTORIQUE. — Les premières applications du moteur à explosions à la voie ferrée sont antérieures à l'automobile ; avant que le moteur léger n'eût entrepris la conquête de la route, des tracteurs munis de moteurs lents, type fixes, ont été utilisés sur des voies minières ou de chantiers.

La première application du moteur à explosions à un véhicule de tramway paraît être celle faite à Cannstadt, par Daimler, en 1888 (1). Le véhicule fut présenté à l'Exposition de 1889 par MM. Panhard et Levassor ; il était muni d'un moteur « Phenix », tournant à 700 tours ; c'est ce moteur qui, adapté après l'Exposition à un châssis approprié à la route, permit de réaliser la première automobile Panhard.

Dès l'apparition du moteur léger, l'activité des constructeurs s'est surtout portée vers l'automobilisme ; toutefois, quelques-uns ont dès le début abordé la construction de petites locomotives ou « locotracteurs », et d'« automotrices ».

La guerre a donné une impulsion vigoureuse à ce mode de traction en démontrant la supériorité, au point de vue militaire, des locotracteurs à essence sur la locomotive à vapeur.

AVANTAGES. — La traction par moteur à hydrocarbures présente les avantages suivants :

Possibilité d'une mise en marche immédiate.

Facilité de conduite.

Suppression de la dépense en combustible pendant les stationnements.

Suppression des postes d'alimentation d'eau.

Possibilité d'effectuer un long service, sans réapprovisionnement en eau et en combustibles ; la dépense en eau pouvant être réduite à quelques litres par jour, et la consommation en

(1) *La Nature*, N° du 6 Octobre 1888 : Tramway Daimler. — *La Revue Générale* N° de Novembre 1903 : Automotrices à essence système Daimler.

combustibles représentant un poids 8 à 10 fois moindre que celui du charbon nécessaire à une locomotive à vapeur de même puissance.

Economie de temps passé aux prises d'eau, au nettoyage des tubes, au décrassage de la grille, etc.

Diminution des frais d'entretien, en raison de la suppression de la chaudière.

Absence des mouvements secondaires (lacet) fatiguant la voie.

Absence des fumées et des projections d'escarbilles.

Poids adhérent sensiblement constant en raison du faible poids des approvisionnements consommés.

Enfin, à poids égal, meilleure adhérence qu'avec la vapeur, en raison de la continuité du couple moteur ; avec la vapeur, le couple moteur pour un tour de roue n'est pas constant ; il comporte des pointes qui tendent à amorcer le patinage.

Ces avantages, dont certains sont primordiaux au point de vue militaire, se retrouvent pour les applications industrielles, et l'on comprend l'intérêt que portent à la question, aussi bien les chantiers utilisant des voies ferrées que les entreprises de transport.

Les véhicules automoteurs sur voies ferrées comprennent :

a) Les « locotracteurs », ainsi que l'on désigne généralement les locomotives à hydrocarbure, les petites unités tout au moins.

b) Les « automotrices » ou véhicules de service autonomes, susceptibles éventuellement de prendre en remorque un ou plusieurs véhicules.

LOCOTRACTEURS (1) —. Ce genre de machines peut être établi pour desservir des voies de mines, d'entreprises, d'exploitations, d'usines, de gares, etc.

Elles sont à adhérence totale et pourvues d'un mécanisme réversible, la marche dans les deux sens pouvant être commandée d'un poste de manœuvre unique (sauf pour les très grosses unités dont il sera question par la suite).

Les machines destinées à des exploitations souterraines sont établies basses pour pouvoir circuler dans les galeries. Quand elles doivent desservir des mines grisouteuses, elles sont munies de dispositifs de sécurité contre les propagations de flammes.

Les locotracteurs destinés à la voie normale peuvent se diviser en deux catégories :

1^o Machines de manutention pour usines, raccordements, etc., susceptibles de circuler dans de très faibles rayons (20 à 30 m) et pouvant être tournées sur des plaques de dimensions réduites ; ces machines doivent être établies à faible empatement, avec roues de petit diamètre ; elles peuvent d'ailleurs être utilisées pour les manœuvres de gares ;

2^o Machines spéciales pour manœuvre de gare, susceptibles, pour se déplacer d'une gare à l'autre, d'entrer dans la composition d'un train ; ces machines doivent répondre aux conditions ci-après : empatement minimum 2.500 m ; essieux suspendus, susceptibles d'être libérés de toute liaison avec les mécanismes.

Ces deux types de machines sont généralement munis d'un treuil ou d'un cabestan ;

3^o Signalons, pour mémoire, les machines destinées à la remorque des trains de lignes, machines qui, dans un avenir prochain, entreront dans le domaine de la réalisation.

(1) Voir *Revue Générale* Nos de Novembre 1913, Janvier 1914, Octobre 1922.

AUTOMOTRICES (1). — Ces véhicules, destinés généralement au transport des voyageurs, peuvent être établis suivant des dispositions assez diverses, en raison de la variété des programmes posés ; ils peuvent être à 2 essieux ou à bogies ; avec 1 ou 2 ou 4 essieux moteurs. Lorsque l'on dispose de moyens de tournage, l'automotrice peut être établie avec un seul poste de manœuvre, ce qui conduit à la disposition la plus simple ; sinon, le véhicule doit être réversible, avec un poste à chaque extrémité.

INDICATIONS NUMÉRIQUES. — Rappelons brièvement quels sont les éléments numériques qui entrent en jeu dans l'établissement d'un véhicule automoteur sur rails :

Résistance au roulement d'un train. — Elle varie avec l'état de la voie et de la vitesse.

A faible vitesse, au-dessous de 40 km par exemple, on peut l'estimer à 4 ou 5 kg par tonne sur une bonne voie, à 8 ou 10 kg sur une voie moins bien établie, une voie de chantier, par exemple.

Avec la vitesse, dès que l'influence de la résistance de l'air se fait sentir, la résistance par tonne augmente rapidement, plus rapidement avec une automotrice qu'avec un train ; car pour une vitesse déterminée, la résistance l'air sur le front du véhicule sera plus grande, ramenée au tonnage, pour un véhicule isolé que pour un train lourd. Ainsi, dans les essais récents effectués aux chemins de fer de l'Etat, il a été reconnu que, pour un train automoteur de 25 t (automotrice et remorque), la résistance au roulement à 60 km à l'heure était de 10 kg par tonne, alors qu'avec un train de 3 ou 400 t, elle est de 3 à 4 kg seulement.

A la résistance au roulement, il convient d'ajouter les résistances dues aux déclivités, soit 1 kg par mm de pente par mètre.

Adhérence. — Elle est fonction de l'état du rail ; les coefficients généralement admis sont les suivants :

Rail très sec	1/5	soit	20 %	du poids adhérent.
Beau temps.....	1/6	—	16 —	—
Forte pluie.....	1/7	—	14 —	—
Brumeux, humide.....	1/8	—	12,5 —	—
Brouillard.....	1/9	—	11 —	—
Rail gras (souterrain).....	1/10	—	10 —	—
Sur feuilles mortes.....	1/12	—	8 —	—

L'emploi de la sablière permet de réaliser une adhérence pouvant atteindre 1/4, soit 25 % du poids.

Pour la bonne utilisation du poids de la machine, il convient que l'effort tangentiel maximum aux roues concorde avec l'adhérence maximum, cet effort doit donc être égal à 20

(1) Voir *Revue Générale* Nos de Mars et Août 1911, Novembre 1912, Avril 1913, Août 1921, Mars 1922, Novembre 1922, Mars 1923.

ou 25 % du poids adhérent. Une machine à adhérence totale ainsi établie peut, dans des conditions de bonne adhérence, démarrer et remorquer :

20 à 25 fois son poids en palier.			
12 à 15 —	—	en rampe de	5 mm
9 à 10 —	—	—	10 mm
5 à 6 —	—	—	20 mm
3 —	—	—	40 mm
1,5 —	—	—	60 mm
1 —	—	—	100 mm

en comptant pour le train une résistance de 6 à 8 kg par tonne.

Nous considérerons ces conditions comme remplies pour les différentes machines dont nous donnerons plus loin la description ; nous admettrons que leur capacité de traction correspond au tableau ci-dessus.

MOTEURS. — Les premiers locotracteurs étaient actionnés par des moteurs horizontaux à 1 ou 2 cylindres, à allure lente (300 à 350 tours), principe qui a été conservé par certains constructeurs.

La majorité des constructeurs ont adopté aujourd'hui les moteurs type automobiles à 2, 4, 6 ou 8 cylindres suivant la puissance, moteurs susceptibles de fonctionner aux hydrocarbures volatiles, c'est-à-dire essence, benzol ou alcool carburé ; dans cette dénomination rentre le carburant dit " National " qui est constitué par une solution de 10 % d'alcool à 99°,7 dans l'essence.

L'on a également essayé l'emploi de la naphthaline ; ce produit, une fois fondu vers 70°, se comporte comme le benzol au point de vue des conditions de fonctionnement, (taux de compression, avance à l'allumage, etc.) ; ce carburant est intéressant dans le cas de moteurs travaillant d'une façon continue. Signalons que la naphthaline peut être employée en dissolution dans les carburants mentionnés plus haut, moyennant l'emploi de certains solvants (1).

Il n'entre pas dans le cadre de notre étude de donner la description de ces moteurs et d'indiquer les particularités de fonctionnement ou de réglage qui concernent l'emploi de ces différents carburants.

L'on a cherché à utiliser des produits peu volatils comme le pétrole lampant et les huiles de schistes, etc., soit par l'emploi de carburateurs à réchauffage (Le Grain par exemple), soit par une disposition spéciale du moteur permettant de faire la pulvérisation du liquide dans une atmosphère raréfiée (Bellem et Brégeras, Hautier).

Dans le but d'utiliser les combustibles lourds, beaucoup plus intéressants en raison de leur prix, certains constructeurs ont recours à des moteurs Diesel ou Semi-Diesel (le moteur Peugeot-Tartrai, à grande vitesse, rentre dans cette dernière catégorie).

Indépendamment des combustibles lourds provenant de la houille ou du pétrole, le Diesel et ses dérivés permettent l'emploi de certains produits d'origine coloniale, huile d'arachides, de palme, etc. ; l'on voit donc l'intérêt national que présente l'emploi de ces moteurs à combustion interne.

L'on peut dire que le moteur Diesel est incontestablement le moteur d'avenir, pour les machines puissantes tout au moins ; il a déjà fait l'objet d'un certain nombre d'applications. Son poids actuel est d'environ 40 kg par cheval pour des vitesses de 500 à 550 t.

(1) La « Cosmoline » contient 30 % de naphthaline dissoute.

Des progrès récents nous font espérer la réalisation prochaine des moteurs basés sur le principe Diesel tournant à plus grande vitesse et d'un poids sensiblement réduit.

MÉCANISMES. — Comme dans les automobiles, le moteur à explosions doit être complété par des organes auxiliaires entre le moteur et les roues, permettant d'établir ou de rompre leur liaison, de réaliser la marche dans les deux sens, enfin d'établir des rapports de vitesse différents suivant que l'on utilise la puissance motrice à faible vitesse et couple maximum, au démarrage par exemple, ou à grande vitesse dans les parcours faciles.

Cette liaison à rapport variable peut être réalisée, soit au moyen de mécanismes par engrenages, soit par transmission électrique ou hydraulique, soit par des dispositions comportant l'emploi de l'air comprimé.

Nous examinerons plus loin ces différents modes de transmission.

COMMANDE DES ROUES. — La commande des roues se fait comme l'indique la Figure 1 :

Par chaînes (disp. A et H) ;

Par cardans et engrenages d'angle (B) ;

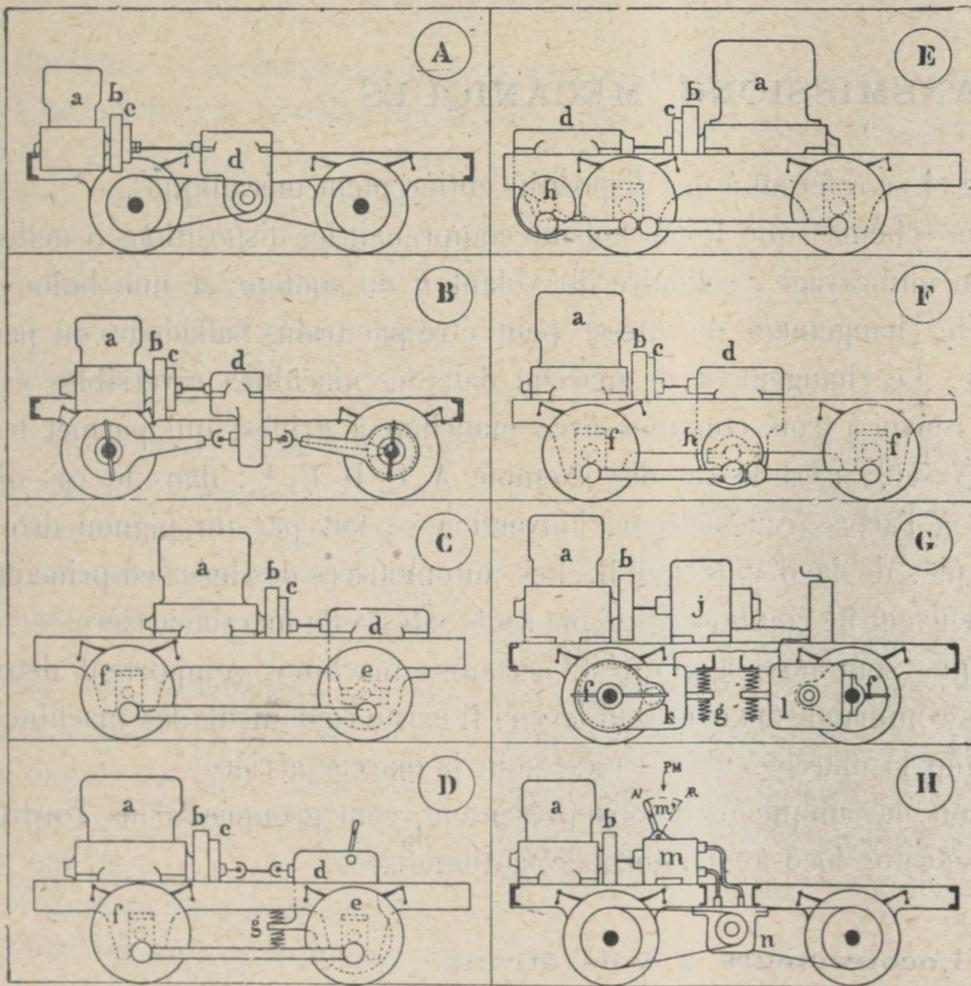
Par engrenages droits (C, D, G) ;

Par faux essieux et bielles (E et F).

La commande par chaînes peut s'effectuer au moyen d'un arbre intermédiaire relié par

chaînes aux deux essieux (exemple A, Fig. 3, 29, etc.)

Fig. 1. — PRINCIPAUX DISPOSITIFS DE TRANSMISSIONS.
A A F, TRANSMISSIONS MÉCANIQUES. — G, TRANSMISSIONS ÉLECTRIQUES.
H, TRANSMISSION HYDRAULIQUE.



Dans d'autres machines, un seul essieu reçoit par chaîne la commande du mécanisme, l'autre essieu étant connecté avec le premier soit par une chaîne (Fig. 80), soit par bielles d'accouplement (Fig. 31).

La commande par cardans est surtout appliquée dans les automotrices qui comportent généralement un empatement plus grand que les locotracteurs.

Avec la commande par engrenement direct, une roue dentée, montée sur l'essieu, est entraînée par un pignon solidaire du mécanisme ; afin d'éviter un déplacement relatif des deux axes, résultant de la suspension, l'on a recours aux moyens suivants :

Dans la disposition C, l'essieu moteur *e* ne comporte pas de suspension ; il tourillonne dans des paliers solidaires du châssis. Il traverse la poche inférieure de la boîte de mécanisme *d* dans laquelle il reçoit son mouvement (Fig. 7, 11, 32, etc.).

L'essieu *f* est suspendu ; il est relié à l'essieu *e* par bielles d'accouplement ou par chaîne.

Cette disposition, avec un essieu sans suspension, est parfaitement admissible pour des machines à faible vitesse, jusqu'à 20 km, par exemple ; elle ne présente aucun inconvénient, étant donnée d'élasticité de la voie, suffisante pour amortir les chocs aux joints de rails.

Le croquis D représente une variante dans laquelle les deux essieux sont suspendus ; la boîte de mécanisme *d* est supportée par l'essieu *e* lui-même et en un autre point *g* du châssis, pourvu ou non de ressorts amortisseurs ; dans ce cas, le moteur et la boîte de mécanisme sont reliés par un cardan (Fig. 10, 14).

Dans la disposition G, qui se rapporte à une transmission électrique, les dynamos R et C sont suspendues de la même façon (Fig. 78, 91, etc.).

Certains constructeurs font engrener la roue dentée de l'essieu avec un pignon solidaire du châssis suspendu ; la pratique aurait démontré que cette disposition est sans inconvénient (Fig. 23, 26) ; les solutions C et D paraissent préférables.

La transmission par faux essieu et bielles peut s'effectuer suivant l'une des deux dispositions E et F. Le faux essieu traverse la boîte de mécanisme dans laquelle il reçoit la commande par engrenages ; il transmet son mouvement aux roues par bielles. Cette disposition est une des meilleures solutions pour les machines d'un tonnage élevé ou susceptibles de faire de la vitesse ; on la voit appliquée Fig. 12, 32, 36, 37, etc.

Nous allons passer en revue un certain nombre de locotracteurs et automotrices ; nous les classerons suivant le mode de transmission qui les caractérise.

TRANSMISSIONS MÉCANIQUES

Les croquis A à F de la Fig. 1 se réfèrent à des dispositifs entièrement mécaniques.

Nous avons supposé dans ces schémas que le mécanisme comprenait les dispositions usuelles de l'automobile, à savoir : un embrayage *c* solidaire du volant *b* du moteur et une boîte *d* renfermant les mécanismes ; le changement de vitesse peut être par trains balladeurs ou par engrenages toujours en prise. Le changement de marche dans les machines réversibles est généralement effectué par un renvoi à trois coniques avec manchon à griffes, qui permet les mêmes vitesses dans les deux sens, c'est le cas des exemples A, C, D, E, F ; dans le cas où l'arbre récepteur est parallèle à l'arbre transmetteur, l'inversion se fait par un pignon droit intermédiaire, cas, par exemple, de la disposition B. Les automotrices destinées en principe à circuler dans un seul sens peuvent ne comporter qu'une seule vitesse de marche arrière.

D'autres dispositifs mécaniques sont aussi appliqués : certaines machines comportent deux vitesses avec deux embrayages commandés par un seul levier. Il existe également des machines avec deux embrayages, l'un pour la marche avant, l'autre pour la marche arrière.

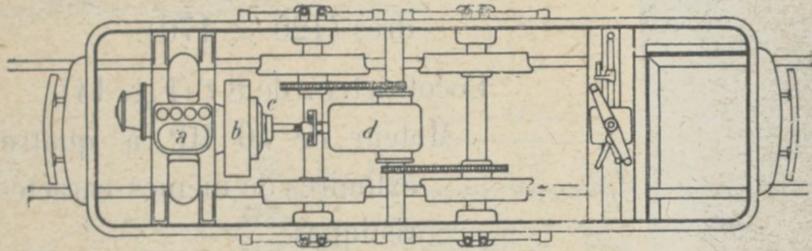
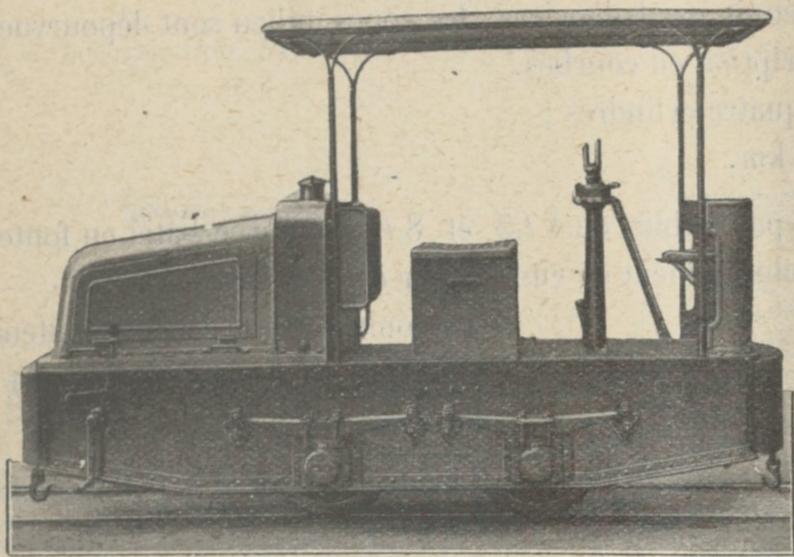
Les machines à transmission mécanique que nous présentons sont groupées dans l'ordre suivant : locotracteurs à voie étroite, loco à voie normale, automotrices.

Locotracteurs à voie étroite.

CAMPAGNE. — Parmi les différents modèles établis par ce constructeur, nous donnons (Fig. 2) la vue d'une machine de chantiers de 3 t pour voies de 50 et 60.

Un coffre de lestage est disposé au milieu ; l'agencement permet au conducteur de s'asseoir face à la route :

Fig. 2 et 3. — LOCOTRACTEUR CAMPAGNE DE 3 T.



Châssis en profilés (Fig. 3) ;
Commandes par chaînes ;
Moteurs à deux cylindres de
18 HP ;
Deux vitesses : 5 et 10 km.

RENAULT. — La (Fig. 4) concerne un locotracteur de 4 t pour voies de 50 et 60. Le châssis est en fonte ; la commande des essieux est faite par chaînes :

Moteur à quatre cylindres
(75 × 120) ;
Puissance 13 HP à 1.200 tours ;
Deux vitesses : 5,8 et 10,6.

LEROUX. — Locotracteur de 4 t pour mines (Fig. 5). Bâti en fonte ; transmission par chaînes ; dispositifs de sécurité pour l'emploi dans les mines grisouteuses.

Moteur type 25 × 30 HP.
Trois vitesses : 4, 8, 12 km.

BERLIET. — Locotracteur de 3 t à voie de 60 (Fig. 6 et 7). Châssis en profilés.

L'essieu moteur tourillonne dans des boîtes fixées au châssis ; il est commandé par engrenages (disp. C) ; la connexion des essieux est faite par chaînes. Les (Fig. 8 et 9) montrent la disposition des mécanismes.

Moteur de 30 HP (110 × 140) ;
Trois vitesses : 4,5 ; 7,5 ; 14.

SCHNEIDER. — Les différents types de locotracteurs établis par ce constructeur comportent des bâtis en fonte, en vue de réaliser le poids nécessaire à l'adhérence.

Fig. 10. Locotracteur de 2 t pour voies de 50 et 60.

Commande par engrenages (disp. D), connexion des essieux par chaîne ;

Moteur de 10/12 HP ;
Deux vitesses : 5 et 10 km ;

Fig. 11. Locotracteur de 4 t pour voies de 60 et 75.

Commande par engrenages (disp. C), connexion par bielles ;
Moteur de 20 HP ;
Trois vitesses : 4,7 ; 8 ; 13 km ;

Fig. 4. — LOCOTRACTEUR RENAULT DE 2 T.

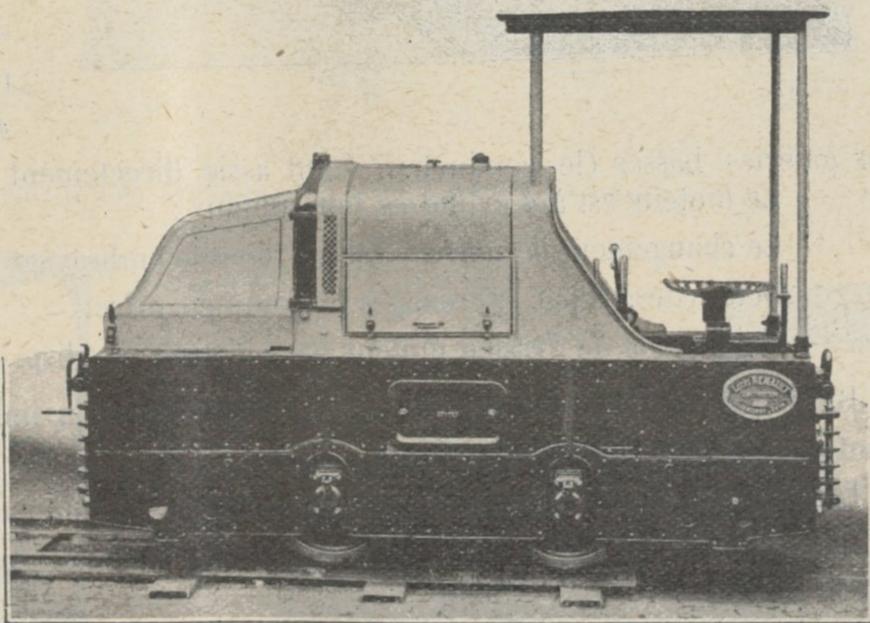


Fig. 12. Locotracteur de 10 t à voie de 60 (Type de la Guerre).

Trois essieux couplés commandés par faux essieu.

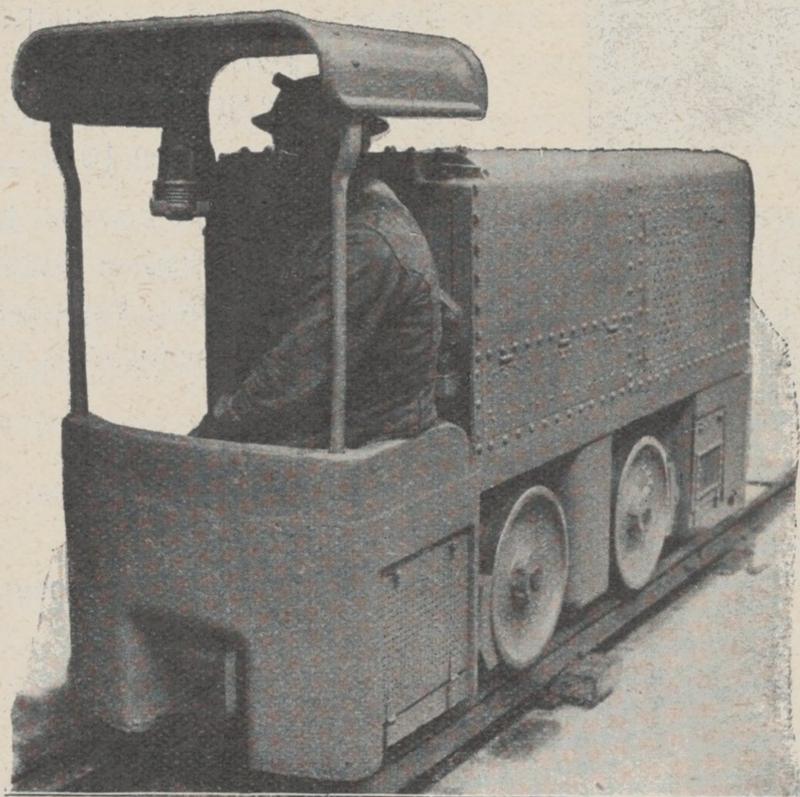
Les deux essieux arrière sont réunis par balanciers ; les roues milieu sont dépourvues de boudins pour faciliter l'inscription en courbes.

Moteur de 60 HP (135 × 170), quatre cylindres ;

Quatre vitesses : 5 ; 7,2 ; 10 ; 16 km.

SCHNEIDER-DECAUVILLE. — Les deux types établis, de 4 t,5 et 8 t, sont avec bâtis en fonte. Ils comportent 2 vitesses (5 et 10) avec changement de vitesses par deux embrayages.

Fig. 5. — LOCOTRACTEUR LEROUX DE 5 T. POUR MINES.



La commande de l'essieu moteur se fait par engrenages (disp. D) ; connexion par bielles.

Locotracteur de 4 t,5 (Fig. 13 et 13 bis).

Moteur de 20 HP à deux cylindres (120 × 170).

Locotracteur de 8 t (Fig. 14).

Moteur de 40 HP à quatre cylindres de mêmes caractéristiques.

Les dispositions mécaniques de ces deux machines sont identiques.

VULCAN. — Ces machines (Fig. 15 à 18), de construction américaine, sont caractérisées par une disposition très surbaissée de la partie mécanique, de façon que le type « mine » puisse circuler dans

les galeries basses (le conducteur étant assis directement sur la traverse arrière Fig. 15).

Le moteur est à 4 cylindres horizontaux ;

Le changement de marche est par double embrayage sur l'arbre primaire ;

Deux vitesses par engrenages toujours en prise ;

Commande de l'essieu moteur par engrenages (disp. C), connexion par bielles.

BALDWIN. — Locotracteur également de construction américaine (Fig. 19 et 20). Les roues sont commandées par faux essieu et bielles.

Le changement de marche, par double conique est commandé par l'arbre primaire ;

Deux vitesses par engrenage toujours en prise, commandées par un manchon à griffes disposé sur le faux essieu (Fig. 21 et 22).

DEUTZ-OBERURSEL. — Nous avons dit plus haut que les premiers locotracteurs avaient été réalisés avec les moteurs lents, type fixe. Certaines firmes allemandes sont restées fidèles à cette conception.

Les figures 23 et 24 se rapportent à une machine Deutz-Oberursel de 4 et 5 tonnes pour services de mines.

Fig. 6 à 9. — LOCOTRACTEUR BERLIET DE 3 T. ET COUPES DES MÉCANISMES.

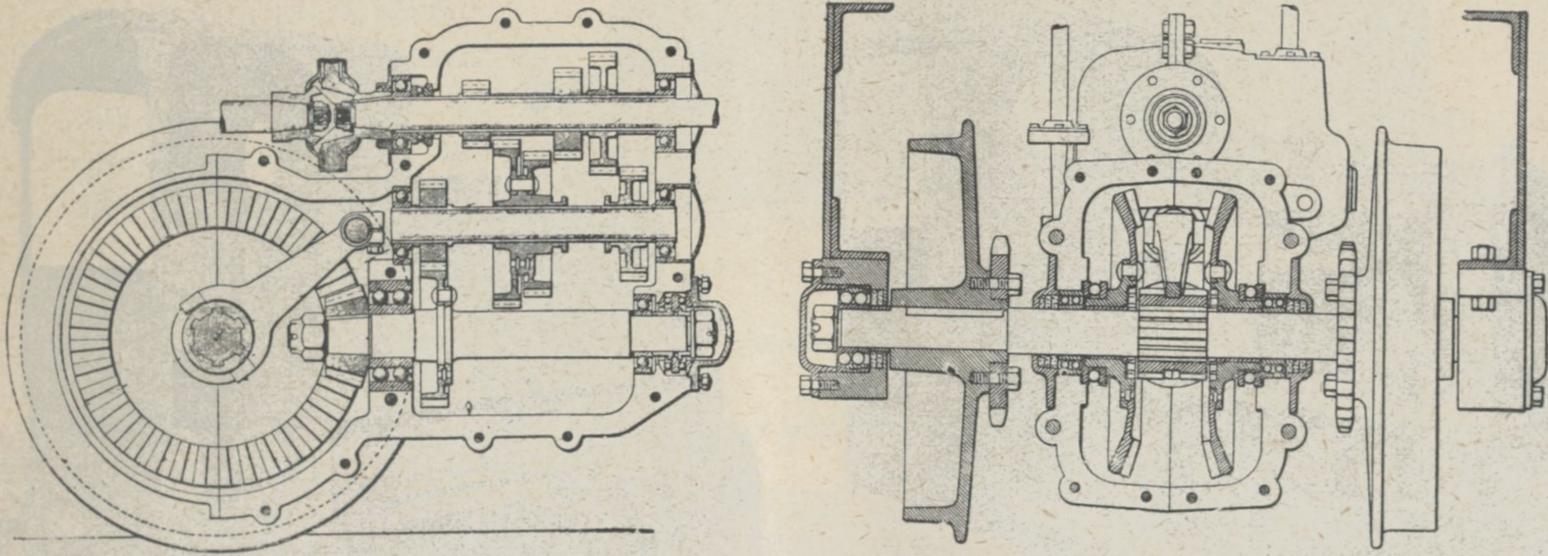
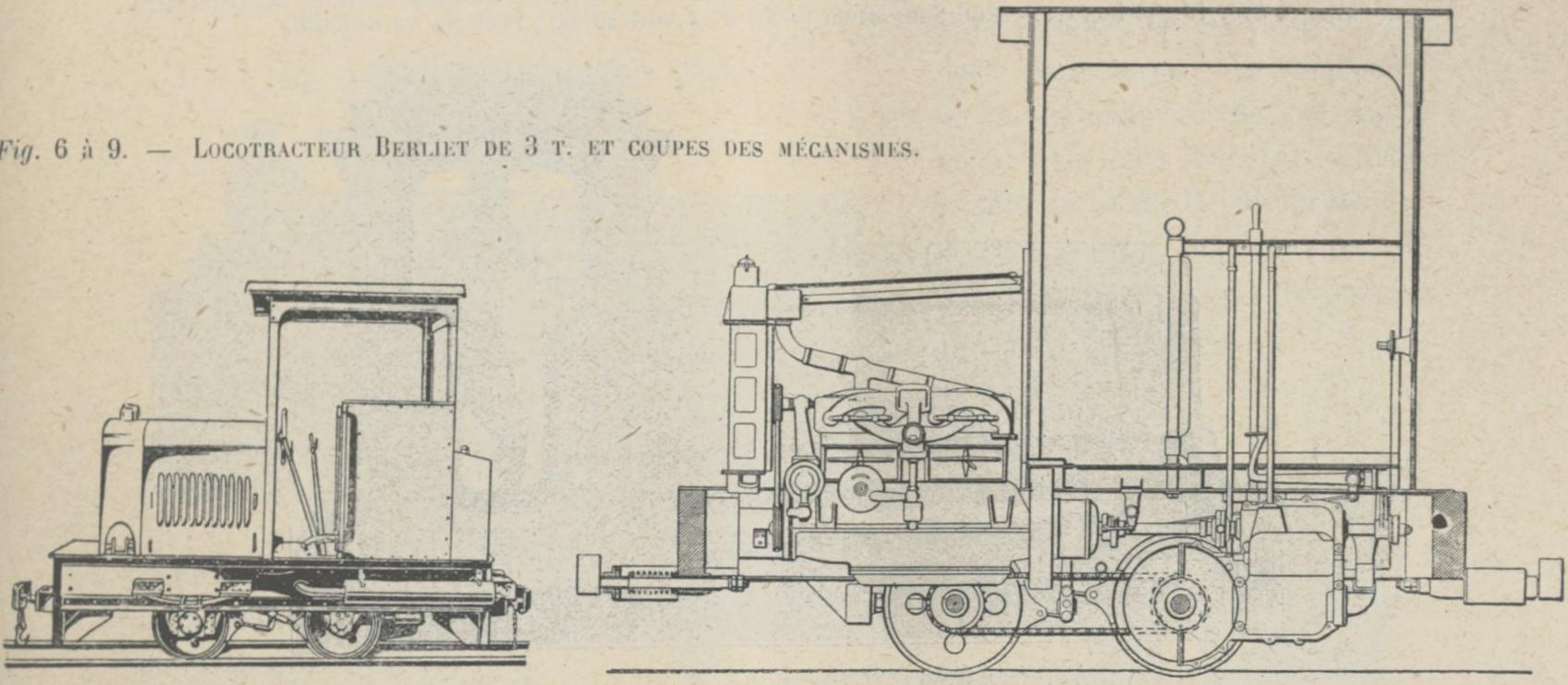


Fig. 10 et 11. — LOCOTRACTEURS SCHNEIDER DE 2 ET 4 T. A VOIE DE 60.

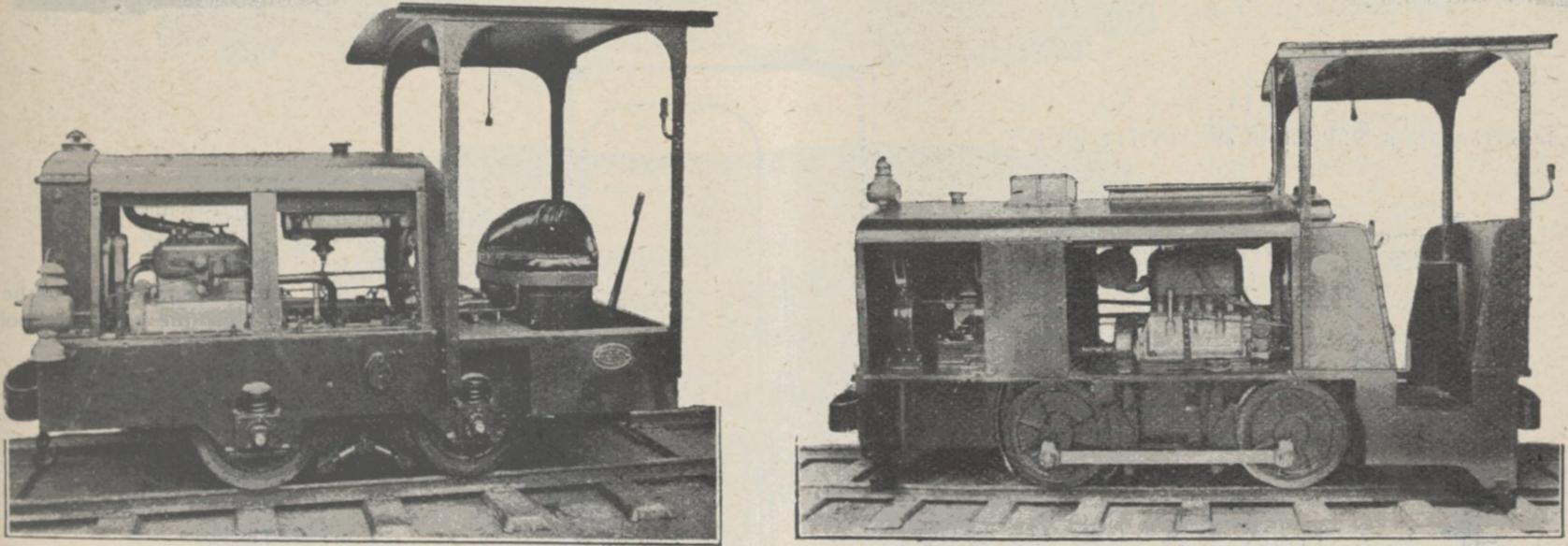


Fig. 12. — LOCOTRACTEUR SCHNEIDER DE 10 T. A VOIE DE 60 ; TYPE DE LA GUERRE.

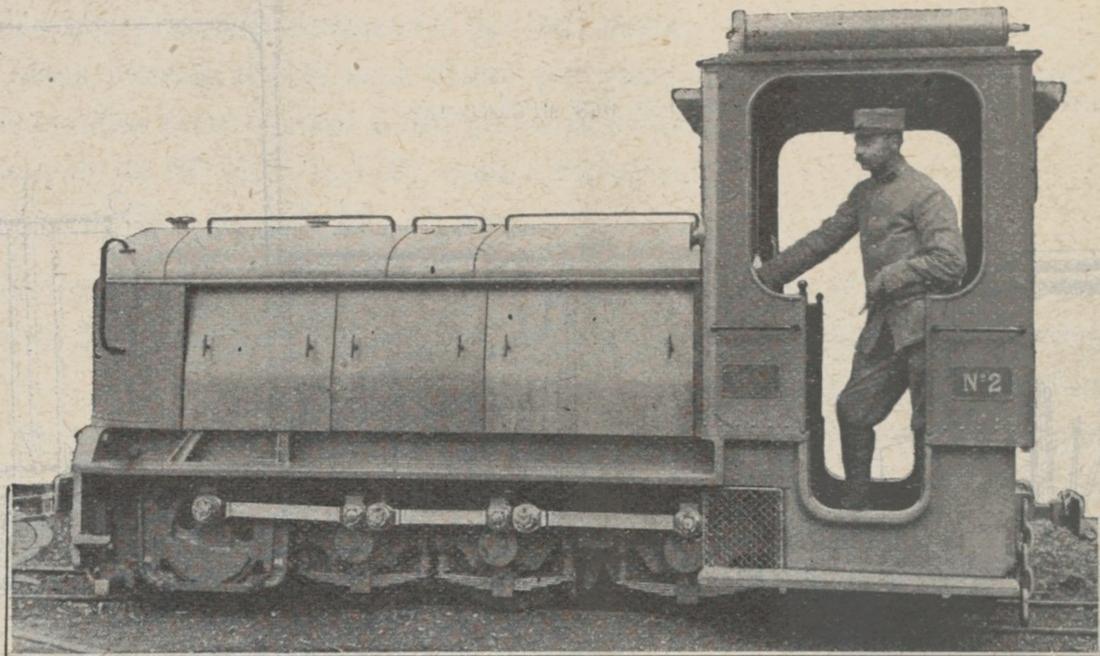


Fig. 13 et 13 bis. — LOCOTRACTEUR SCHNEIDER DECAUVILLE DE 4 T. 5.

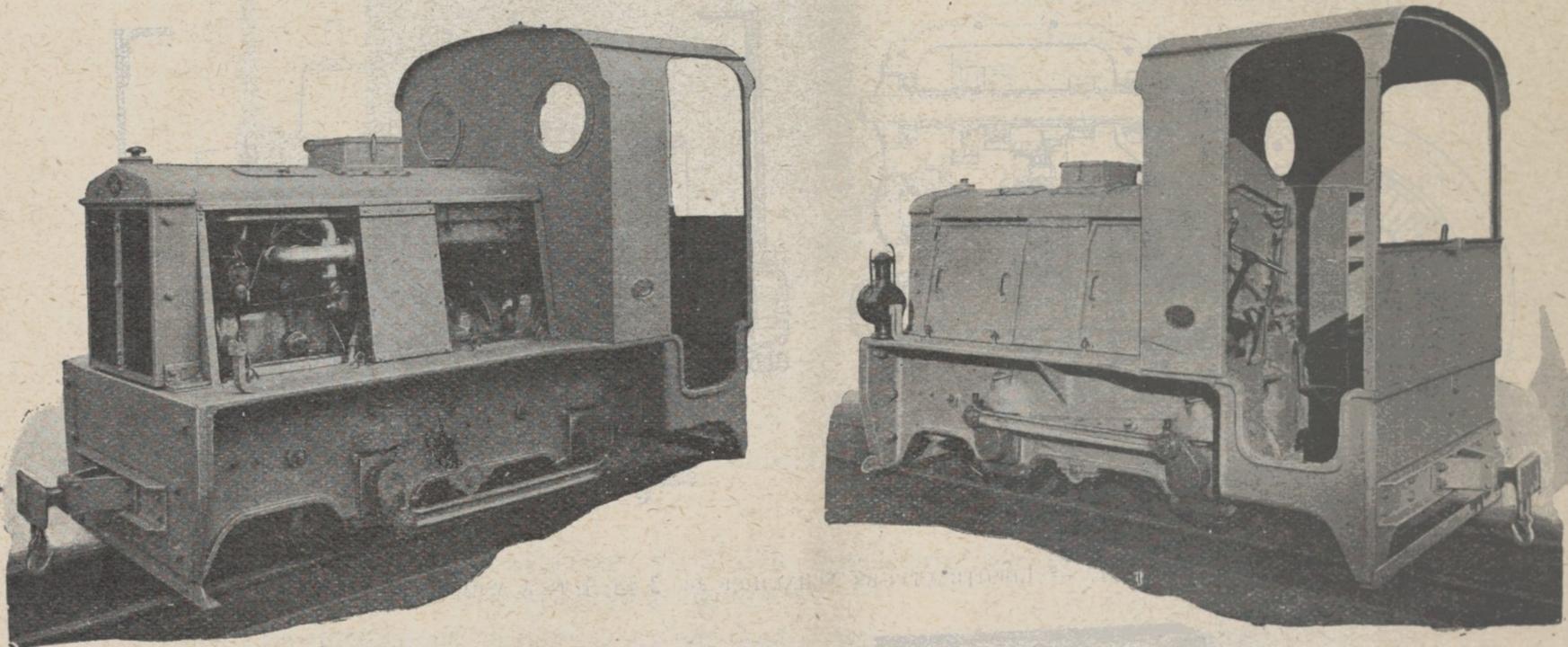
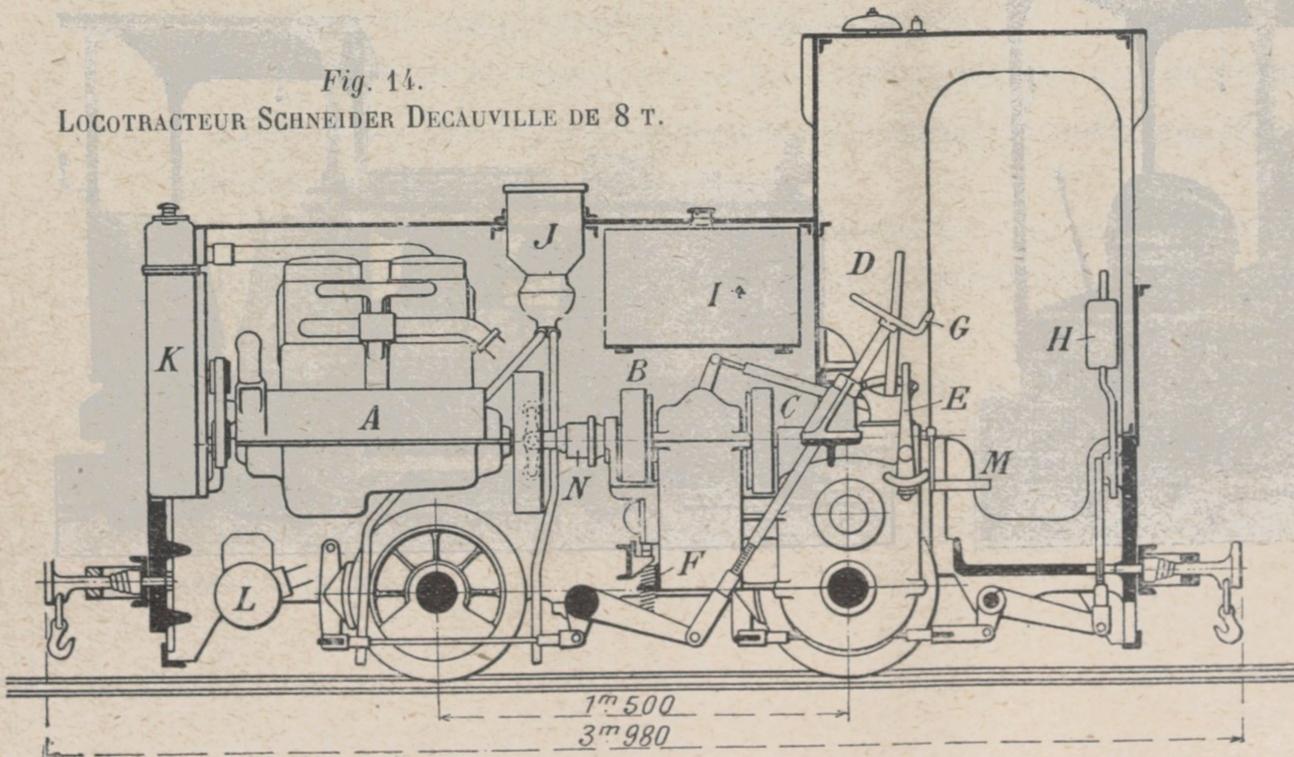


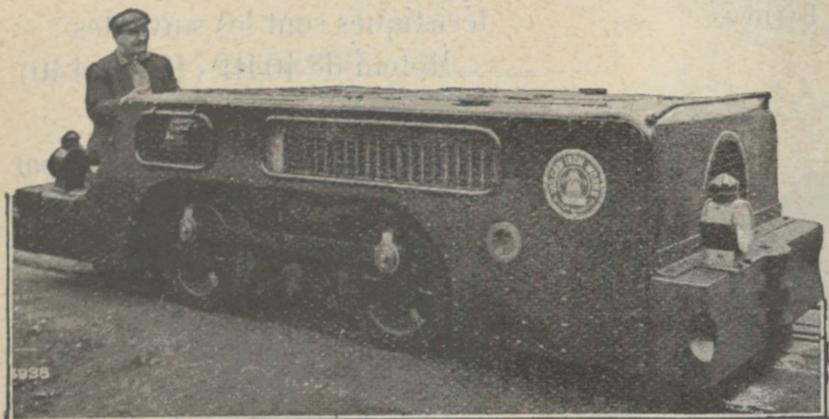
Fig. 14.
LOCOTRACTEUR SCHNEIDER DECAUVILLE DE 8 T.



- A, moteur ;
- B, embrayage 1^{re} vitesse ;
- C, — 2^e —
- D, levier d'embrayage ;
- E, — de changement de marche ;
- F, support élastique avant de boîte de mécanisme ;
- H, frein à levier ;
- I, réservoir à combustible ;
- J, sablière ;
- K, radiateur ;
- L, pot d'échappement ;
- M, mise en marche du moteur ;
- N, arbre à cardans.

Le moteur est horizontal, monocylindrique, sa vitesse est de 330 tours. Dans cette machine, qui est d'un modèle ancien, le mécanisme ne comporte qu'une seule vitesse dans les deux sens,

Fig. 15 et 16. — LOCOTRACTEUR VULCAN.

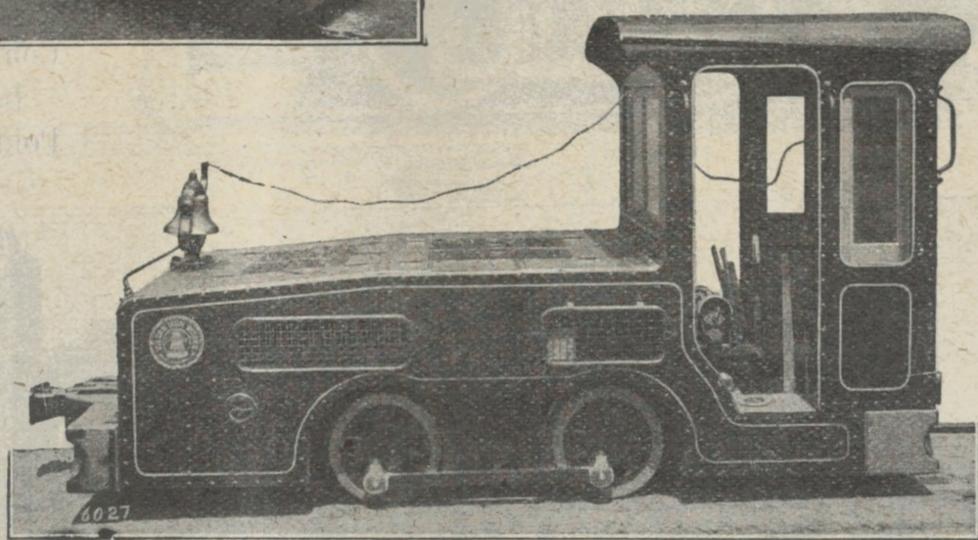


avec changement de marche par deux embrayages ; la commande de l'essieu moteur se fait par engrenages ; les deux essieux sont suspendus et connectés par chaîne.

Les modèles plus récents, de 3 à 10 tonnes, sont à deux vitesses par deux embrayages : 4 et 8 km. (ou 5 et 10).

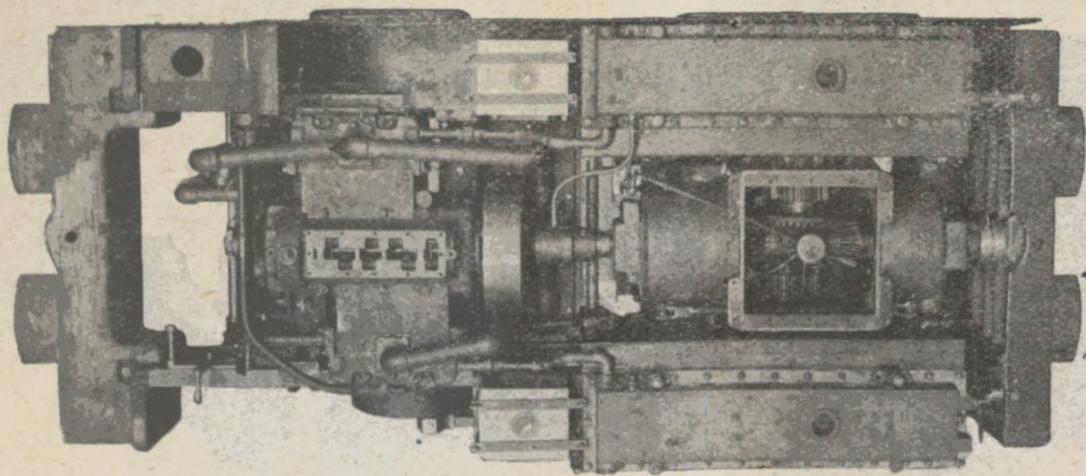
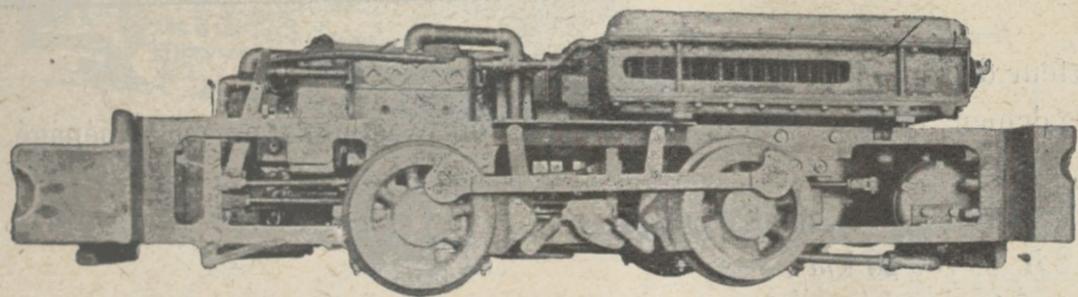
Les figures 25 et 26 se rapportent à une machine de 7,5 tonnes à trois essieux couplés.

L'essieu avant est pourvu du dispositif KLIEN LINDNER qui permet aux roues de prendre, sur l'essieu, un déplacement latéral et radial, pour faciliter l'inscription en courbe.



Moteur monocylindrique de 240 × 330, puissance 33 HP à 330 tours ; deux vitesses, comme ci-dessus.

Fig. 17 et 18. — CHASSIS ET MÉCANISMES VULCAN.



Commande par engrenages ; connexion par bielles.

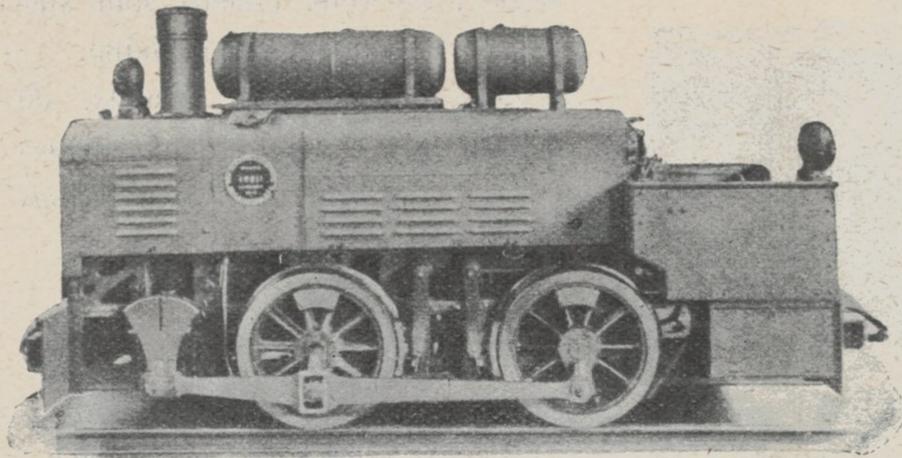
Locotracteurs à voie normale.

A. L. V. F. — Pendant la guerre, les Services de l'Artillerie Lourde sur Voies Ferrées ont fait équiper un grand nombre de locotracteurs en utilisant des châssis d'auto-camions

fixés sur des wagons plates-formes (Fig. 27) ; entre les deux essieux est disposé un arbre transversal qui reçoit le mouvement et le transmet par chaînes aux essieux.

BAUDET-DAUNON. — Ce locotracteur (Fig. 28) est établi suivant une directive inspirée de la disposition précédente. Les caractéristiques sont les suivantes :

Fig. 19 et 20. — LOCOTRACTEUR BALDWIN.



Les caractéristiques sont les suivantes :

Moteur de 40 HP (125 × 140), quatre cylindres ;

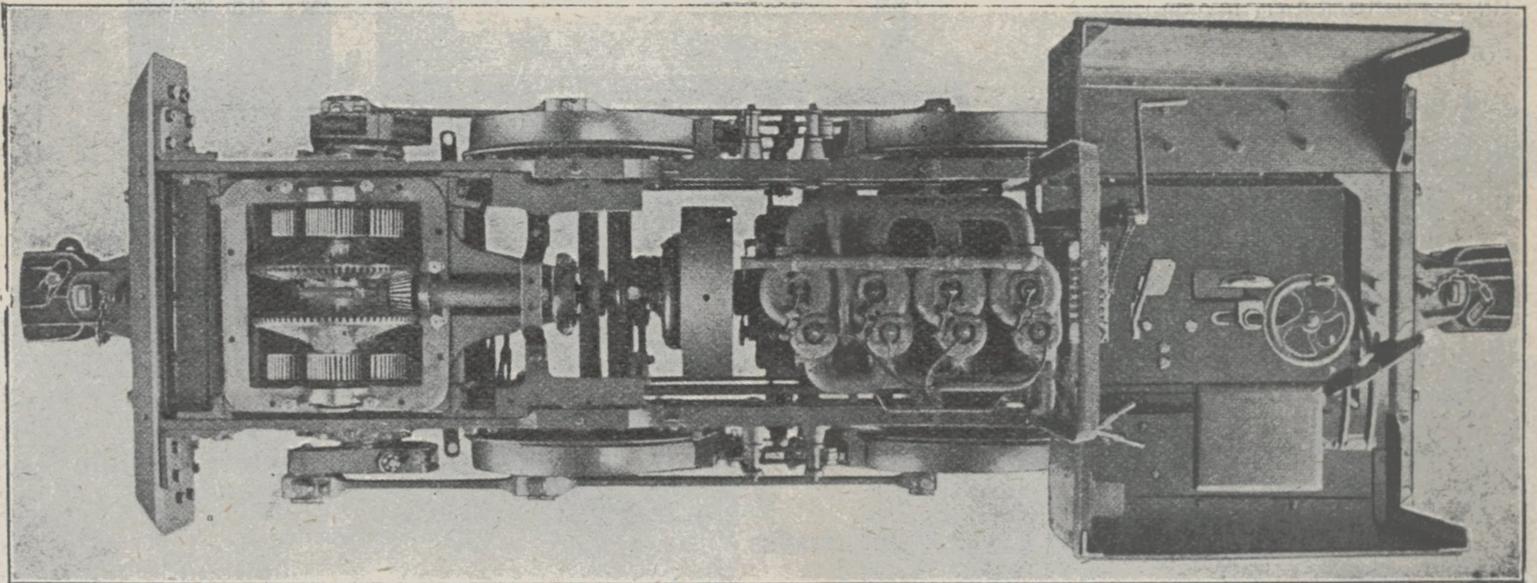
Mécanisme à six vitesses par engrenages toujours en prise, avec démultiplicateur à deux combinaisons :

1° Six vitesses de 1,5 km à 7 km ;

2° Six — de 8 km à 40 km ;

Commande par chaînes. — Cabestan.

Poids 15 t.



BERLIET. — Locotracteur de 15 t (Fig. 29).

Cette machine est également établie suivant le principe du wagon-plateforme aménagé en tracteur :

Moteur de 30 HP, (110 × 140), quatre cylindres.

Quatre vitesses : 2,5, 5, 10, 20 km ;

Commande par chaînes. — Cabestan.

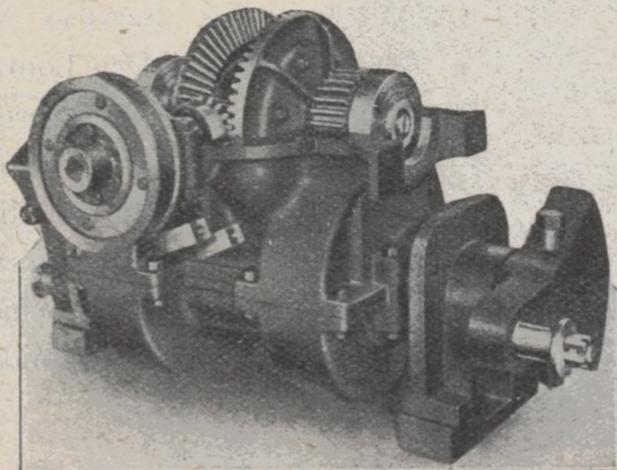


Fig. 21 et 22. — MÉCANISME BALDWIN.

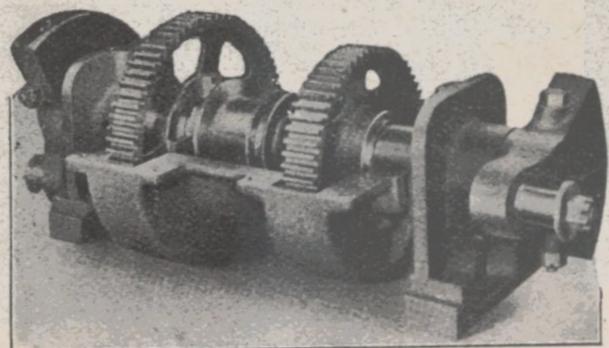


Fig. 23 et 24. — LOCOTRACTEUR DEUTZ-ÖBERURSEL DE 4 T. POUR MINES.

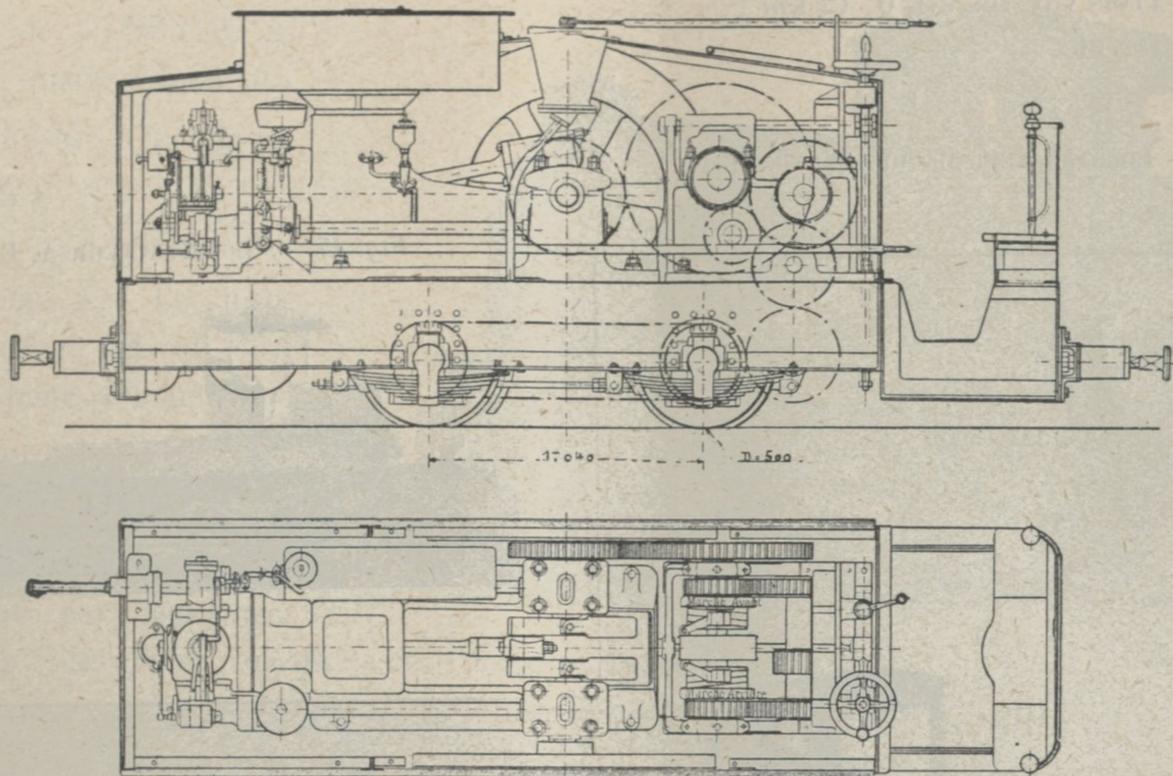
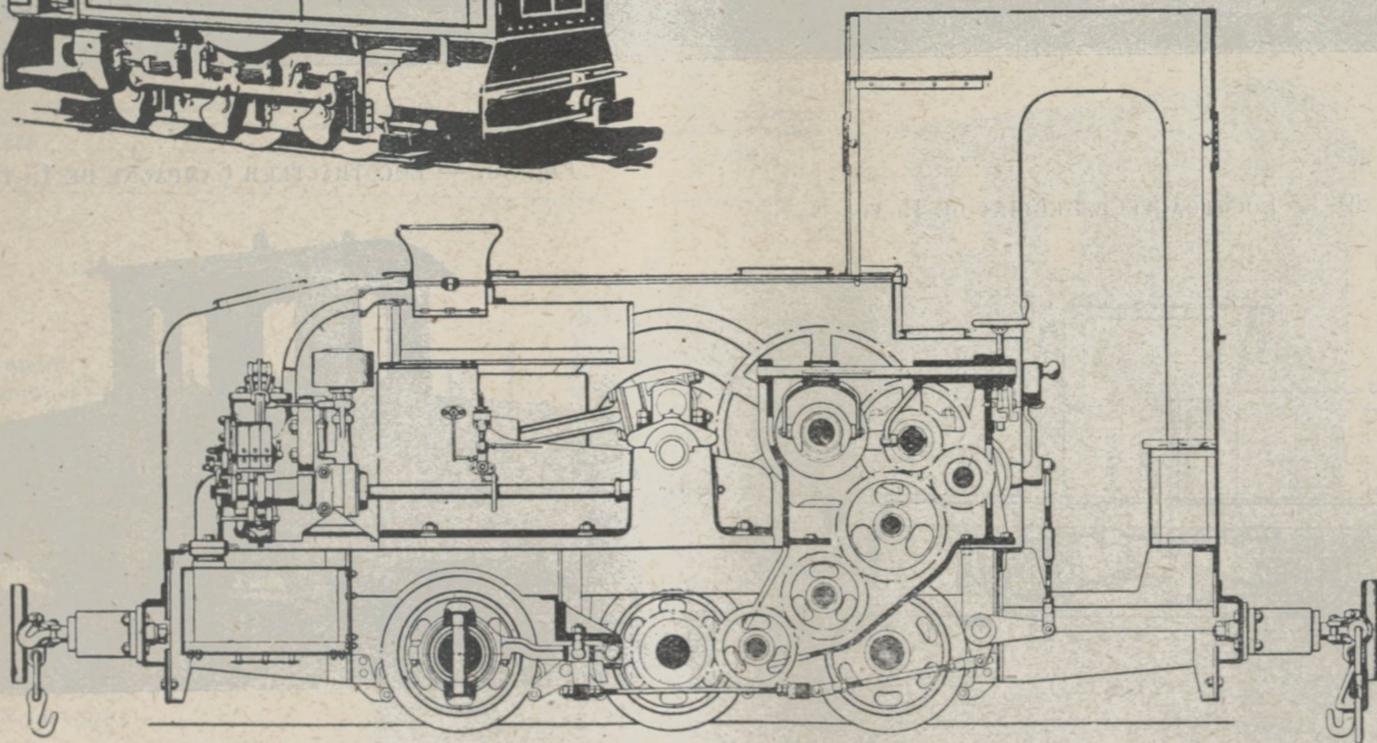
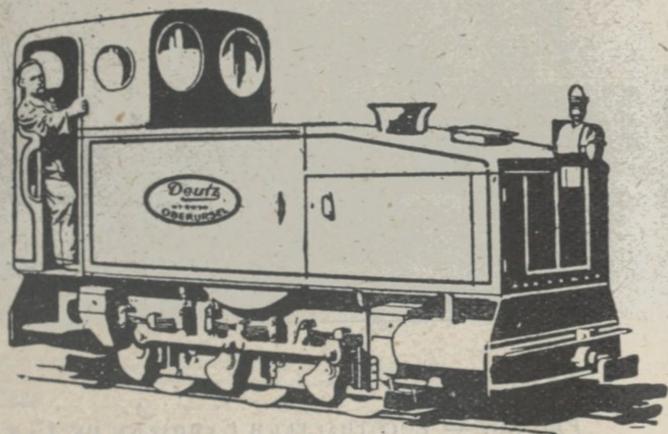


Fig. 25 et 26. — LOCOTRACTEUR DEUTZ-ÖBERURSEL DE 7 T. 5, A TROIS ESSIEUX COUPLÉS.



CAMPAGNE. — Locotracteur de 18 t (Fig. 30) avec commandes des roues par chaînes.
Construction genre locomotive ; éléments assemblés en tôle et cornières :

Moteur type 60 HP ;
Trois vitesses : 3, 6, 12 km ;
Treuil.

Fig. 28. — LOCOTRACTEUR BAUDET-DONON DE 16 T.

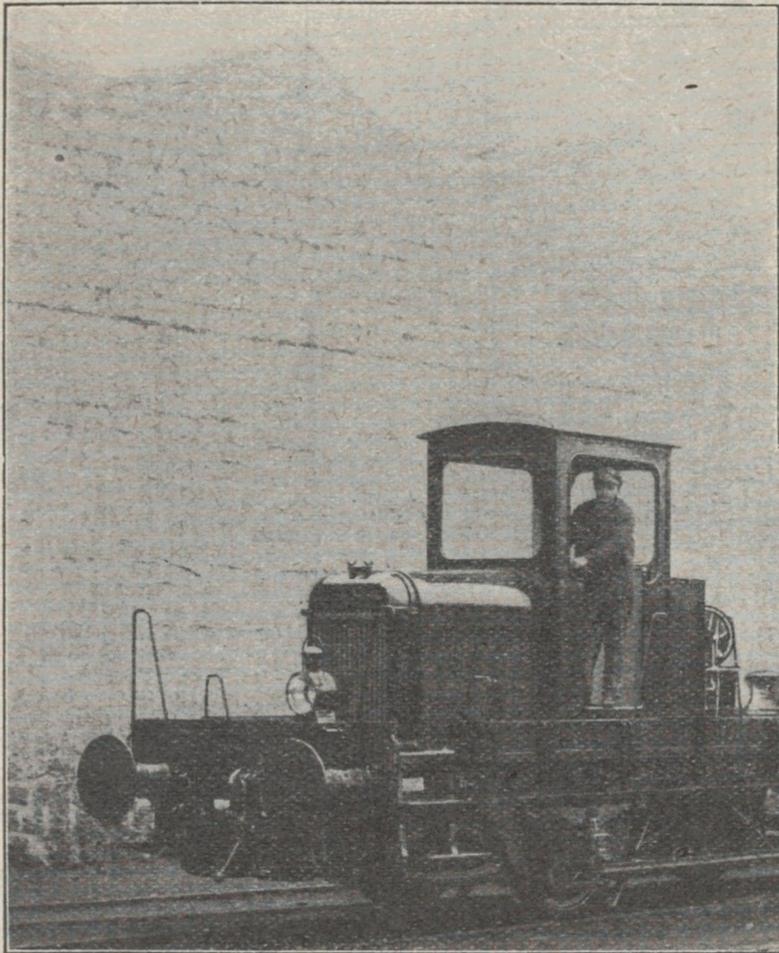


Fig. 27. — LOCOTRACTEUR A. L. V. F.

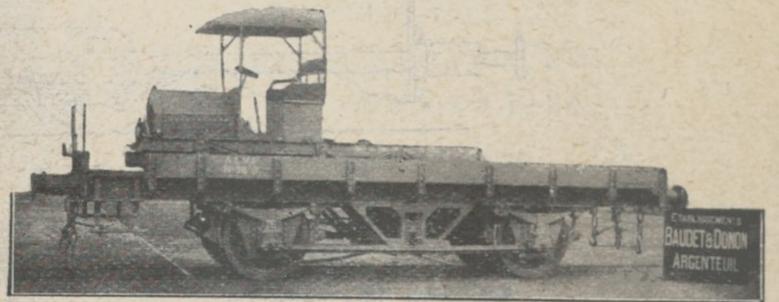


Fig. 29. — LOCOTRACTEUR BERLIET DE 15 T.

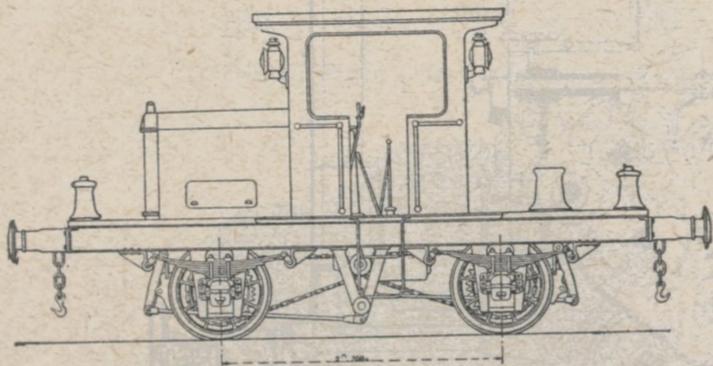
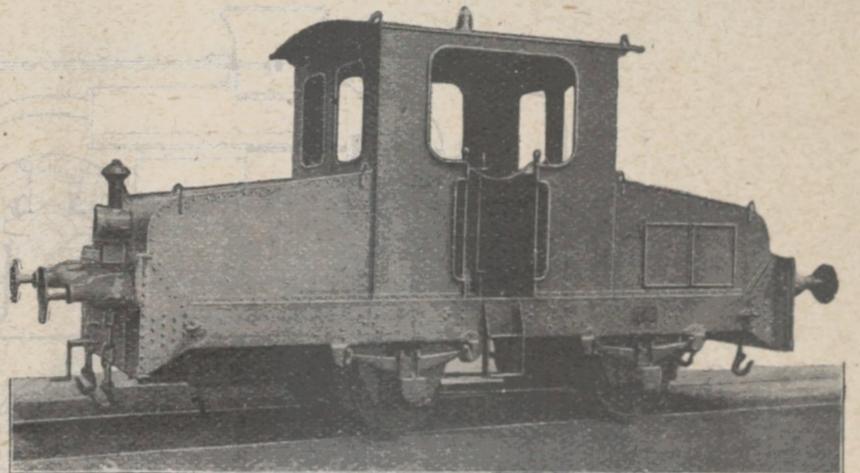


Fig. 30. — LOCOTRACTEUR CAMPAGNE DE 15 T.



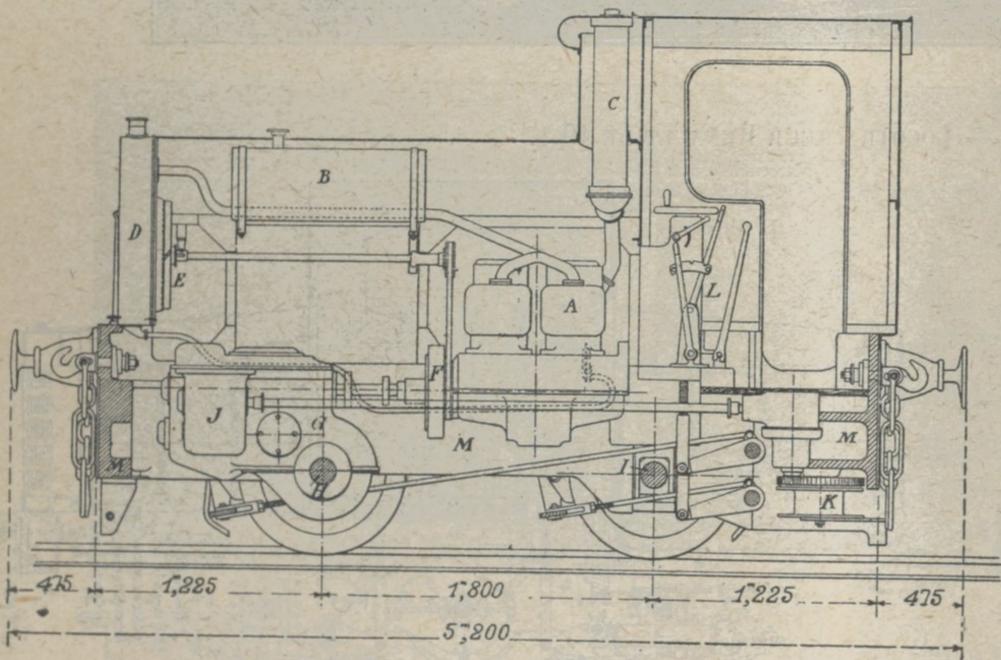
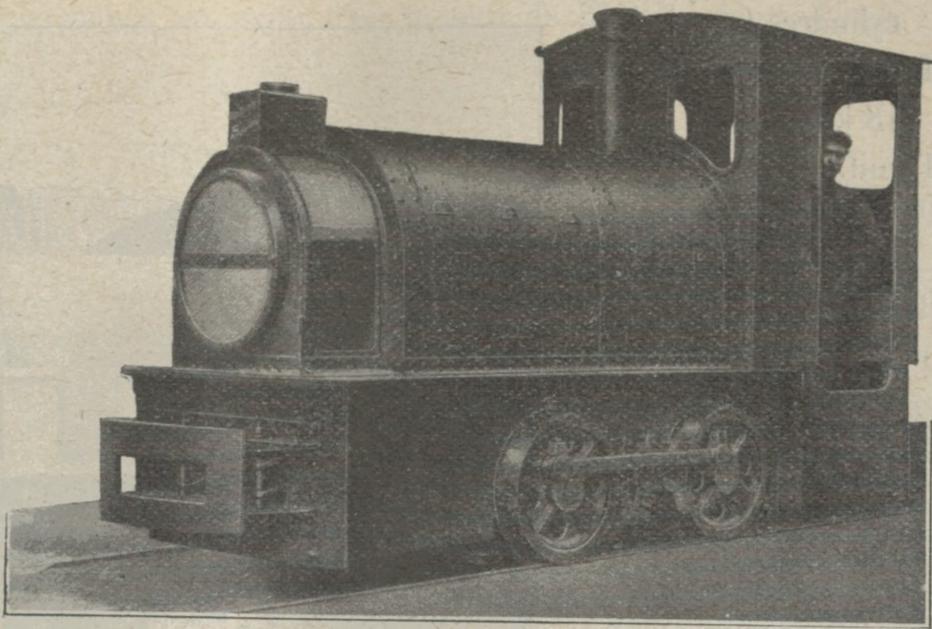
DE DION-BOUTON. — Dans cette machine (Fig. 31) l'essieu moteur est commandé par chaîne ; les deux essieux sont accouplés par bielles :

Fig. 31. — LOCOTRACTEUR DE DION DE 15 T.

Moteur de 45 HP (125 × 150), quatre cylindres ;
Trois vitesses : 3, 6, 12 km ;
Poids 15 t.

SCHNEIDER. — Ce locotracteur (Fig. 32 et 33), est établi pour voie métrique et voie normale ; le bâti est en fonte.

L'essieu moteur reçoit son mouvement par engrenage (disp. C) ; les deux essieux sont connectés, par bielles :

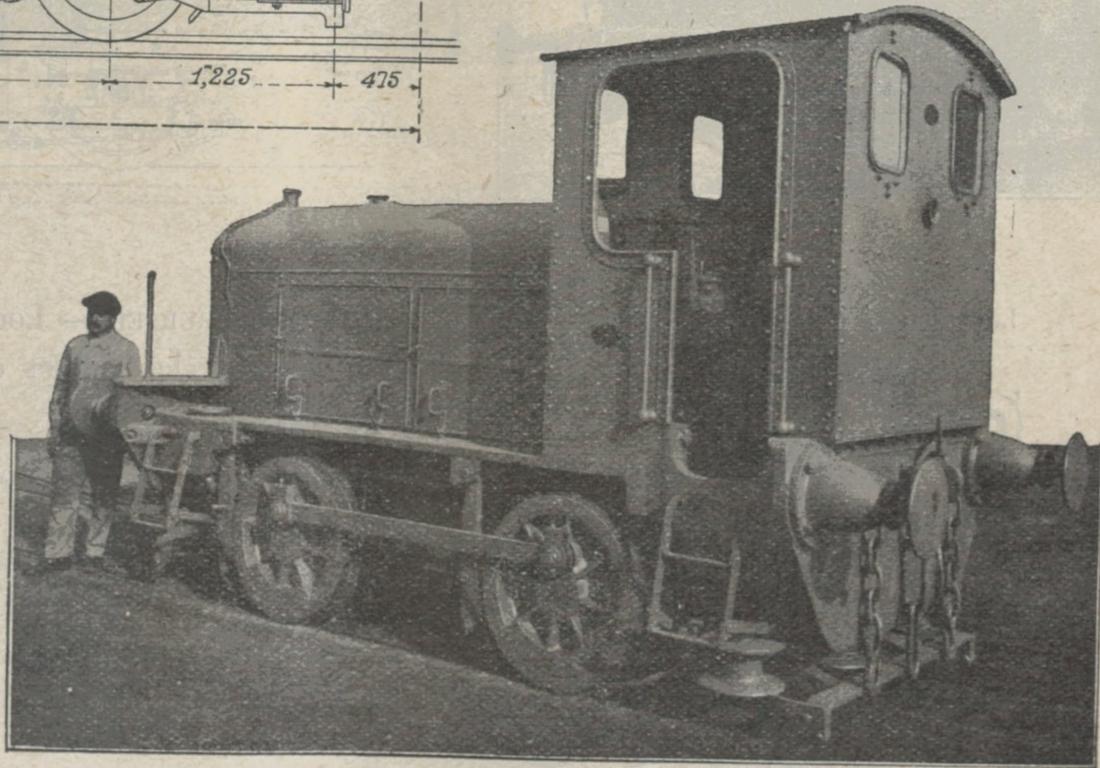


Moteur de 60 HP (135 × 170) quatre cylindres ;
Treuil de 3 t.
Poids. Type à voie métrique : 12 t.
Poids Type à voie normale : 15 t.

WEITZ-LEROUX. — La Fig. 34 se rapporte à un locotracteur

Fig. 32 et 33. LOCOTRACTEUR SCHNEIDER DE 15 T.

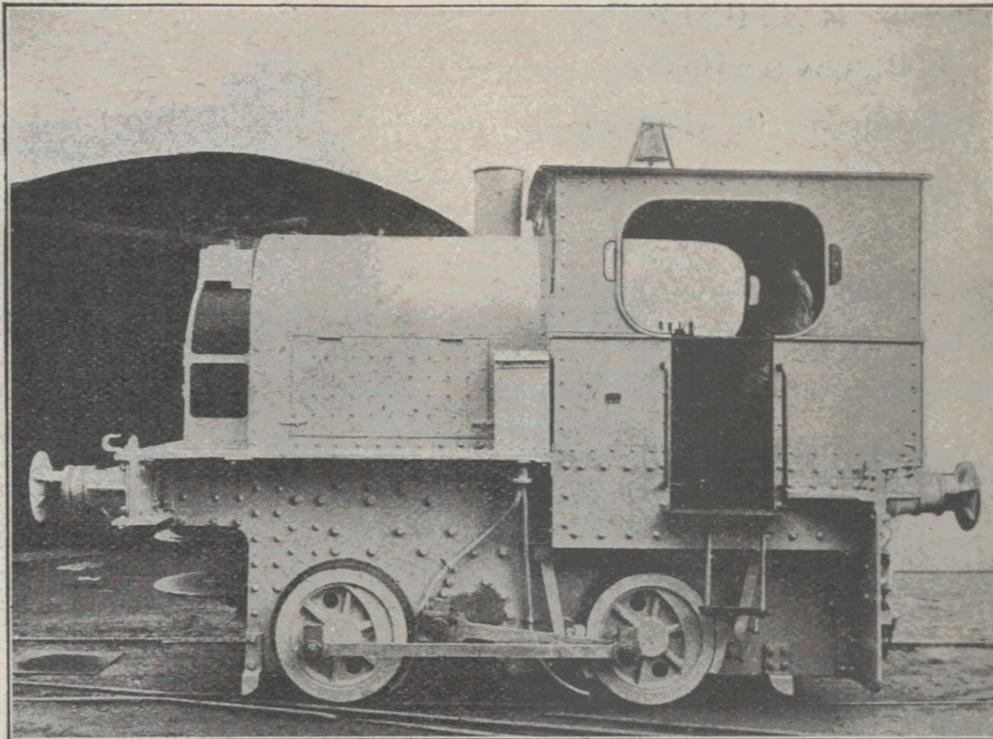
- A, moteur ;
- B, combustible ;
- C, échappement ;
- D, radiateur ;
- E, ventilateur ;
- F, volant et embrayage ;
- G, mécanisme ;
- H, essieu moteur sans suspension ;
- I, essieu couplé ;
- J, commande du treuil ;
- K, treuil ;
- L, manœuvres ;
- M, bâti en fonte.



Leroux, construit par la Maison Weitz, de Lyon. La commande des roues est faite par faux essieu :

Moteur de 55 HP, quatre cylindres ;
Trois vitesses : 6, 12, 18 km ;
Treuil.
Poids, 15 t.

Fig. 34. — LOCOTRACTEUR WEITZ-LEROUX DE 15 T.



RENAULT. — Locotracteur de 19 t (Fig. 35 et 36):

Châssis en acier moulé ;
Commande des roues par faux essieu et bielles ;
Moteur de 60 HP (110 × 160) six cylindres ;
Quatre vitesses : 4, 6, 11, 19 km ;
Treuil.

Fig. 35 et 36. — LOCOTRACTEUR RENAULT DE 19 T.

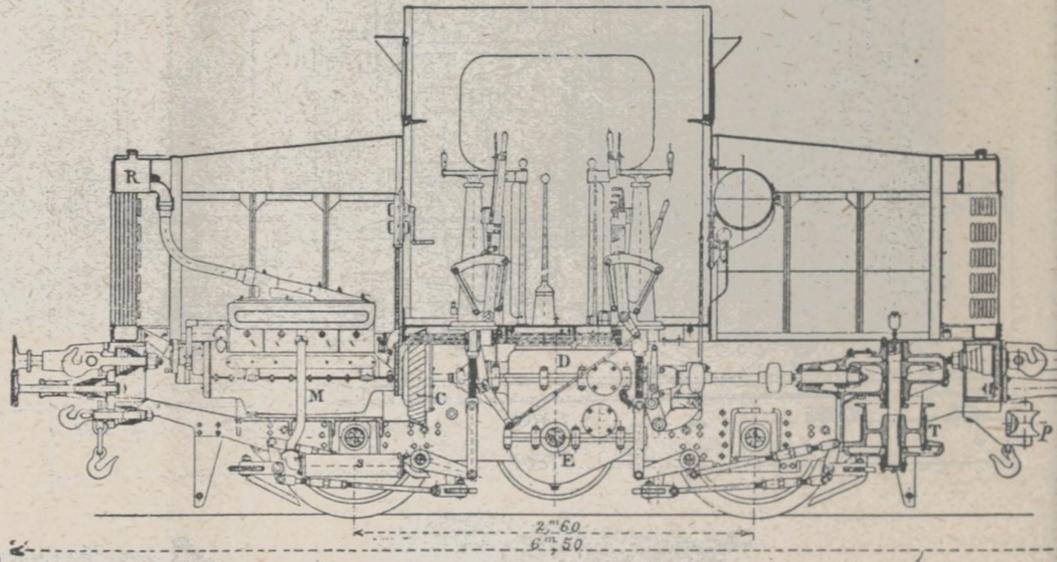
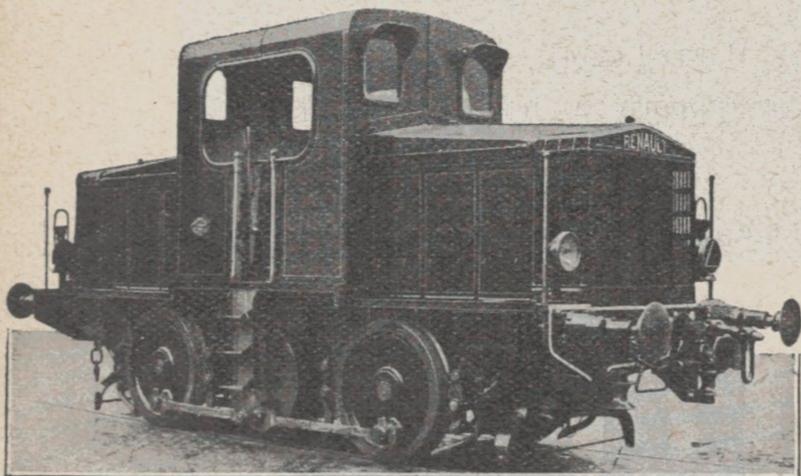
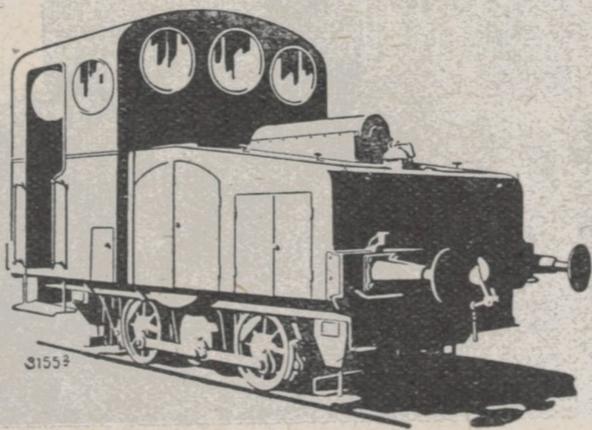


Fig. 37.

LOCOTRACTEUR DEUTZ-OBERURSEL DE 13 T.



DEUTZ-OBERURSEL. — Locotracteur de 13 t (Fig. 37) établi suivant les mêmes directives que la machine Fig. 26 :

Moteur de 40 HP monocylindrique (250 × 330), tournant à 330 tours ;

Deux vitesses par deux embrayages : 4 et 8 km (ou 5 et 10) ;

Commande par faux essieu et bielles.

Automotrices

CAMPAGNE. — Les Fig. 38 et 39 représentent deux types de « Draisines » ou automotrices légères pour l'inspection des voies. La figure 38 concerne une draine type Nord et Etat. Ce véhicule qui peut transporter 6 personnes est muni d'un moteur de 25 HP ; deux vitesses :

Fig. 38 et 39. — DRAISINES CAMPAGNE.

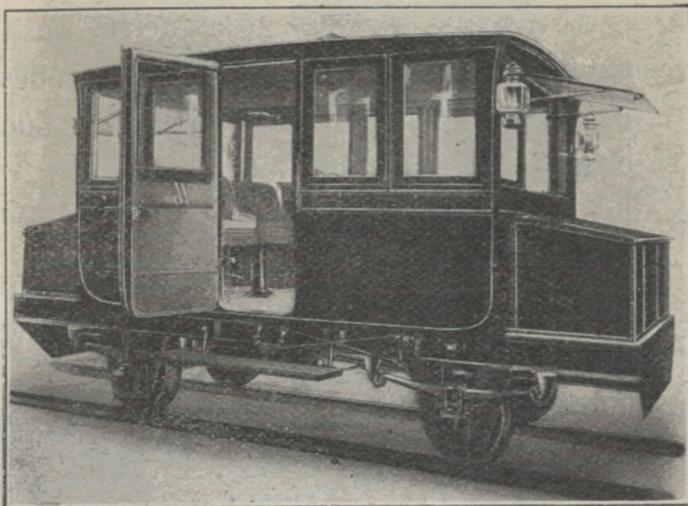
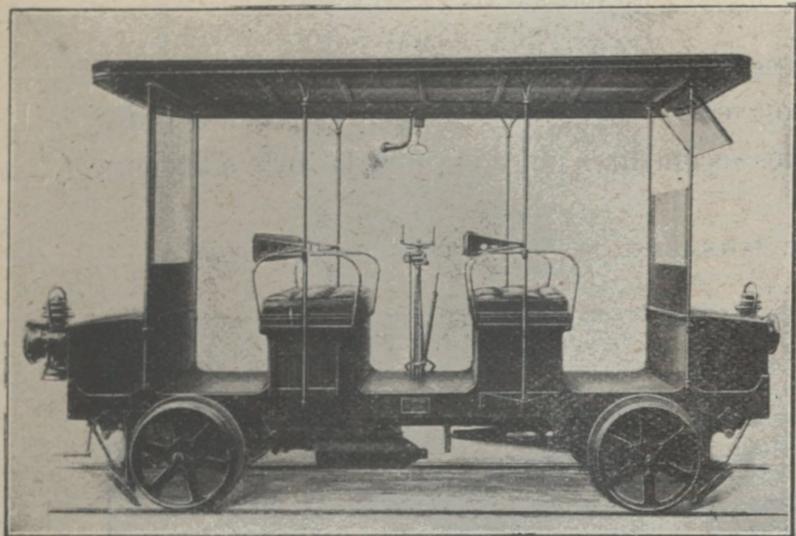


Fig. 40. — AUTOMOTRICE CAMPAGNE DE 30 HP.

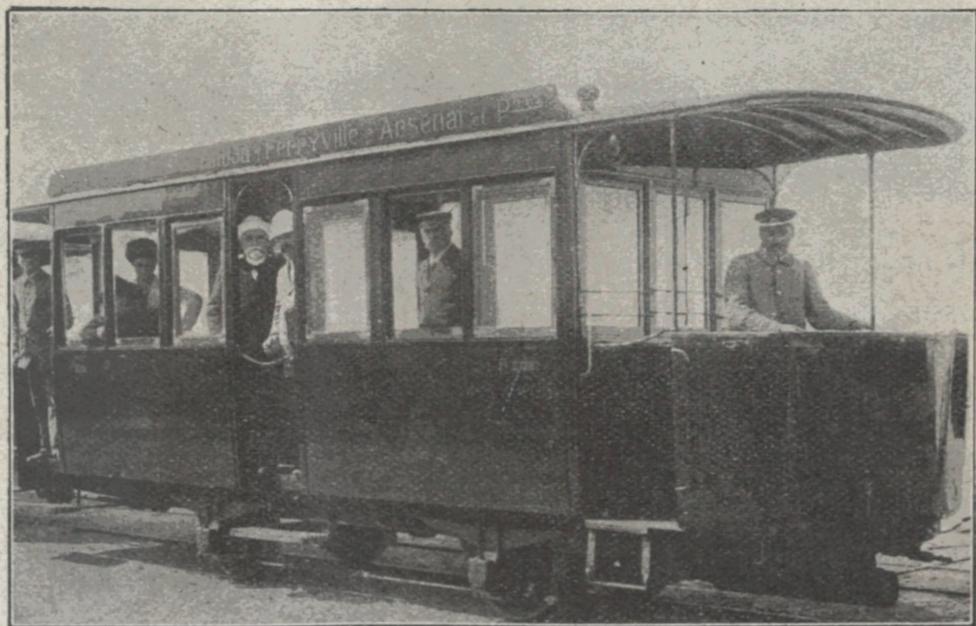


Fig. 41. — AUTOMOTRICE CAMPAGNE 40 HP (TUNISIE).

Sa capacité est de 30 places; elle peut remorquer un véhicule de même capacité à 30 km à l'heure en palier et 10 km à l'heure en rampe de 30.

Un véhicule de même type, mais de 40 HP, était en service à l'Exposition de Bruxelles en 1908 (rampes de 50).

L'automotrice (Fig. 41),



25 et 50 km à l'heure. Il peut prendre une remorque portant une tonne de matériel. La figure 39 concerne une draine à carrosserie fermée utilisant un châssis de mêmes caractéristiques.

Automotrice 30 HP (Fig.40); les deux essieux sont moteurs, commandés par chaînes; mécanisme à trois vitesses.

en service sur la ligne de Ferryville à Tendja (Tunisie), répond aux caractéristiques ci-après :

- Moteur de 40 HP à 1.000 tours ;
- Trois vitesses dans les deux sens ;
- Les essieux sont moteurs commandés par cardans ;
- Capacité : 40 places ; soit, avec deux remorques à 30 places, 100 voyageurs au total.
- Vitesse commerciale 30 km à l'heure, sur ligne présentant des rampes de 30 mm.

AUTO-RAILS. — Pendant la guerre, on a eu l'occasion de faire circuler sur voie ferrée des automobiles simplement munies de roues appropriées. Ce genre de véhicules a reçu, depuis, un certain nombre d'applications ; des Compagnies secondaires ont équipé de la sorte d'anciens châssis provenant de la liquidation des stocks ; plusieurs constructeurs ont adapté leurs types de châssis autobus à la voie ferrée.

La figure 42 montre un châssis des autobus de Paris, (avec carrosserie spéciale) qui a servi en 1921 à des essais au chemin de fer de l'Etat.

Ce véhicule avec une ou deux voitures en remorque, a circulé entre Epone-Mézières et

Plaisir-Grignon (rampe de 9 mm sur 5 km).

M. Tartary, administrateur délégué de plusieurs Compagnies de chemins de fer secondaires, a équipé en auto-

Fig. 42. — AUTOBUS SUR RAILS (ESSAI DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT).

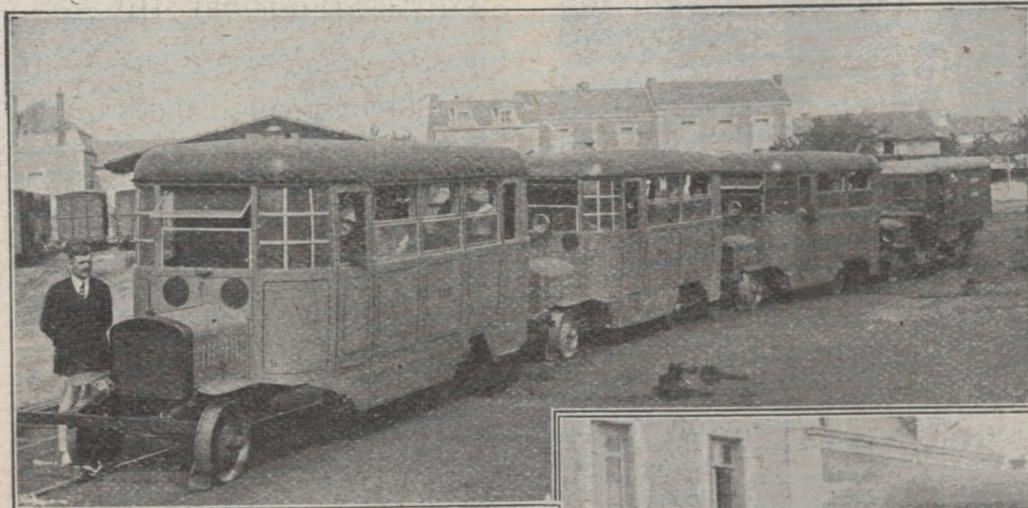


Fig. 43 et 44. — AUTO-RAILS (PROCÉDÉ TARTARY).

rails un certain nombre de châssis industriels légers et les a mis en service sur des réseaux à voie métrique des Deux-Sèvres, de l'Indre, du Loiret, etc. (Fig. 43 et 44).

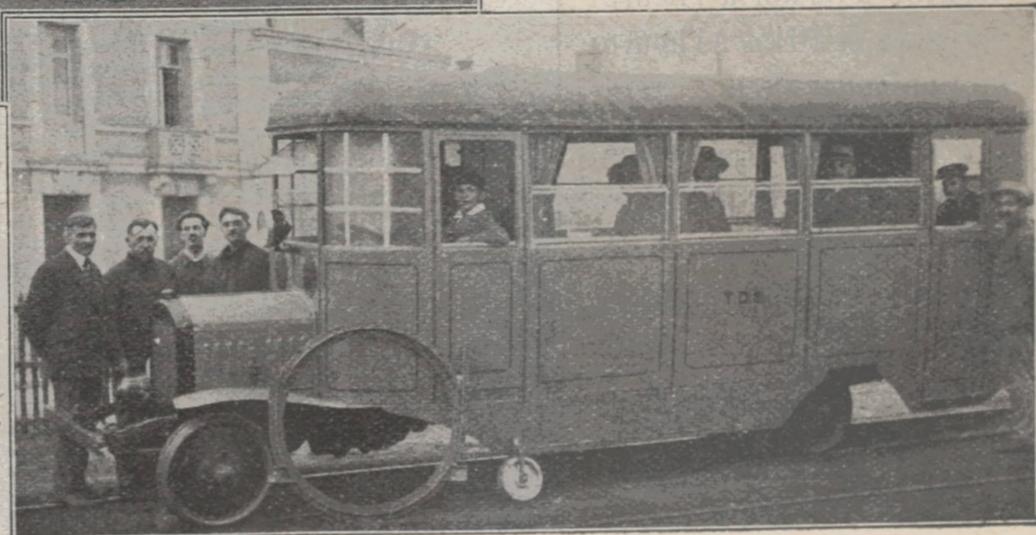


Fig. 45. — AUTO-RAIL DE DION-BOUTON.

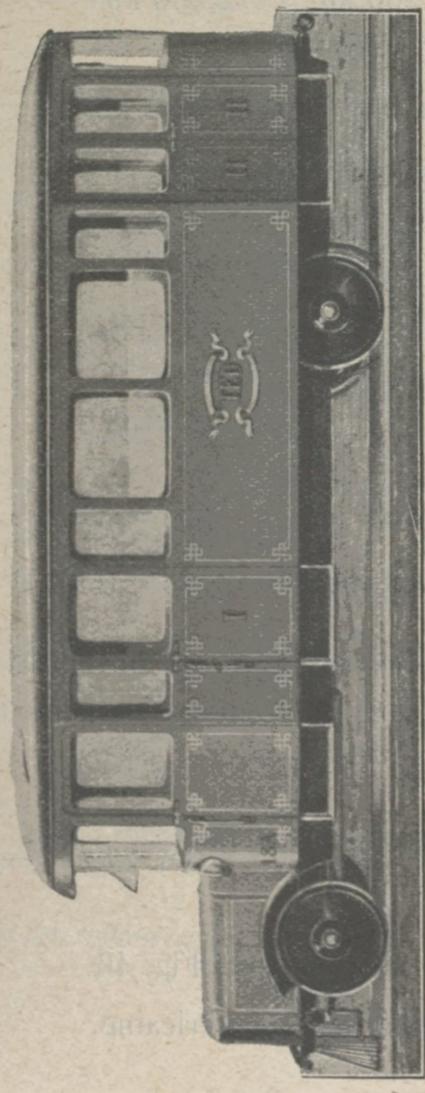


Fig. 46. — AUTOMOTRICE DE DION-BOUTON AVEC BOGIE.

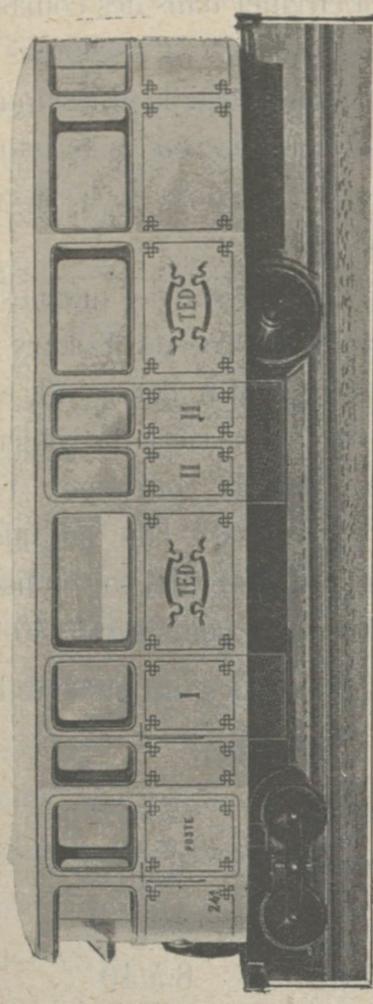


Fig. 47. — RAIL-CAR AMÉRICAIN.

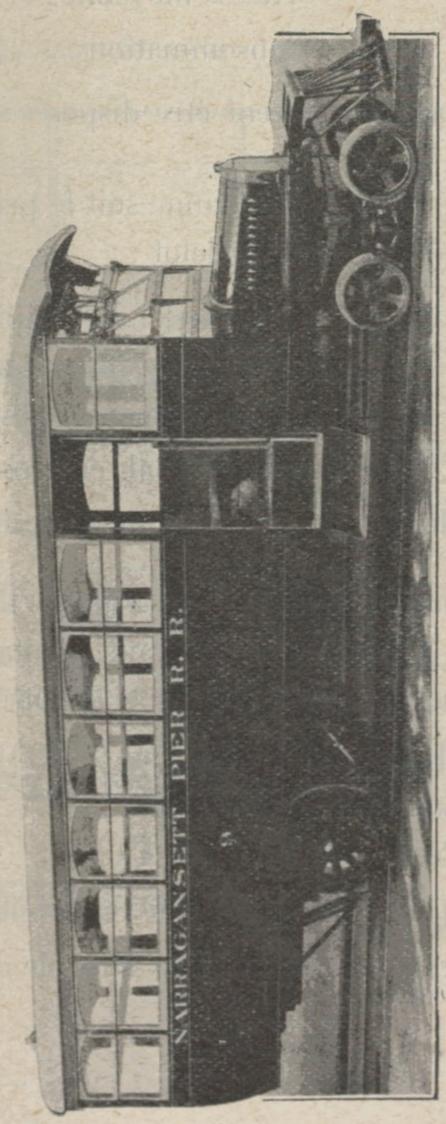
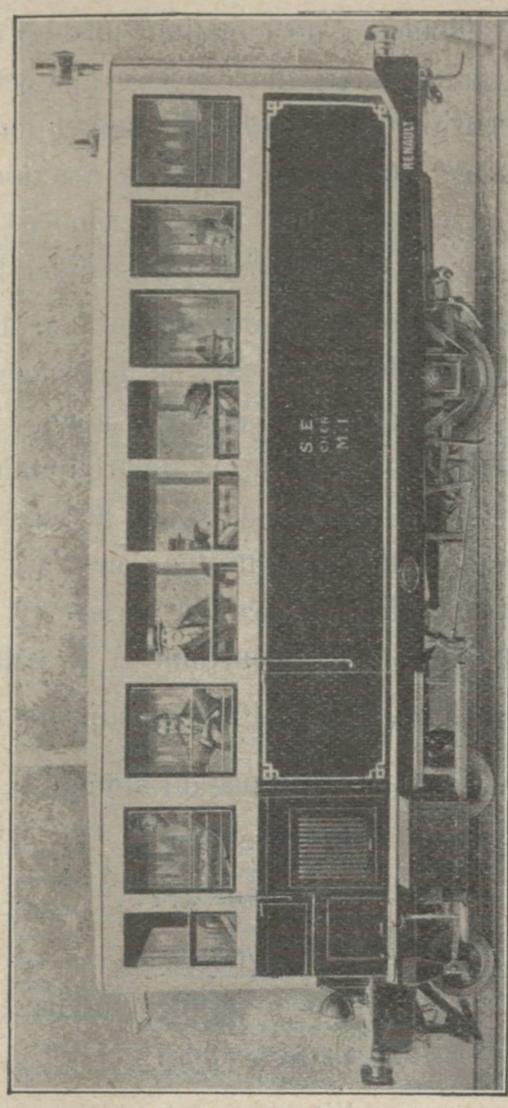


Fig. 48. — AUTOMOTRICE RENAULT A VOIE MÉTRIQUE.



Ces véhicules, d'un empatement de 3 m, 20 à 4 m, ont à circuler dans des courbes de faible rayon (pouvant descendre à 25 m); à cet effet, l'essieu d'avant conserve ses fusées pivotantes, un dispositif par ressort de rappel tend à maintenir les roues dans la direction rectiligne; au passage dans les courbes, la réaction du rail sur le boudin de la roue extérieure provoque le pivotage des roues dans le sens de la courbe. Le volant de direction est conservé, de façon que le conducteur puisse aider le braquage des roues.

Ces autorails, en raison de leur empatement, ne peuvent tourner sur des plaques destinées à un matériel de 2 m, 20; le tournage se pratique suivant le procédé Tartary; il est fait usage d'une couronne en tôle, à bord relevé, d'un diamètre égal à l'entreprail, et munie de deux petits plans inclinés; l'appareil étant disposée sur la voie en arrière du véhicule, celui-ci recule de façon que ses roues arrière viennent se disposer sur la couronne; l'avant de la voiture est soulevé, pour disposer sous l'essieu un galet transversal; l'on fait alors pivoter autour du milieu de l'essieu arrière (il faut pour cela que le différentiel soit conservé). L'on voit sur la Fig. 44 la couronne et le galet utilisés à cet effet; leur poids est de 40 kg environ.

Donnons quelques chiffres au sujet de ces véhicules dont deux types ont été établis.

Puissance du moteur.....	18-20 HP.	
Empatement	3 m, 20	4 m, 00
Longueur	5 m, 60	6 m, 45
Places assises.....	16	24
— supplémentaires.....	4 à 8	8 à 10
Poids à vide.....	2.200 kg	2.500 kg
Vitesse moyenne.....	30 à 35 km	
Consommation	environ 20 l aux 100 km	

Les bagages peuvent être disposés sur une remorque légère à deux roues.

M. Tartary établit comme suit le prix de revient kilométrique d'un autorail en service entre Château-Thierry et Vardelot :

Personnel, combustible, huile, entretien journalier...	0 fr. 55
Révisions, réparations.....	0 04
Amortissement et divers	0 16
Soit au total, environ.....	0 fr. 75

au lieu de 2 fr. 50 à 3 fr. pour un train à vapeur (dont la vitesse n'est que de 20 km).

DE DION-BOUTON. — La Figure 45 se rapporte à un auto-rail équipé suivant le procédé Tartary, à savoir : roues avant pivotantes, essieu arrière avec différentiel, équipements pour le tournage, comme indiqué ci-dessus.

Moteur de 20 HP (90 × 130), quatre cylindres ;

Capacité 30 à 35 places ;

Poids 3 t, 5, vitesse 45 km ;

Un type similaire sans différentiel et avec bogie à l'avant est représenté Fig. 46.

La Figure 47 concerne un véhicule du même genre de construction américaine.

RENAULT. — L'automotrice Renault, à voie métrique (Fig. 48), avec bogie à l'avant, répond aux caractéristiques ci-après :

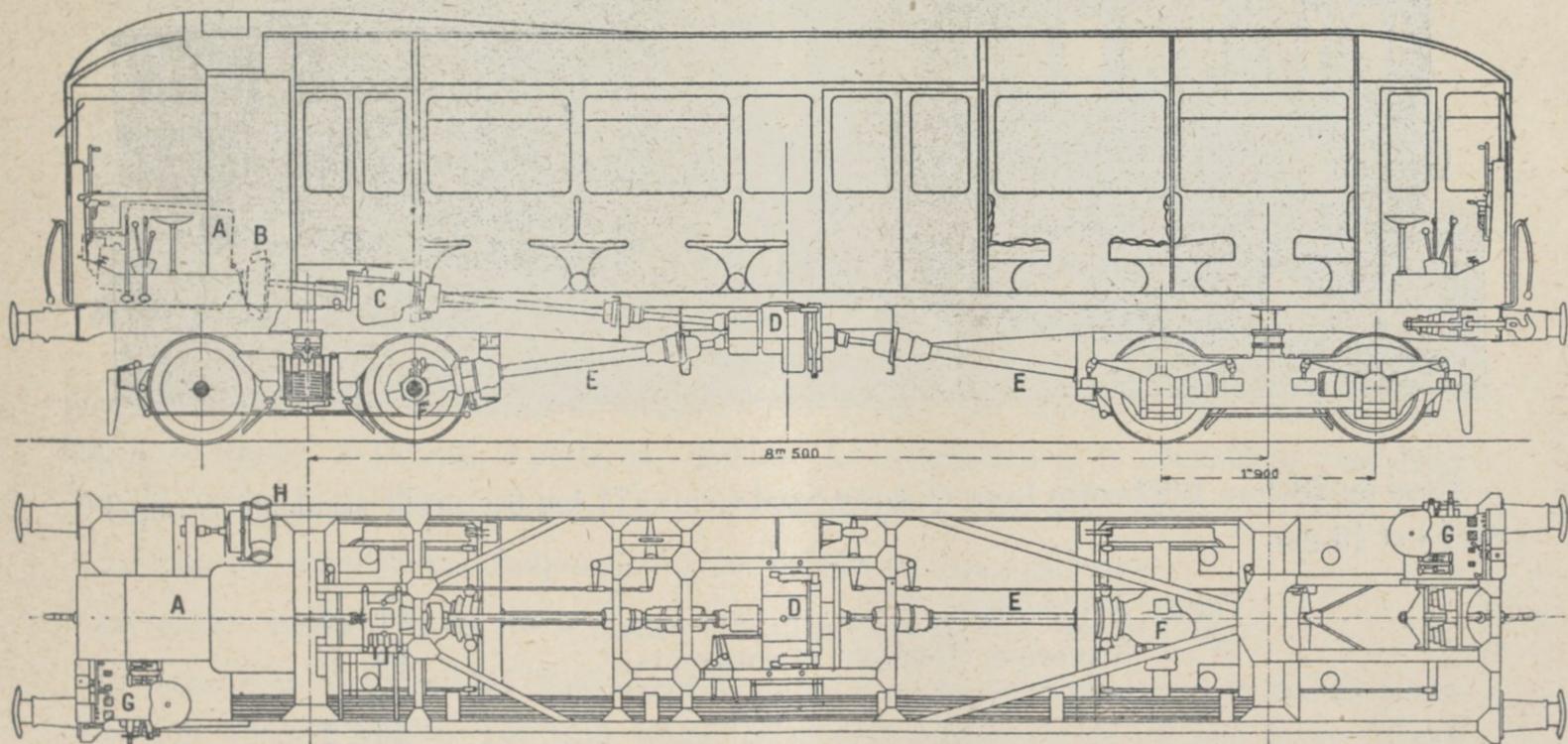
- Moteur de 110×140 quatre cylindres ;
- Puissance 45 HP à 1.500 tours ;
- Quatre vitesses de marche avant : 10, 17, 22, 36 ; et une de marche arrière ;
- Empatement : 4 m, 30 ;
- Poids à vide : 7 t, 5.

Les Fig. 49 et 50 se rapportent à une automotrice à 2 bogies, à voie normale, pour les mines de Carvin :

- Moteur type 40 HP (110×160), six cylindres ;
- Puissance : 85 HP à 1.300 tours ;
- Quatre vitesses dans les deux sens : 9, 17, 27, 45 ;
- Transmission par cardans ;
- Deux postes de manœuvre ;
- Capacité : 55 places, dont 35 assises ;
- Compartiment à bagages pour 1.600 kg ;
- Fourgon postal ;
- Poids : 25 t.

Un type similaire, plus léger, a été établi pour la voie d'un mètre.

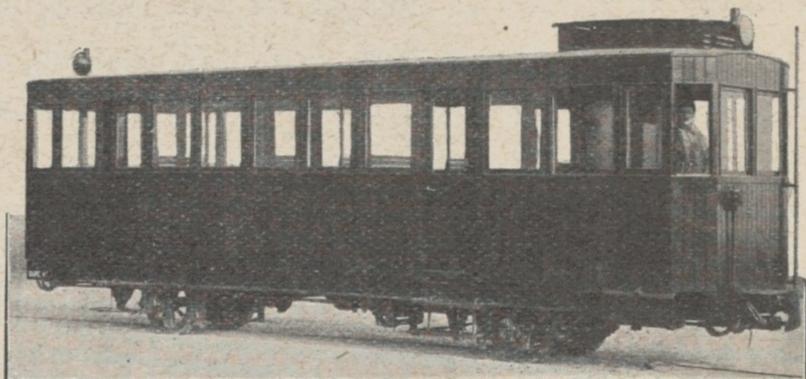
Fig. 49 et 50. — AUTOMOTRICE RENAULT, A VOIE NORMALE (MINES DE CARVIN).



A, moteur ; B, embrayage ; C, boîte de vitesse ; D, inverseur et démultiplicateur ; E, arbres à cardans ; F, Ponts ; G, poste de conduite ; H, compresseur d'air.

BERLIET. — Les Etablissements Berliet ont établi plusieurs types d'automobiles à voie métrique et voie normale.

Fig. 51. — AUTOMOTRICE BERLIET A VOIE MÉTRIQUE.



Automotrice à voie de 1 m (Fig. 51).

Moteur de 40 HP (110 × 140), quatre cylindres ;

Mécanisme à quatre vitesses dans les deux sens : 9, 14, 24, 36 ;

Les deux essieux sont moteurs, commandés par chaînes ;

Poids à vide 8 t, en charge 11 t.

Automotrices à voie normale (Fig. 52).

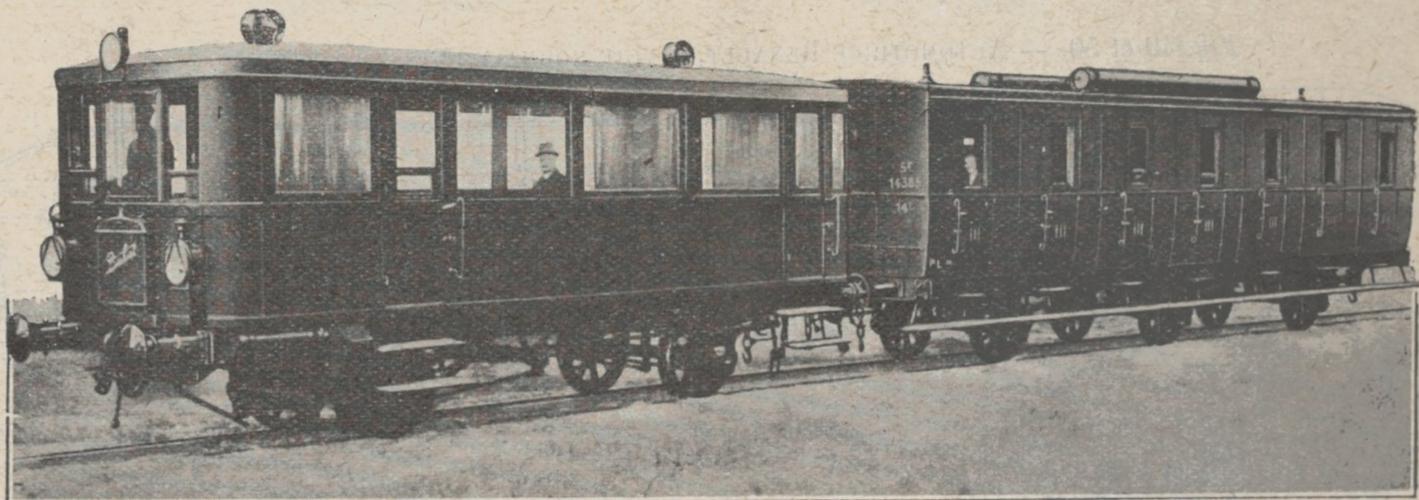
Moteur de 40 HP (110 × 140), quatre cylindres ;

Quatre vitesses avant et une arrière : 10, 17, 30, 45 km ;

L'essieu avant seul est moteur, commandé par deux chaînes jumelées avec tension égalisée par un différentiel.

Longueur de la carrosserie	8 m
Largeur	2 m, 70
Empatement	4 m
Nombre de places assises.....	29
Poids à vide.....	11 t, 2

Fig. 52. — AUTOMOTRICE BERLIET, A VOIE NORMALE.



Essai du 28 Juin 1922 entre Lyon et Aoste Saint-Genix (71 km,6), profil accidenté (rampes de 14 et 16 mm) :

Poids : Automotrice	11 t, 2
— Remorque (fourgon) et voyageurs	12
	<hr/>
	23 t, 2

Les diagrammes enregistrés donnent, comme vitesse : 40 à 45 km en palier, 28 km en rampe de 8 mm, de 21 km en rampe de 16.

Consommation en essence : 49 l pour 143 km, soit 34 l pour 100 km, ou 1 l,46 pour 100 t km.
Essai du 5 Juillet 1922 : Poids avec remorque et voyageurs, 21 t, 65 ; Consommation : 1 l, 53 pour 100 t km.

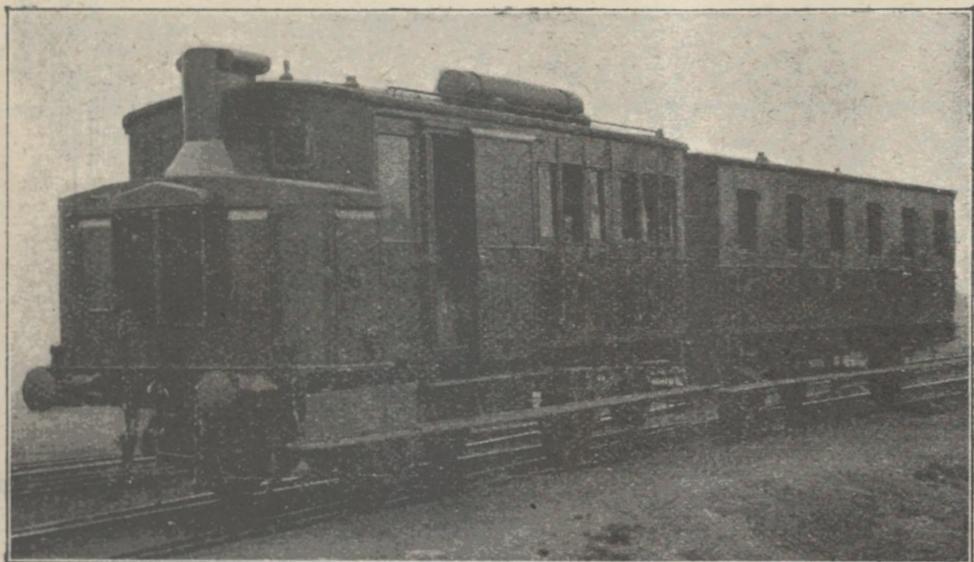
AUTOMOTRICE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT. — La Direction des Chemins de fer de l'Etat, en présence de l'intérêt que peut présenter l'exploitation par automotrices de certaines lignes du réseau, a pensé que le côté technique de la question pouvait être envisagé de la façon la plus simple, en constituant l'automotrice par un véhicule de faible empatement, pouvant tourner sur les plaques, à un seul poste de conduite par conséquent, et susceptible de prendre en remorque une ou deux voitures.

Le programme a été posé comme suit : prendre comme point de départ une voiture de deuxième classe, à quatre compartiments, ancien modèle, d'un empatement de 3 m, 75 ; transformer la caisse, en ne laissant subsister à une extrémité que deux compartiments à voyageurs, de façon à aménager à l'autre extrémité (devenue l'avant du véhicule) l'appareil moteur, le poste de conduite et un compartiment à bagages.

La réalisation de ce programme a été confiée aux Etablissements Schneider qui ont étudié et exécuté l'appareil moteur.

Le véhicule est représenté (Fig. 53 à 55). Le châssis a été conservé sans modification,

Fig. 53. — AUTOMOTRICE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT.



même que les freins ; seuls l'essieu avant et sa suspension ont été remplacés par des modèles renforcés.

Le groupe moteur est disposé transversalement à l'avant. La transmission à l'essieu d'avant se fait par deux chaînes jumelées disposées pour respecter les organes de frein placés dans l'axe.

Entre le groupe moteur et le premier compartiment à voyageurs est agencé un compartiment fourgon dans lequel se trouve, à l'avant, le poste de conduite. Le mécanicien et le conducteur sont donc dans le même local, l'un pouvant, par conséquent, parer aux défaillances de l'autre.

Le train est complété par l'adjonction d'une voiture de troisième classe.

Le moteur est du type 60 HP à quatre cylindres (alésage 135, course 170).

Le mécanisme comprend un changement de vitesse à quatre multiplications de marche avant et une de marche arrière, par trois trains balladeurs, commandés par un seul levier ; il est complété par un arbre démultiplicateur sur lequel est calé un pignon de chaîne commandant un arbre de renvoi disposé en avant de l'essieu moteur, auquel il est relié par deux chaînes jumelées, du type « variatur ».

L'installation comporte un compresseur d'air, actionné par le moteur, assurant la pression nécessaire pour le frein et le sifflet. La mise en marche du moteur s'effectue par un démarreur

Fig. 54 et 55. — AUTOMOTRICE " ETAT " (GROUPE MOTEUR SCHNEIDER).

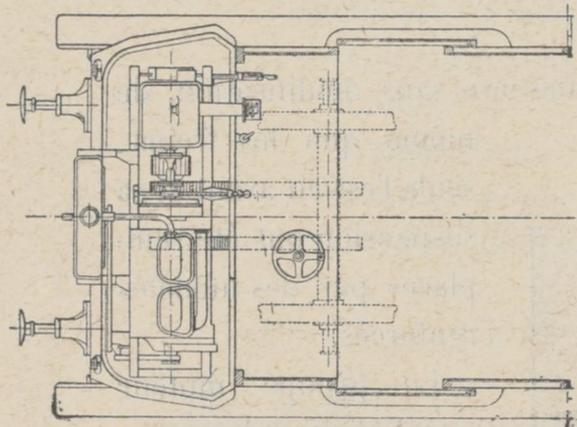
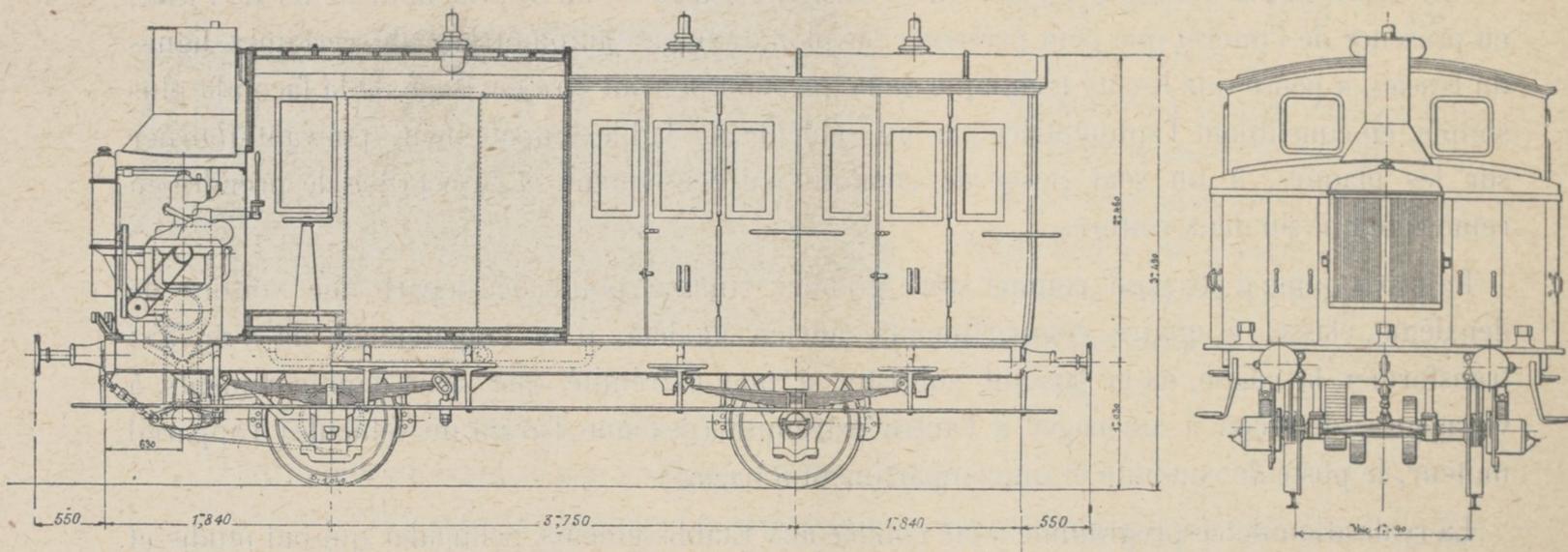


Fig. 56. — INDICATEUR DE VITESSE.

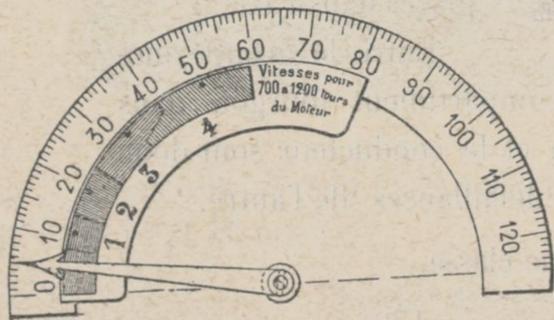
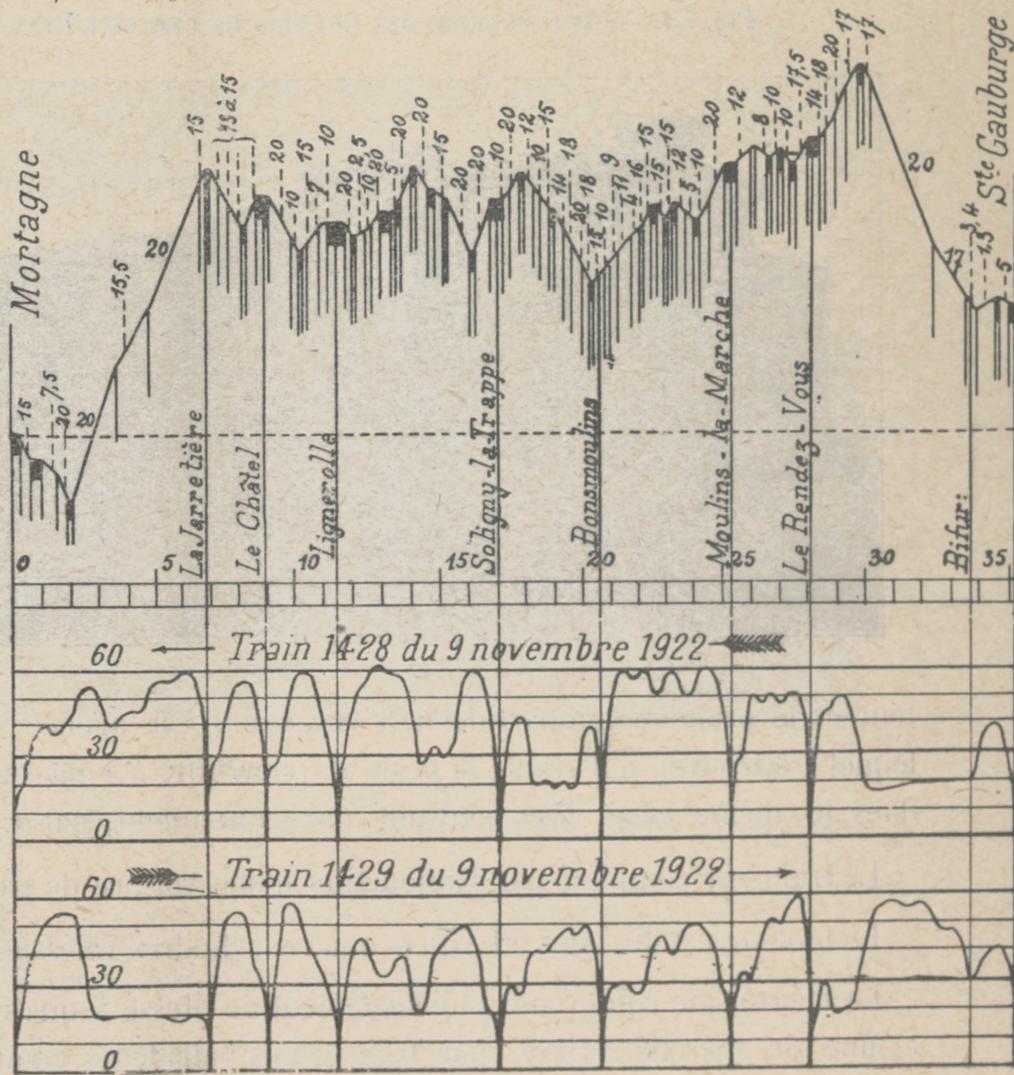


Fig. 57. — DIAGRAMME DE MARCHÉ (AUTOMOTRICE " ETAT ").



Herzmark à air comprimé. Le groupe moteur est disposé dans un capot surmonté d'une hotte de ventilation.

La gamme des vitesses est indiquée sur le tableau ci-après :

CRAN	VITESSES		Efforts tangentiels à la roue (1)
	à 1.000 tours	à 1.200 tours	
1 ^{re} vitesse.....	12 km	14 km 4	1.230 km
2 ^e vitesse.....	20 »	21 »	720 »
3 ^e vitesse.....	34 »	40 »	440 »
4 ^e vitesse.....	50 »	60 »	280 »
Marche AR.....	12 »	14 km 4	.

(1) En supposant un rendement mécanique de 85 % environ.

L'échelonnement des vitesses est reporté sur le cadran de l'indicateur de vitesse (Fig. 56), sous forme de zones correspondant à l'intervalle de 700 à 1.200 tours du moteur, ce qui permet de définir par l'indication de l'aiguille le moment où il convient de changer de vitesse. Les indications concernant les manœuvres ont été comprises très facilement par un personnel non initié, qui s'est vite familiarisé avec ce nouveau mode de traction.

Le poids de la voiture est de 14,5 t à vide et de 16 t en charge avec voyageurs.

Le tableau ci-après indique les conditions de marche avec remorque de 10, 15, 20 t en supposant une résistance de 8 kg par tonne.

PROFIL DE LA VOIE	POIDS DE LA REMORQUE					
	10 tonnes		15 tonnes		20 tonnes	
	cran	vitesse	cran	vitesse	cran	vitesse
Palier.....	4	60	4	55	4	50
Rampe de 2 mm.....		52		45	3	38
— 4 ».....		48	3	40		35
— 6 ».....	3	40		35	2	24
— 8 ».....		38		32		23
— 10 ».....		32	2	24		22
— 12 ».....	2	24		24		20
— 14 ».....		24		22	1	14
— 16 ».....		23		20		14
— 18 ».....		22	1	14		14
— 20 ».....		20		14		13
— 25 ».....	1	14		13		12

Cette automotrice est en service, avec une voiture de remorque de troisième classe, sur la ligne de Mortagne à Sainte-Gauburge dont nous donnons le profil (Fig. 57) avec reproduction d'un diagramme de vitesse.

Le poids du train à vide est de 24 t soit, avec voyageurs, 26 à 27 t environ.

Le trajet de 35,1 km est effectué en 1, 10 h, y compris neuf arrêts, soit arrêts déduits, à la vitesse d'environ 35 km à l'heure. Quelques minutes peuvent être facilement gagnées sur cette marche.

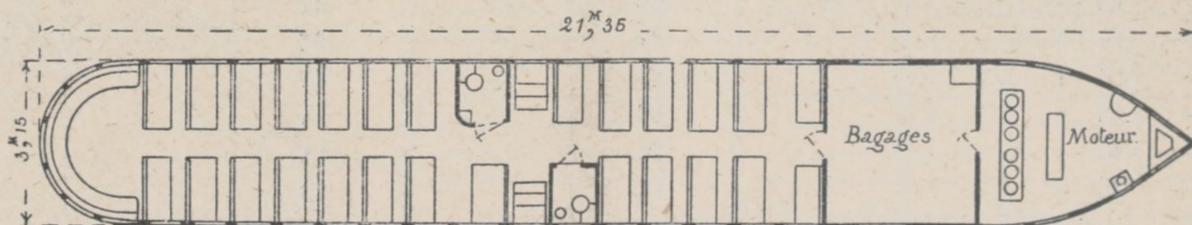
Fig. 58. — L'AUTOMOTRICE EN SERVICE.



La consommation ressort à 0,65 l par kilomètre, soit 2,4 l aux 100 t/km consommation assez élevée en raison de la difficulté du parcours.

AUTOMOTRICES MC. KEEN. — Les Fig. 59 à 62 se rapportent à un type d'automotrice à grande vitesse construite, vers 1910, par la Mc Keen car C^o (1).

Fig. 59 et 60. — AUTOMOTRICE MC KEEN, VUE EXTÉRIEURE ET PLAN.



Le véhicule ne comporte pas de châssis. La caisse est exécutée en tôle, d'une construction rigide, à la façon d'une coque de bateau ; elle repose sur deux bogies ; celui d'avant porte le moteur disposé transversalement.

(1) Omaha, Etats-Unis.

L'avant affecte une forme de proue effilée, l'arrière est en rotonde (1)

Le moteur est à six cylindres, type 200 HP; il est réversible, avec mise en marche à l'air comprimé; il commande l'essieu d'avant par une chaîne silencieuse disposée dans l'axe; le pignon, sur le moteur, constitue manchon d'accouplement entre les vilebrequins des deux groupes de trois cylindres. L'embrayage très progressif est pourvu d'une commande par l'air comprimé.

Nombre de places assises : 83.

Poids : 31 t.

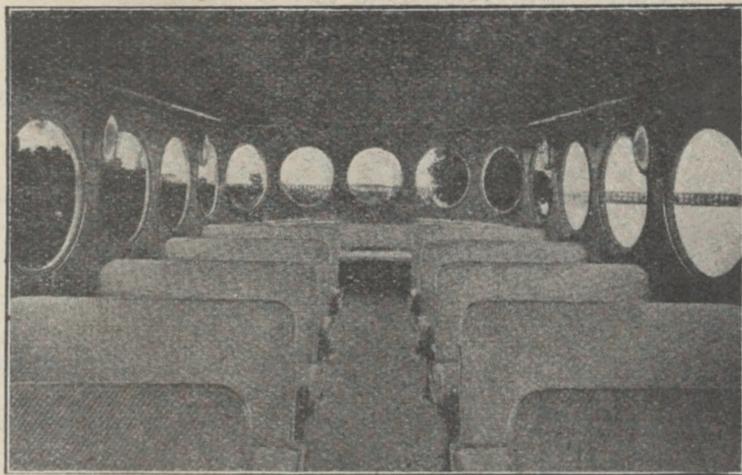
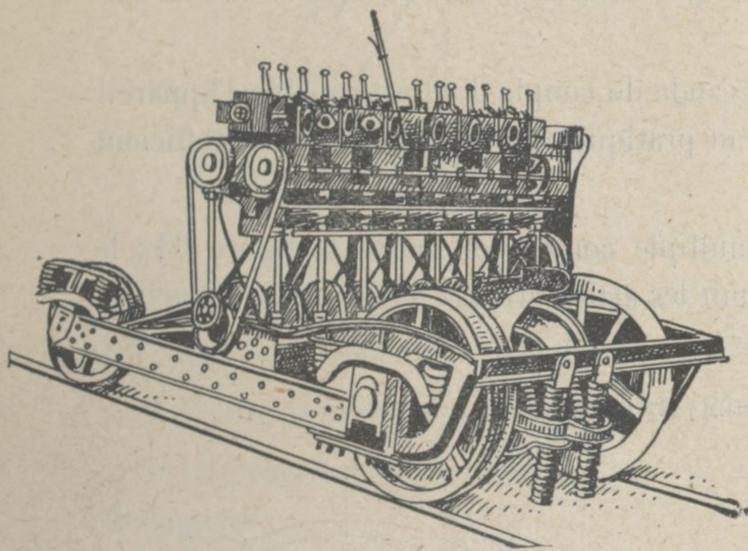
Vitesse : 50 milles, soit 80 km à l'heure.

OBSERVATIONS. — L'emploi de mécanismes par trains balladeurs, sanctionné par 25 années de pratique automobile, est parfaitement rationnel pour les applications à la voie ferrée.

Ce genre de transmission donne un excellent rendement mécanique; il permet, dans des parcours qui peuvent s'effectuer sans énergie motrice, d'arrêter ou de ralentir le moteur. On

Fig. 61. — BOGIE MOTEUR MC KEEN.

Fig. 62. — VUE INTÉRIEURE DE L'AUTOMOTRICE MC KEEN.



peut lui reprocher d'avoir une échelle de démultiplication discontinue et de nécessiter une manœuvre en quelque sorte inélégante; toutefois, cette manœuvre de passage des vitesses se fait très aisément, surtout pour les faibles puissances, (au dessous de 60 HP, par exemple).

Au fur et à mesure de l'augmentation de puissance, l'emprise des dentures devient moins facile en raison de l'augmentation de l'inertie des masses qui correspondent aux organes libérés par la manœuvre de débrayage; c'est-à-dire l'élément conduit de l'embrayage, l'arbre de liaison, le train primaire de la boîte de mécanisme.

Comme l'embrayage doit être établi largement pour assurer des démarrages quelquefois laborieux, son inertie est un des facteurs les plus importants qui, pour les grandes puissances, tendent à contrarier la manœuvre de changement de vitesse.

(1) Les connaissances actuelles sur la résistance de l'air conduiraient à la disposition inverse.

Appareil Fieux. — Pour remédier aux effets d'inertie de l'embrayage, M. Fieux a divisé l'embrayage en deux éléments : l'un est un appareil de friction à larges surfaces, pour les démarrages et toutes les circonstances où il doit y avoir glissement, l'autre est un appareil de couplage, à très faible inertie, à surfaces très chargées, que l'on manœuvre à la façon d'un embrayage pour effectuer les changements de vitesse.

Cet appareil vient d'être appliqué à l'automotrice des chemins de fer de l'Etat, décrite précédemment.

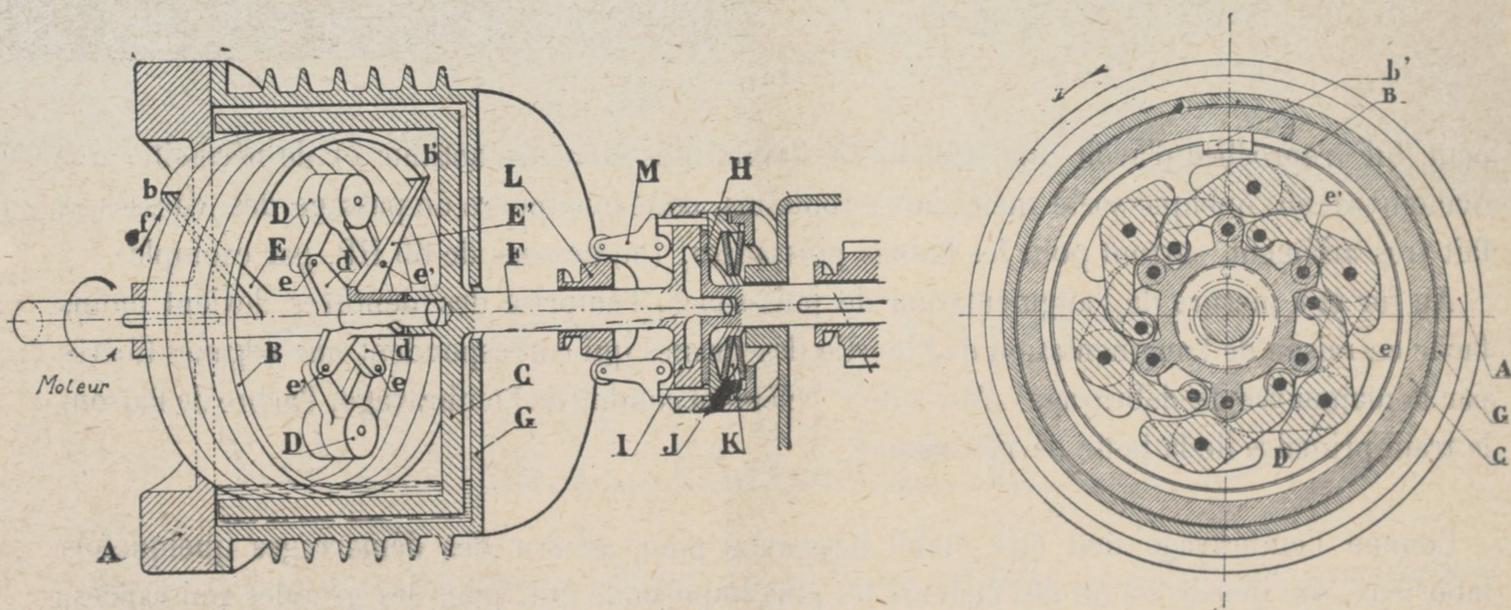
L'appareil Fieux se présente sous la forme schématique de la figure 63.

L'élément de glissement, adjacent au volant A du moteur, fonctionne à la façon d'un joncteur automatique ; nous lui conserverons la désignation de « joncteur ». Il est basé sur l'emploi d'une spirale de friction B agissant dans un tambour C qui constitue l'élément conduit de l'appareil ; l'extrémité *d'* qui reçoit l'effort engendrant la friction est soumise, par le doigt *E'*, à deux forces en opposition : l'une est l'action centrifuge des masses D qui, par le jeu des biellettes *d* et des doigts E et *E'*, tend à appliquer la spirale sur la surface du tambour, l'autre est le couple d'entraînement lui-même qui tend à s'opposer à l'action de la force centrifuge. La force restante *f* agit à l'extrémité *b* du spirale ; cette force, qui croît en fonction logarithmique de l'arc d'enroulement, engendre le couple d'entraînement qui trouve sa réaction à l'extrémité *b'* du bras *E'*.

Il résulte de cette disposition une précision très grande du couple dont est capable l'appareil pour chaque vitesse du moteur, et un fonctionnement pratiquement indépendant du coefficient de frottement.

Dans la réalité, les masses D sont en nombre multiple comme le montre la figure 64 ; le doigt *E'* est remplacé par un disque oscillant qui réunit les articulations *e'* des masses ; les articu-

Fig. 63 et 64. — APPAREIL FIEUX, SCHEMA ET COUPE TRANSVERSALE.



lations *e* sont directement solidaires du volant A qui porte, d'autre part, le taquet de butée du spirale en *b*.

L'appareil fonctionne dans l'huile, il est renfermé dans le carter G solidaire du volant A.

Le graphique (Fig. 65) représente, suivant tracé OM, le couple d'entraînement dont est capable l'appareil en raison de la vitesse et, suivant P Q, le couple moteur lui-même.

Les conditions d'établissement de l'appareil sont telles que le point N d'intersection correspond à l'origine du couple maximum du moteur (entre 600 ou 700 tours par exemple).

Pour les vitesses inférieures à R, le couple d'entraînement ON étant inférieur au couple moteur (zone PN), le conjoncteur est en glissement.

Au démarrage, le moteur prend immédiatement la vitesse R qui donne un couple de glissement et par suite d'entraînement égal à NR (ou OT).

Quand la vitesse du véhicule correspond à la vitesse R du moteur, la conjonction s'effectue; la liaison est complète entre le moteur et l'arbre F à partir de la vitesse R. Si, par suite des résistances de la marche, en abordant une rampe, par exemple, la vitesse du moteur venait à tomber au-dessous de R (la manœuvre de changement de vitesse n'ayant pas été effectuée en temps opportun), l'appareil entrerait de nouveau en friction. Dans aucun cas, même en cas de serrage des freins, le moteur ne peut être calé.

Quant au coupleur, il est constitué par un disque mince H en acier, pincé par

des mâchoires I et J sous l'action de rondelles Belleville K. Le débrayage s'effectue par un manchon L agissant sur des leviers M pour espacer les mâchoires (1).

Il résulte de l'emploi de cet ensemble les conséquences ci après :

1° La progressivité des démarrages est automatique et indépendante de la brusquerie de la manœuvre ;

2° Les manœuvres se font avec une facilité remarquable, aussi bien pour descendre les vitesses (de 4 à 3 ou de 3 à 2) que pour les monter.

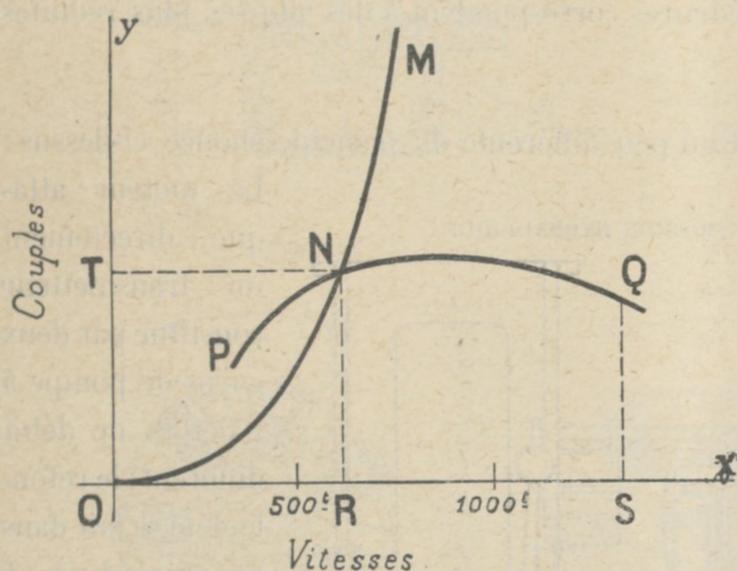
L'appareil Fieux permet de reculer largement la limite de puissance admise pour l'emploi de changements de vitesse par trains balladeurs.

TRANSMISSIONS HYDRAULIQUES

Certains constructeurs ont réalisé la transformation de l'énergie entre le moteur et les roues, au moyen d'appareils hydrauliques.

(1) Il convient de mentionner que la charge sur les surfaces du coupleur peut atteindre 25 à 30 kg par cm^2 , alors que, pour le conjoncteur, en régime de glissement, la spire la plus chargée de la spirale n'a qu'une pression de 4 kg par cm^2 (avec un P V voisin de 60) : elle travaille donc au même taux qu'un coussinet de palier. Le spirale est en fonte. Un essai d'endurance de 50 heures de friction en pleine puissance a provoqué une usure inappréciable (très inférieure au centième de mm), alors que l'usure prévue peut atteindre 1 mm.

Fig. 65.



L'équipement comprend en principe (Fig. 1 croquis H) :

1° Un transmetteur m actionné directement par le moteur ; c'est une pompe de compression à débit variable par l'action d'une manette m' qui permet, en outre, d'inverser le sens de circulation du liquide ;

2° Un récepteur n (ou moteur hydraulique) qui commande les essieux par chaînes ou par bielles ;

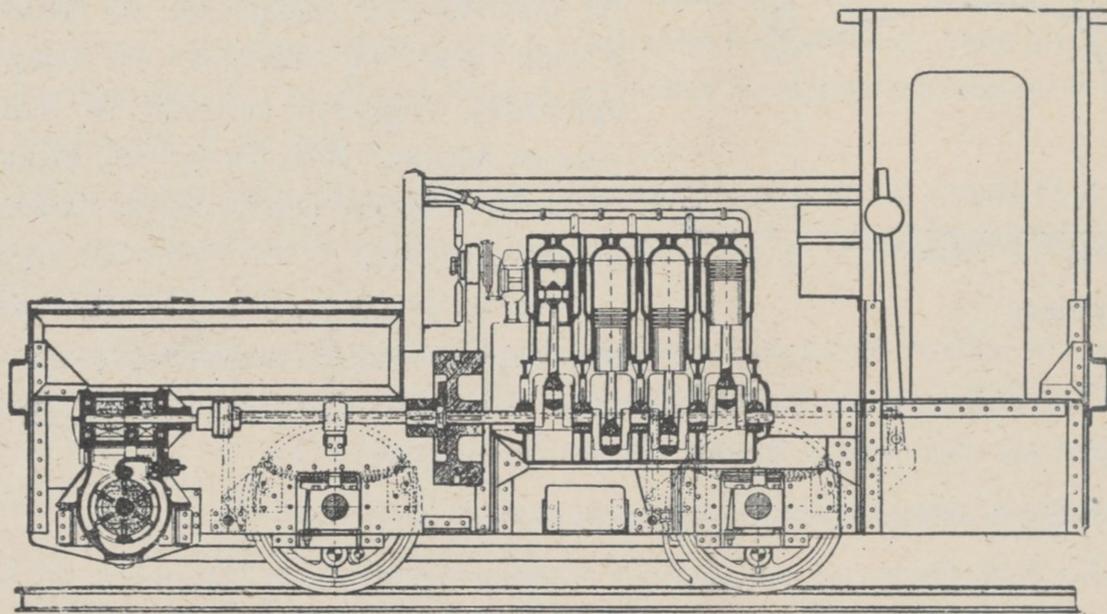
3° Deux tuyaux de communication entre ces deux appareils.

Le liquide employé est de l'huile.

Le fonctionnement est extrêmement simple : la position milieu du levier m , pour laquelle le débit du transmetteur est nul, correspond à l'arrêt du véhicule ; les positions extrêmes à la pleine vitesse avant ou arrière ; les positions intermédiaires correspondent à des vitesses plus réduites et permettent les démarrages.

TRANSMISSIONS LENZ (Fig. 66). — Elle est un peu différente du principe énoncé ci-dessus :

Fig. 66. — LOCOTRACTEUR LENTZ A TRANSMISSION HYDRAULIQUE.



Le moteur attaque directement un transmetteur constitué par deux corps de pompe à palettes de débit différent ; le refoulement se fait dans un récepteur à palettes solidaire du transmetteur ; l'arbre récepteur forme faux essieu.

La mise en circuit de la pompe

à petit débit correspond à la première vitesse, la pompe à grand débit à la deuxième vitesse et les deux pompes en parallèle à la troisième vitesse.

TRANSMISSION HELE-SHAW. — Le transmetteur est constitué par une série de pistons disposés radialement dont la course peut varier de zéro à un maximum sous l'action d'une excentrique commandée par une manette.

Les figures 67 et 68 représente le dispositif :

Un tourillon central fixe A porte les lumières de distribution O_1 et O_2 qui communiquent avec la tuyauterie.

Sur ce tourillon est monté un bloc de cylindres rotatifs B solidaire de l'arbre X qui reçoit son mouvement du moteur.

Les têtes des pistons E sont pourvues de navettes G qui se disposent dans les rainures circulaires H pratiquées dans un tambour ; celle-ci peut tourner dans une couronne mobile I susceptible de se déplacer transversalement sur des glissières $M_1 \dots M_2$ par l'action d'un levier L.

Pour la position moyenne L (Fig. 69), l'axe de la couronne mobile coïncide avec l'axe A ; les

Fig. 67 et 68. — TRANSMISSION HYDRAULIQUE HELE SHAW, COUPES DE LA POMPE.

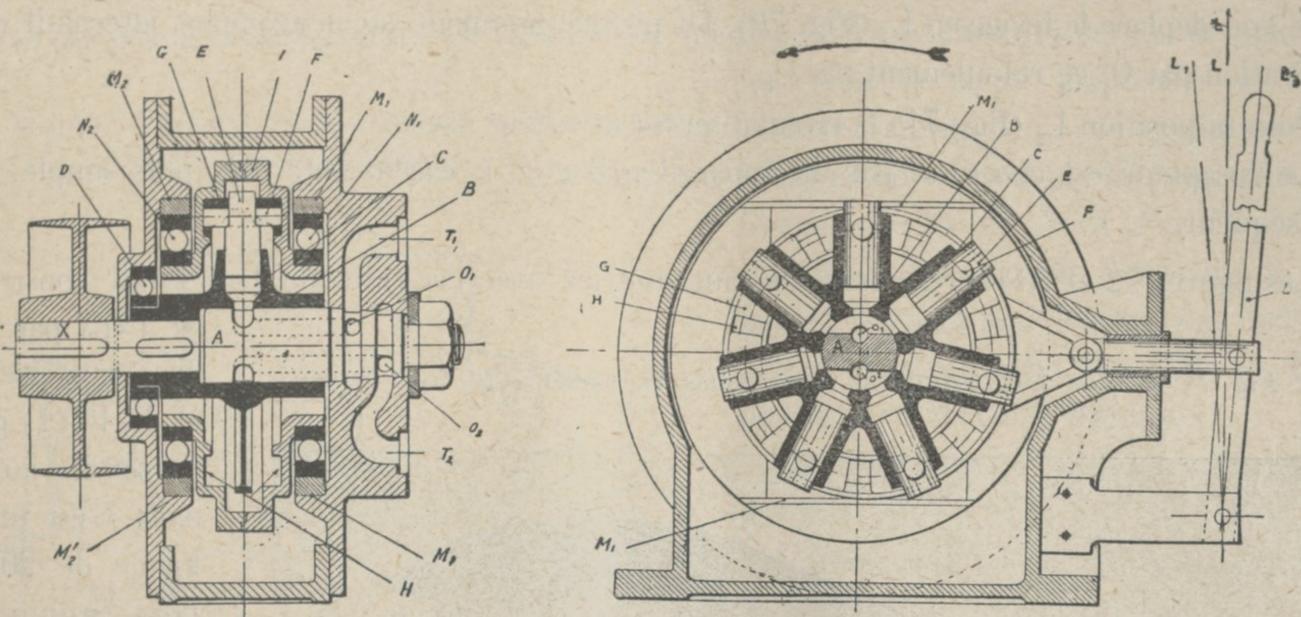


Fig. 69.

Fig. 70.

Fig. 71.

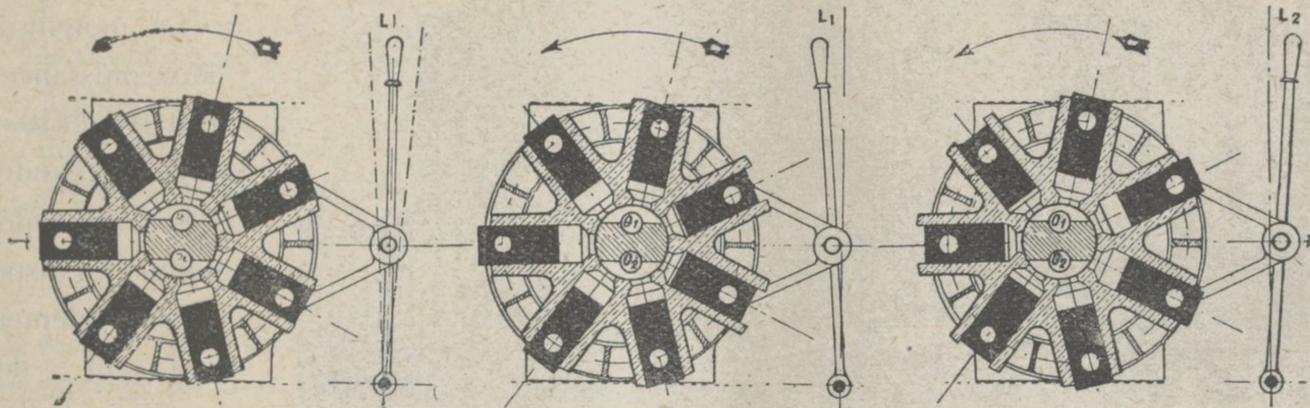
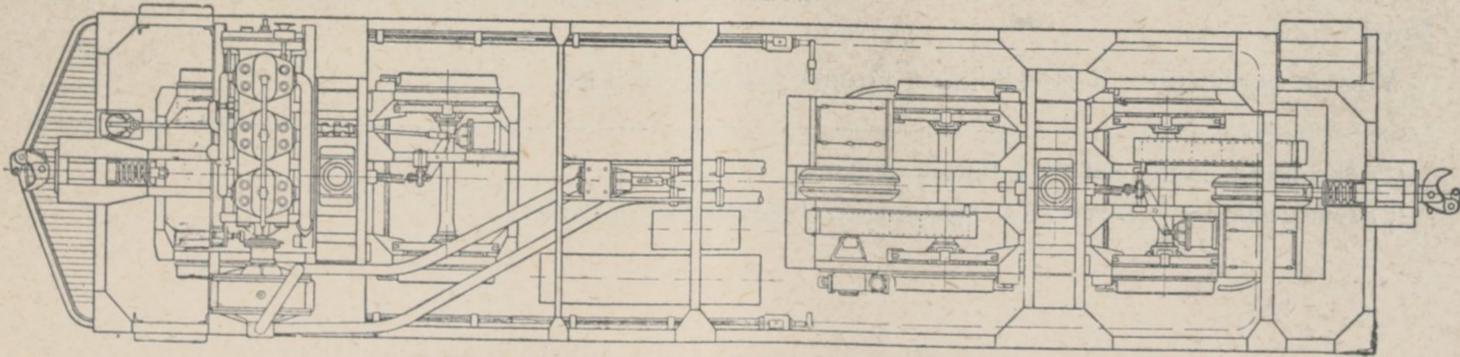
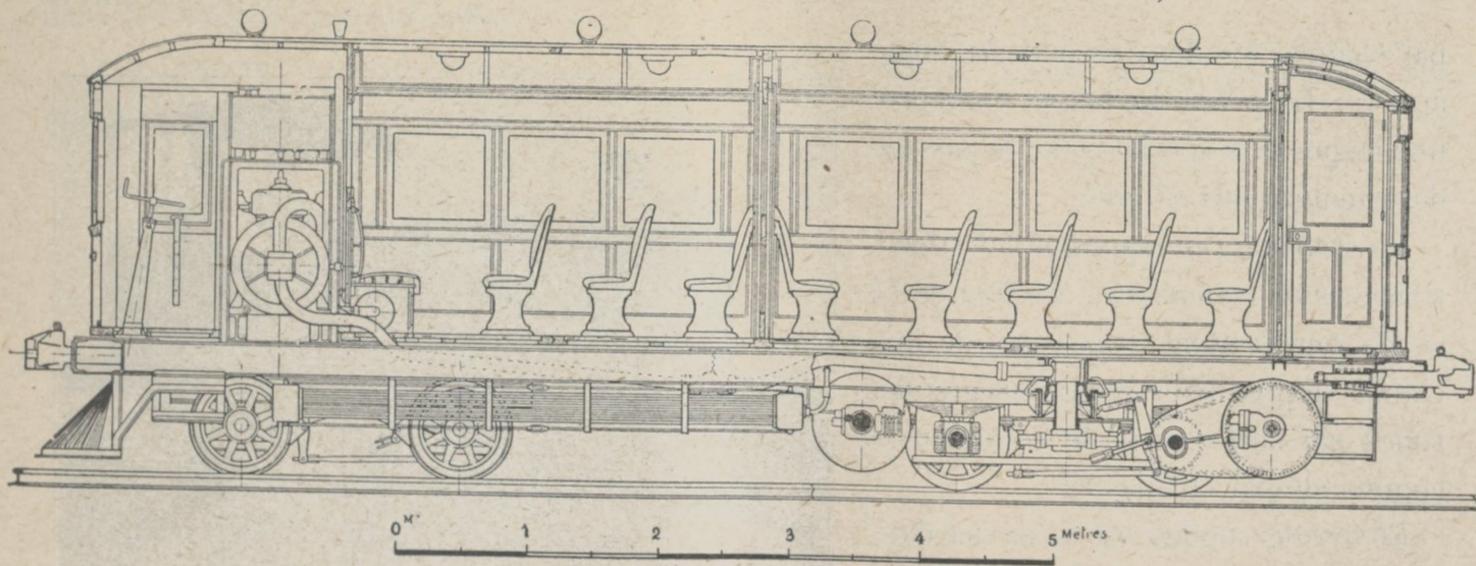


Fig. 72 et 73. — AUTOMOTRICE M. E. P. (TRANSMISSION HELE SHAW).



pistons entraînés dans la rotation du bloc-cylindres, ont une course nulle ; le débit est donc nul.

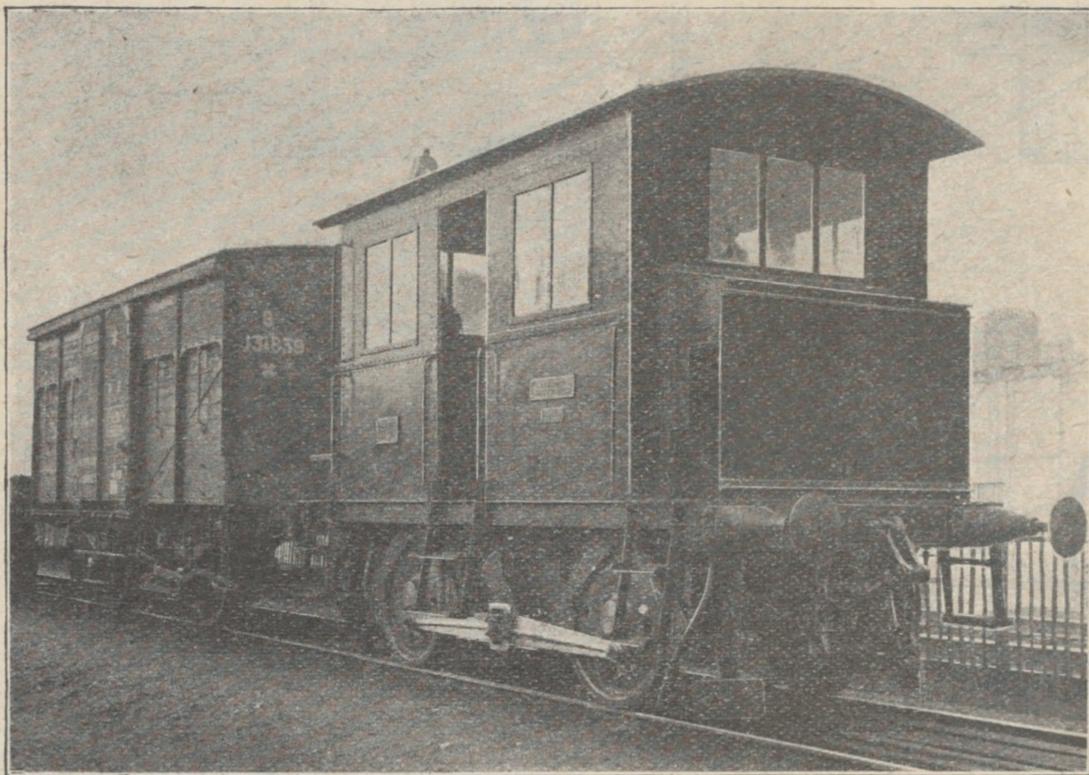
Si l'on déplace le levier en L_1 (Fig. 70), les pistons prennent un mouvement alternatif avec aspiration par O_1 et refoulement par O_2 .

Pour la position L_2 (Fig. 71) la circulation est inversée.

Le récepteur est constitué par un appareil analogue, à excentricité fixe, plus simple, par conséquent.

Les figures 72 et 73 représentent une automotrice avec transmission Hele-Shaw construite

Fig. 74 et 75. — LOCOTRACTEURS A TRANSMISSION HYDRAULIQUE HELE SHAW.



en 1913 par une firme anglaise, la M. E. P. (1) pour un service au Canada. C'est un véhicule de 20 t à voie normale, pouvant transporter 36 voyageurs.

Le moteur est d'une puissance de 100 HP (140 × 156), 6 cylindres.

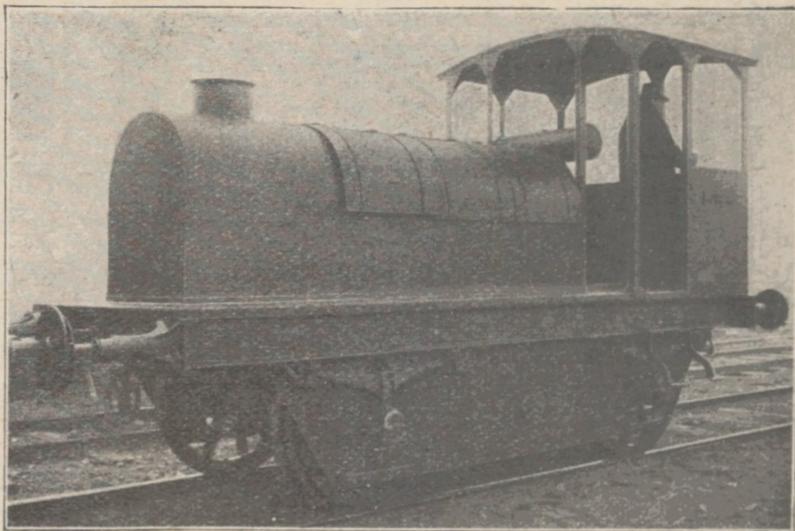
Le groupe moto-pompe est disposé transversalement à l'avant ; deux moteurs hydrauliques actionnent respectivement

par chaînes les deux essieux du bogie arrière. Le pivot du bogie comporte une disposition spéciale pour le passage des canalisations d'huile.

Le système a été appliqué à des locotracteurs de manœuvre ; les figures 74 et 75 représentent deux types de machines, le premier avec commande des roues par faux essieu, le second avec commande par chaînes (2).

Ce dernier modèle est en service dans plusieurs gares de la Compagnie du Nord.

Vitesse maximum : 6 ou 12 km à l'heure suivant le type.

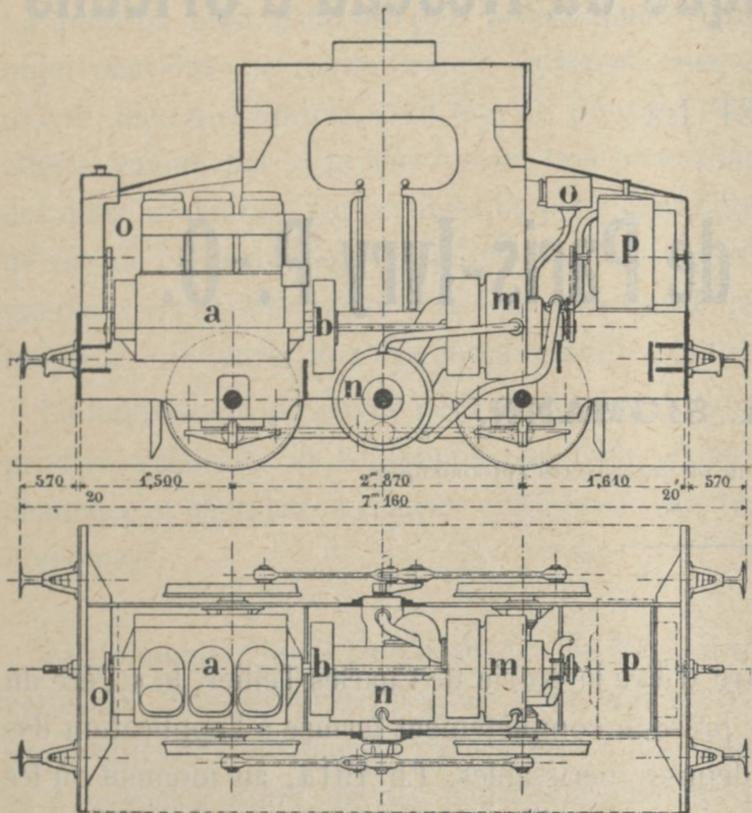


(1) Mc. Ewan, Pratt, and Co, à Burton on Trent.

(2) Construits par la Société des Appareils de Transmission, à Paris.

TRANSMISSION NAEDER. — Dans ce système, les pistons, disposés radialement, sont fixes ; la course des pistons transmetteurs est variable par un dispositif à coulisse qui permet de modifier le rayon de deux manivelles à 180°.

Fig. 76 et 77. — LOCOTRACTEUR DU CHEMIN DE FER DU NORD
(TRANSMISSION NAEDER).



Cette transmission a été appliquée à un locotracteur exécuté par la Compagnie des Chemins de fer du Nord (Fig. 76 et 77).

Moteur système « Volverine », au pétrole lampant fonctionnant par réchauffage ; trois cylindres de 240 × 240 ; puissance : 120 HP à 400 tours.

Le transmetteur est directement actionné par le moteur.

L'arbre récepteur constitue faux essieu ; il commande les roues par bielles.

OBSERVATIONS. — La transmission hydraulique permet une très grande facilité de conduite ; son emploi est surtout indiqué pour des machines de manœuvre. D'après Hele Schaw, le rendement atteindrait 75 %. Des essais récents effectués sur un appareil Naéder ont donné des rendements compris entre 70 et 75 %.

Il est une autre façon de concevoir l'emploi de l'hydraulique, c'est de disposer en tandem le transmetteur et le récepteur, avec un dispositif permettant de coupler l'arbre récepteur et l'arbre transmetteur quand la vitesse de ces deux arbres est égale, c'est-à-dire dans les conditions normales de marche. Avec ce procédé, la transformation d'énergie n'existe qu'au démarrage et dans les rampes exceptionnelles.

Cette transmission hydro-mécanique a été appliquée par M. Naéder à une automobile, elle pourrait être adaptée à un véhicule sur rails.

(A suivre).

APPLICATION DU MOTEUR A HYDROCARBURES à la traction sur voies ferrées

Par M. E. BRILLIÉ

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES
INGÉNIEUR-CONSEIL AUX ÉTABLISSEMENTS SCHNEIDER

(Suite et fin) (1).

TRANSMISSIONS ÉLECTRIQUES

La traction électrique est depuis longtemps entrée dans le domaine de la pratique.

Pour constituer un véhicule moteur autonome, non tributaire d'une « Centrale », il était tout indiqué de disposer sur le véhicule même l'usine génératrice destinée à alimenter les électromoteurs. L'on a ainsi réalisé des machines que l'on a désignées « pétroléo-électriques », « benzo-électriques », etc., appellations impropres, puisque les moteurs peuvent être alimentés par d'autres combustibles que le pétrole ou le benzol.

L'équipement d'un tel véhicule comprend en principe (Fig. 1, croquis G) : une « génératrice » à courant continu actionnée par le moteur à hydro-carbure, des « réceptrices » ou « électromoteurs » qui commandent les essieux, et un appareil de manœuvre dit « controller », ou « contrôleur », ou « combinateur », ou « contacteur ».

Les principes de régulation peuvent être résumés comme suit :

a) On peut faire usage d'une génératrice shunt et de réceptrices shunt ; dans ce cas, les champs inducteurs restant dans un rapport fixe, la transmission se comporte comme une transmission mécanique à rapport fixe, ce rapport étant à la disposition du conducteur par la manœuvre des rhéostats agissant sur les excitations « shunt » ;

b) En ajoutant des excitations « série », on introduit un élément de variation des rapports des vitesses en fonction de la charge ; le réglage se fait encore par l'excitation « shunt » ;

c) On peut aussi envisager comme réglage de variations l'action des enroulements « série ».

(1) Voir *Revue Générale*, N° d'Avril 1923.

MATÉRIEL CROCHAT-COLLARDEAU. — Dans la transmission Crochat-Collardeau, les réceptrices sont du type « série » ; la génératrice à enroulement « shunt » et « série ».

A l'arrêt, le moteur étant en ralenti, l'enroulement « shunt » de la génératrice est seul en circuit ; la génératrice tournant au-dessous de sa vitesse normale ne peut s'amorcer puisqu'elle est branchée sur une réceptrice « série » arrêtée, c'est-à-dire en court-circuit.

Pour démarrer, l'on introduit dans le circuit l'enroulement « série » de la génératrice, celle-ci s'amorce, le véhicule démarre progressivement.

Pour accélérer, l'on donne des gaz au moteur ; d'où augmentation de voltage et de vitesse. Pour ralentir, manœuvre inverse.

En parcours dur, en rampe par exemple, le compoundage de la génératrice peut être shunté, ce qui augmente la vitesse du groupe générateur par rapport à celle du véhicule. Au contraire, en parcours facile, par le shuntage des inducteurs des réceptrices on augmente la vitesse du véhicule par rapport à celle du groupe générateur.

Ce procédé est appliqué aux différents types de machines ci-après :

Locotracteur de 3 t, à voie de 60, pour mines et pour chantiers (Fig. 78).

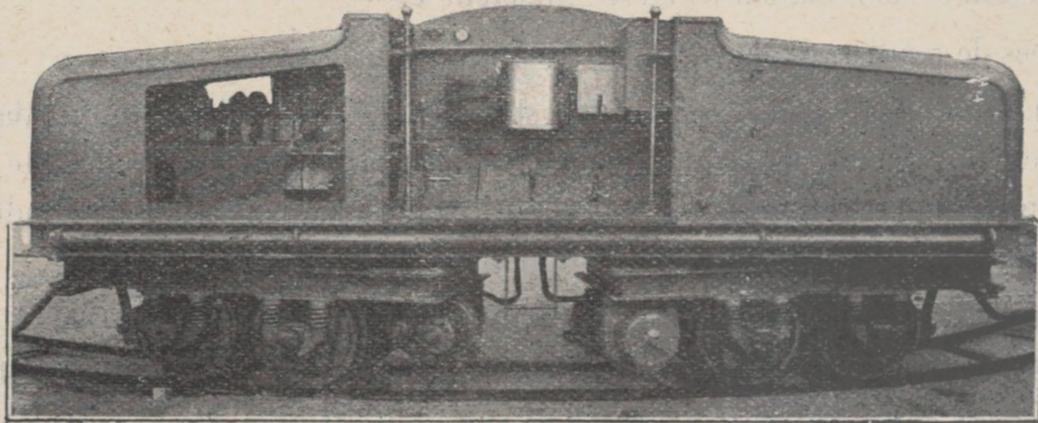
Groupe générateur de 15 ch. vap. (100 V, 165 A).

Vitesse en palier 15 km.

En raison de la vitesse réduite de cette machine, les réceptrices *k* et *l* commandent les essieux par l'intermédiaire d'un arbre démultiplicateur *m*.

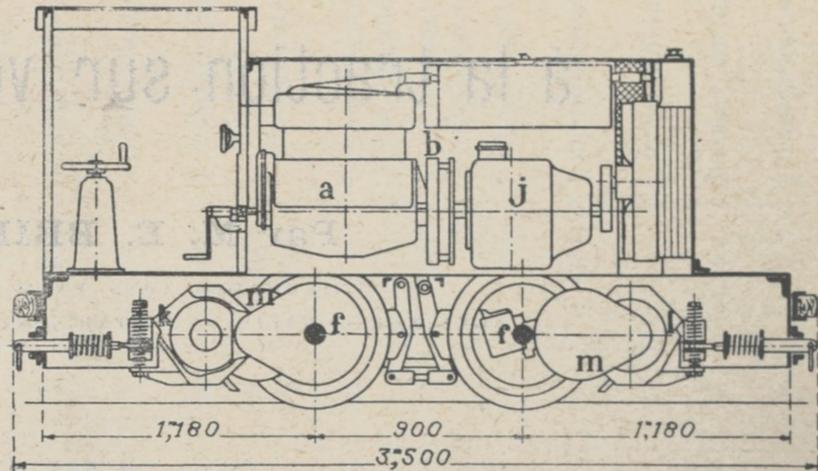
Locotracteur à bogies de 4 t (Fig. 79) et 5 t (Fig. 81) à voie de 50 (Salins du Midi).

Fig. 79. — LOCOTRACTEUR CROCHAT DE 4 TONNES, A VOIE DE 50.



La première avec bogies à deux essieux, la deuxième avec bogies à trois essieux ; une réceptrice par bogie commandant les essieux par chaînes.

Fig. 78. — LOCOTRACTEUR CROCHAT DE 3 T., POUR MINES.



Locotracteur de 14 t à voie de 60 à deux bogies (Fig. 82). Type de la guerre.

Groupe générateur de 80 ch. vap.

Quatre réceptrices attaquant directement par engrenages les quatre essieux.

La barre d'attelage s'articule sur le pivot du bogie comme on le voit (Fig. 83).

Vitesse : 15 km à l'heure.

Fig. 81. — LOCOTRACTEUR CROCHAT DE 5 T., A VOIE DE 50 (6 essieux).

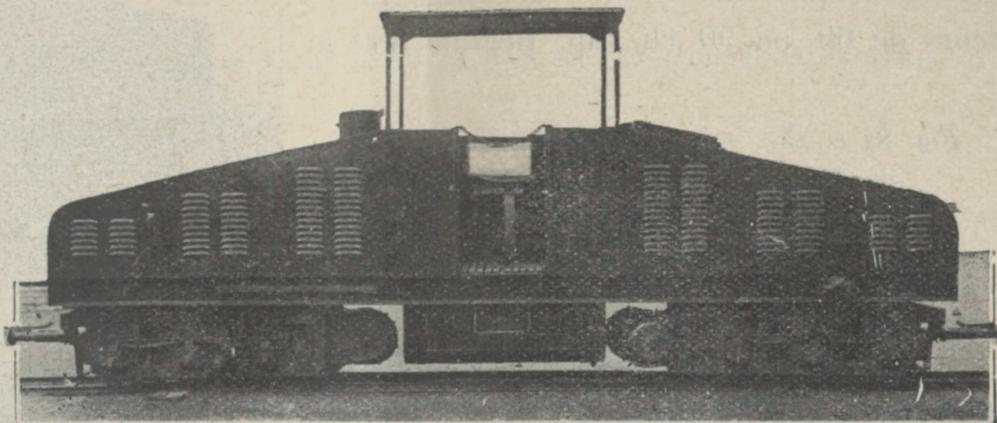
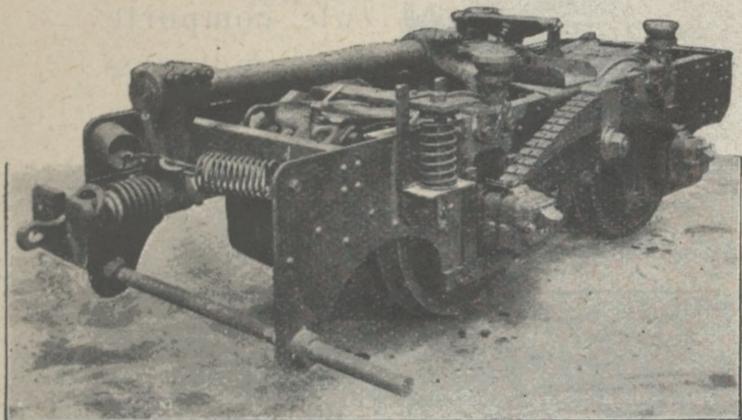
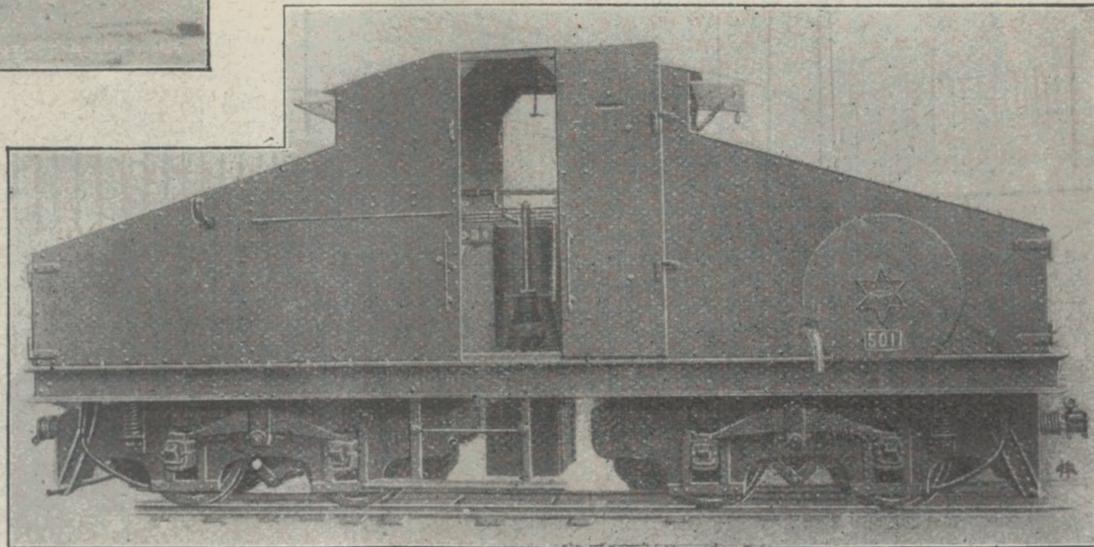


Fig. 82 et 83. — LOCOTRACTEUR CROCHAT DE 14 TONNES, A VOIE DE 60, TYPE DE LA GUERRE, ET SON BOGIE.



Locotracteur de 22 t (Fig. 84) et de 44 t (Fig. 85) à voie normale.

Ces deux types ont été créés pendant la guerre par le service de l'A. L. V. F. ; le premier est muni d'un groupe générateur de 100 ch. vap. le second, de deux groupes identiques.



La figure 86 montre une automotrice pétroléo-électrique en service entre Thoury et Pithiviers :

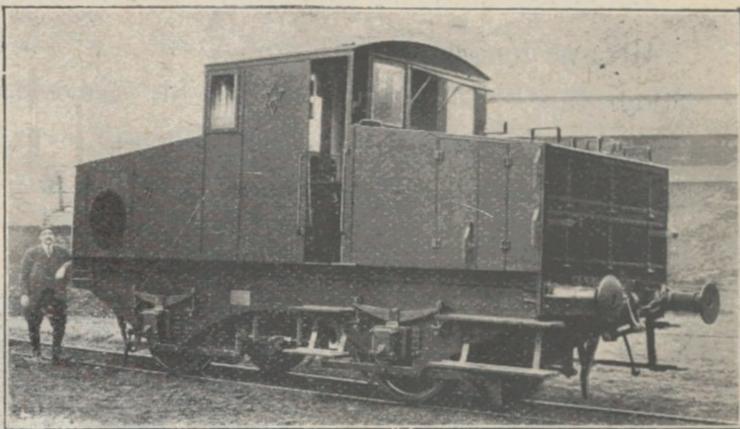
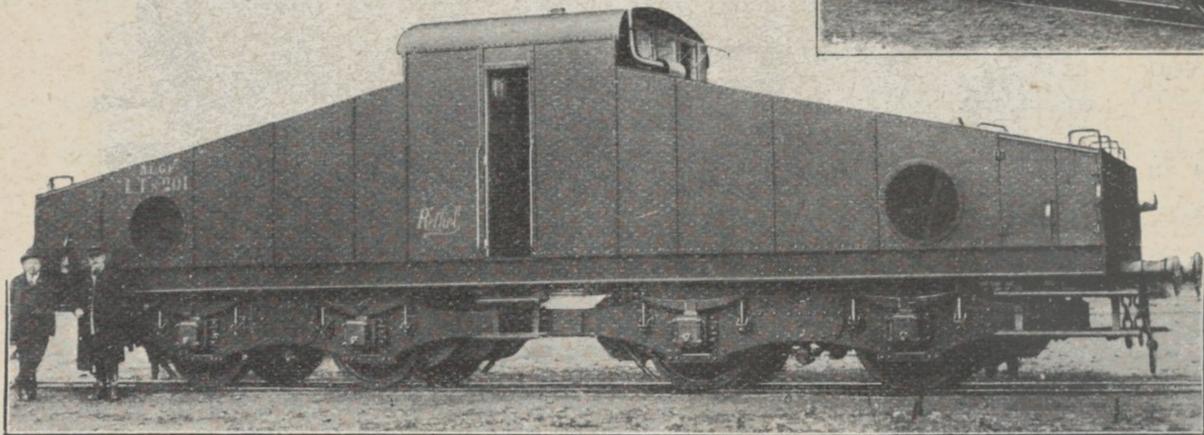
Poids 8 t ; moteur de 16 ch. vap. (75 × 140) ; vitesse moyenne 25 km à l'heure.

Le groupe générateur est disposé transversalement en arrière du poste de manœuvre.

MOYSE. — Locotracteur de 15 t (Fig. 87) fonctionnant suivant le procédé Crochat. Moteur de 90 ch. vap. Transmission par chaînes entre les réceptrices et les essieux.

AUTOMOTRICES WESTINGHOUSE. — Les Établissements Westinghouse ont équipé, avant la guerre, un certain nombre d'automotrices benzo-électriques munies de groupes générateurs de 60 ou 90 ch. vap. Régime 300 à

Fig. 84 et 85. — LOCOTRACTEURS CROCHAT DE 22 ET 44 T., A VOIE NORMALE.



500 volts ; excitation shunt.

Chaque véhicule comporte deux moteurs-traction type « série ».

Réglage par l'excitation shunt de la génératrice au moyen d'un controller « tramway » permettant, en outre, le couplage en série ou en parallèle des réceptrices.

Automotrice des Mines de Carvin (Fig. 88).

Puissance . . 60 ch. vap.
Poids 23,7 t.

Fig. 87.

LOCOTRACTEUR MOYSE DE 15 T.

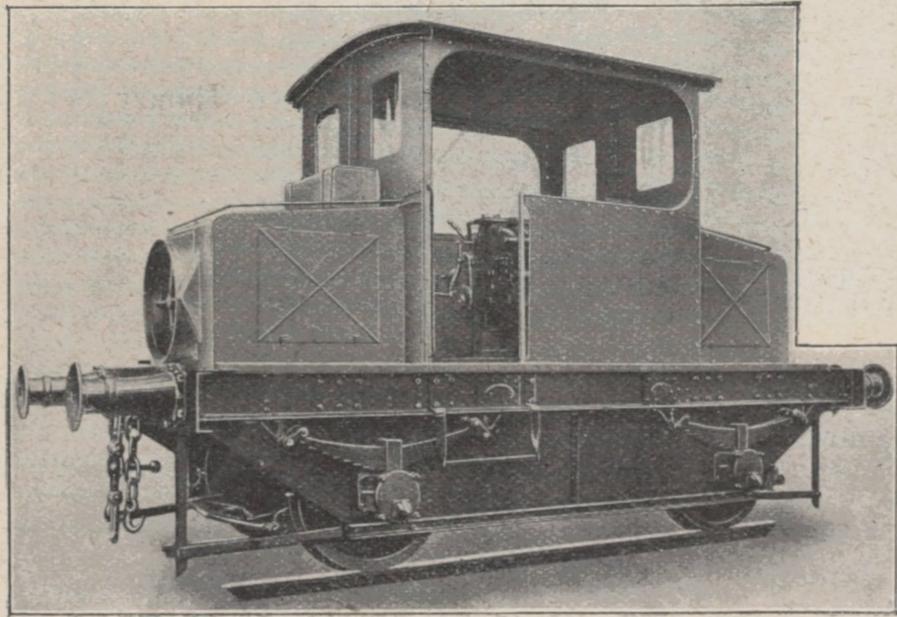
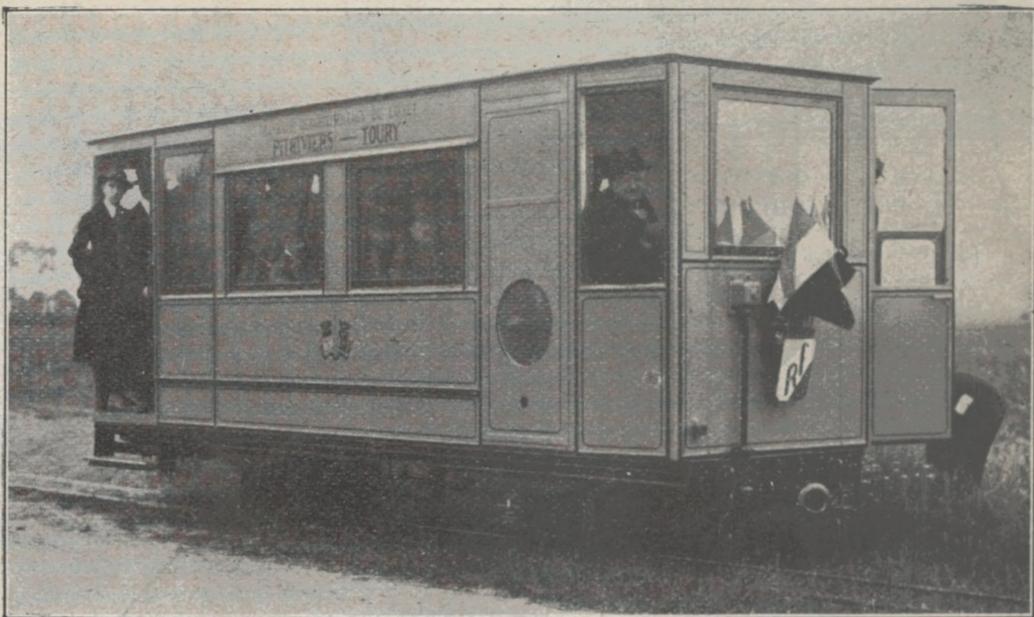


Fig. 86. — AUTOMOTRICE CROCHAT, A VOIE DE 60.



Essai entre Carvin et Libercourt : (31,2 km).

Poids, avec une remorque et voyageurs : 39,500 t.

Vitesse moyenne : 31 km.

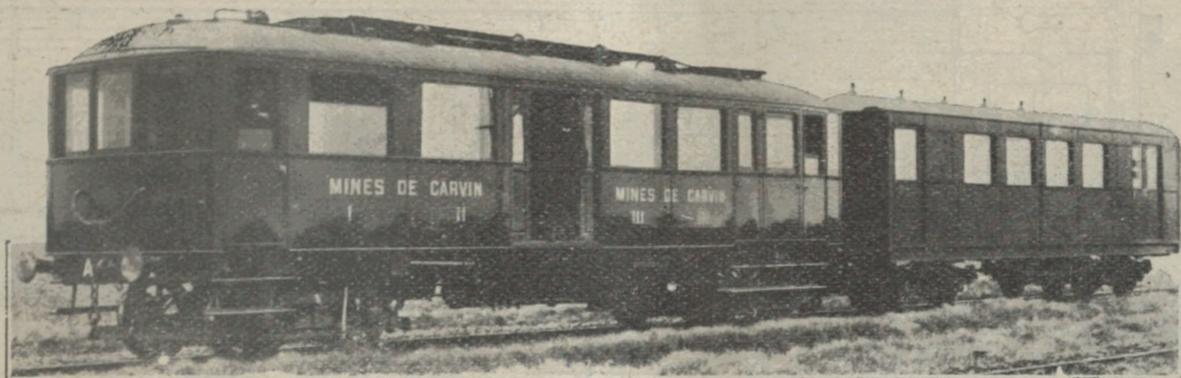
Consommation : 27,500 kg (aller et retour) soit : 0,423 kg par km ou 1.072 kg pour 100 t km.

Les deux véhicules, mis en service en 1911, ont été détruits pendant la guerre.

Fourgon automoteur de la ligne de Driebergen à Arnhem (Hollande) (Fig. 90).

Puissance 90 ch. vap.
Voie de..... 1.067 m.

Fig. 88 et 89. — AUTOMOTRICE WESTINGHOUSE DE 60 CH. VAP. ET SON GROUPE GÉNÉRATEUR.

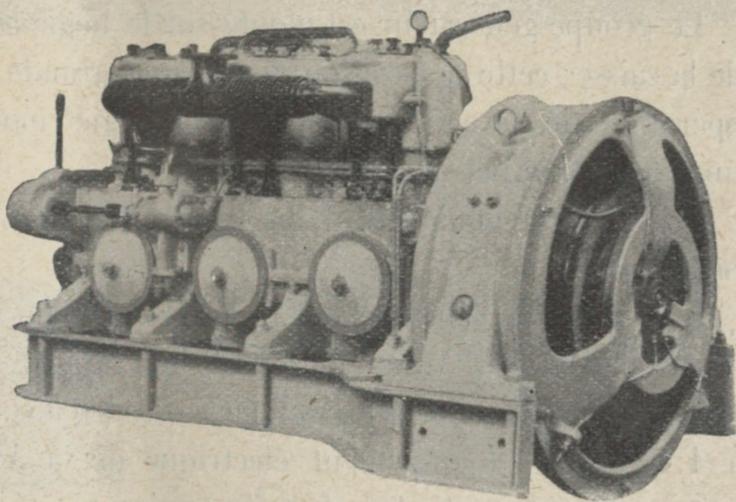


La voiture est portée sur deux essieux espacés de 5 m et pourvus d'un dispositif de pivotement permettant le passage en courbes de 20 m.

Poids 18 t.

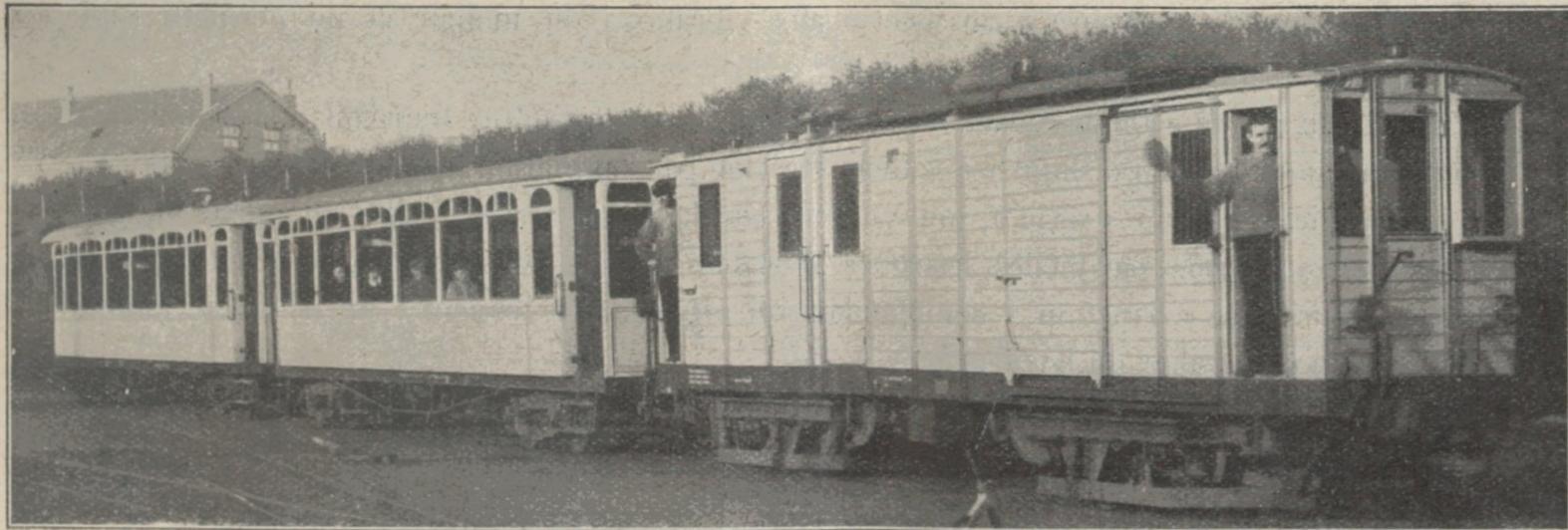
Remorque: deux voitures de 11 t offrant 100 places.

Consommation kilométrique 750 à 800 g (15 automotrices mises en service en 1911).



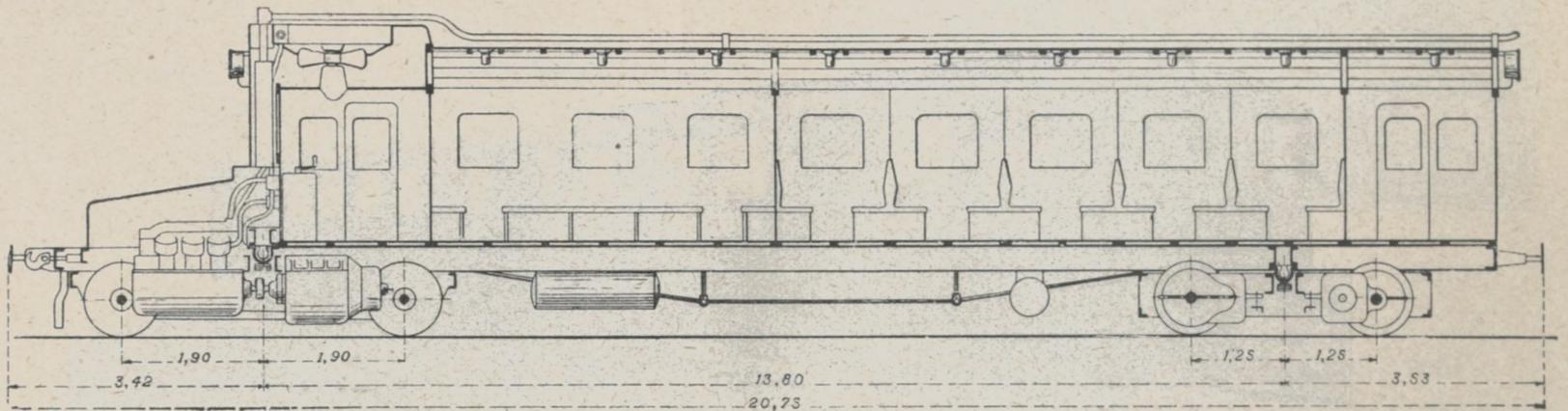
Plusieurs automotrices ont été mises en service sur le réseau d'Arad-Csanad (Hongrie) en 1910, une automotrice entre Dinard et St-Brieuc, etc.

Fig. 90. — FOURGON AUTOMOTEUR WESTINGHOUSE DE 90 CH. VAP.



AUTOMOTRICES DES CHEMINS DE FER PRUSSIENS (Fig. 91). — Vers 1910, les chemins de fer prussiens ont mis en service sur des lignes secondaires, notamment dans les environs de Posen, plusieurs automotrices à benzol équipées de la façon suivante (1) :

Fig. 91. — AUTOMOTRICE DES CHEMINS DE FER PRUSSIENS (DEUTZ).



Le groupe générateur est monté sur le bogie avant, le moteur se trouve sous capot en avant de la caisse; cette disposition donne une grande accessibilité au moteur et permet, par une opération de levage, de séparer le bogie moteur du châssis général du véhicule, pour une réparation par exemple.

Les électromoteurs sont du type « Traction »; ils actionnent directement les essieux du bogie arrière.

Deux types de véhicules ont été exécutés, l'un par la fabrique de moteurs à gaz de Deutz, et l'autre par la New Automobil Gesellschaft (Nag).

Le premier comporte un moteur à essence à six cylindres en V de 100 à 150 ch. vap., de 700 à 1.100 tours (équipement électrique de la A. E. G. de Berlin); le second est muni d'un moteur à quatre cylindres de même puissance (équipement de la Société Bergmann).

Les génératrices sont du type « shunt » de 65 kgw sous 300 volts à 700 tours. Le réglage se fait par l'excitation de la génératrice. Les essais ont été faits sur une ligne des Chemins de fer d'Oldembourg, avec trains de 50 à 100 t.

AUTOMOTRICES SULZER (2). — Les automotrices « Sulzer » de 200 ch. vap. sont établies, comme celles des chemins de fer prussiens, avec un groupe générateur sur le bogie avant, disposition qui a l'avantage de soustraire la carrosserie aux vibrations du moteur et de permettre une accessibilité et un démontage faciles (Fig. 92 à 95).

Le moteur est un « Diesel-Sulzer » à deux temps à six cylindres tournant à 440 tours; il commande une dynamo « shunt » à voltage réglable par l'excitation (de — 300 à + 300 V). Les réceptrices, du type « série », sont montés sur le bogie arrière; elles attaquent un faux essieu qui commande, par bielles, les roues. (Dans les modèles plus récents, il est fait usage de deux moteurs type « Traction » commandant directement les essieux; un troisième moteur attaque l'un des essieux du bogie avant).

La mise en marche du moteur s'effectue par la génératrice au moyen d'une batterie d'accumulateurs.

Un poste de conduite est disposé à chaque extrémité.

(1) *Génie Civil*, 6 Juillet 1913.

(2) *Génie Civil*, 30 Décembre 1922.

Fig. 92. — AUTOMOTRICE SULZER-DIESEL DE 200 CH. VAP..

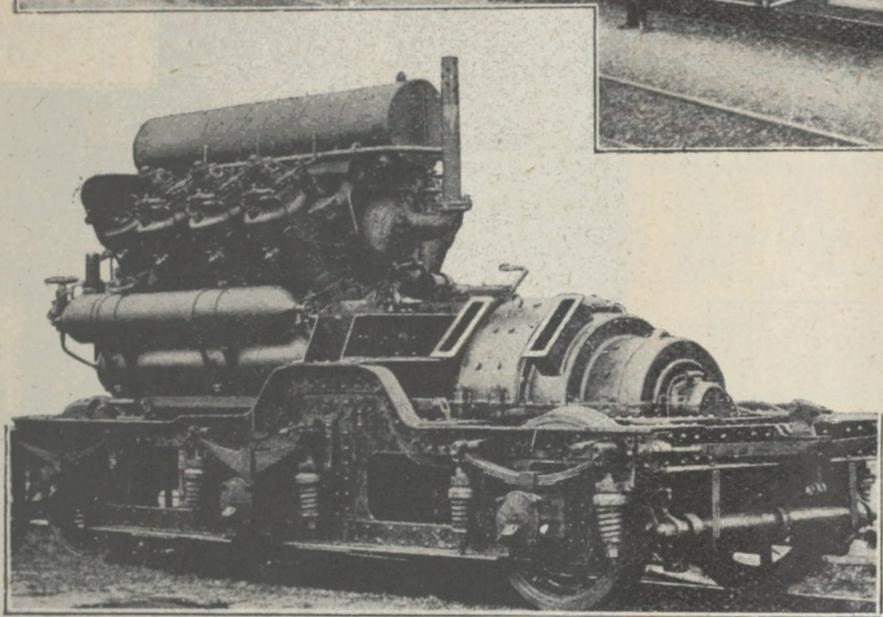
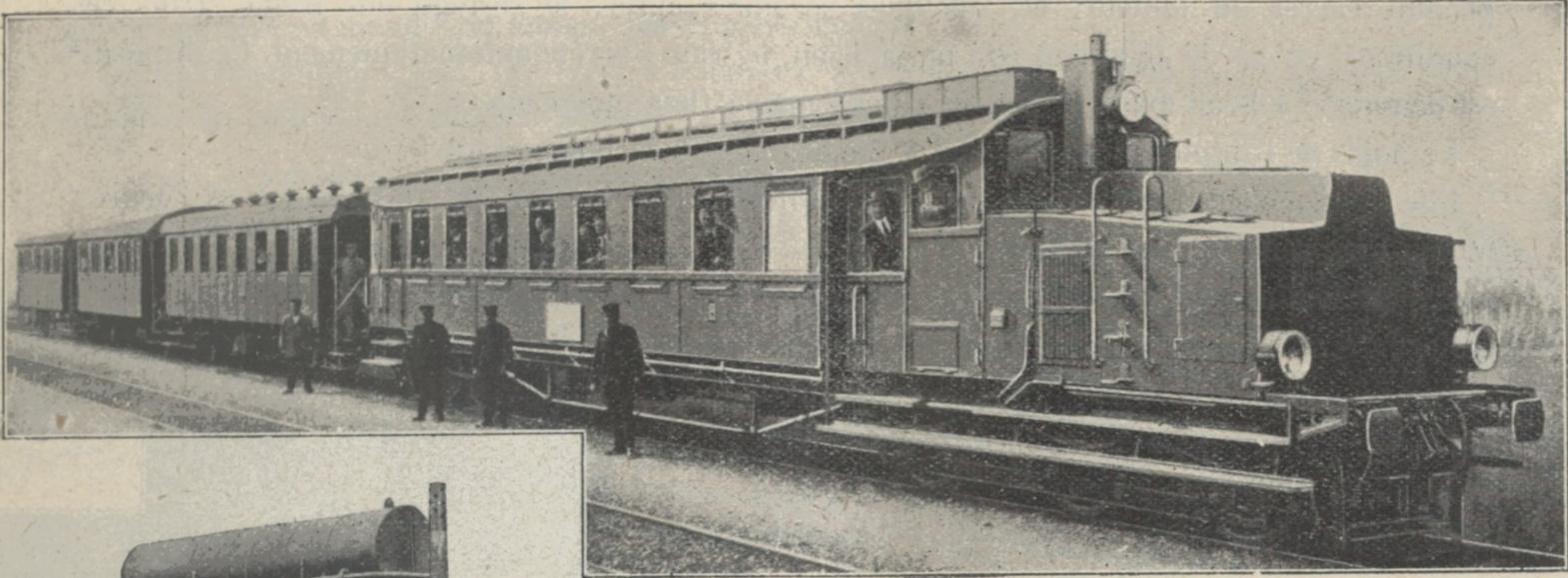


Fig. 93. — BOGIE AVANT
ET GROUPE GÉNÉRATEUR DE 200 CH. VAP.

Fig. 94 et 95. — AUTOMOTRICE SULZER-DIESEL (Demi-coupe. Demi-élévation. Vue en plan du bogie avant).

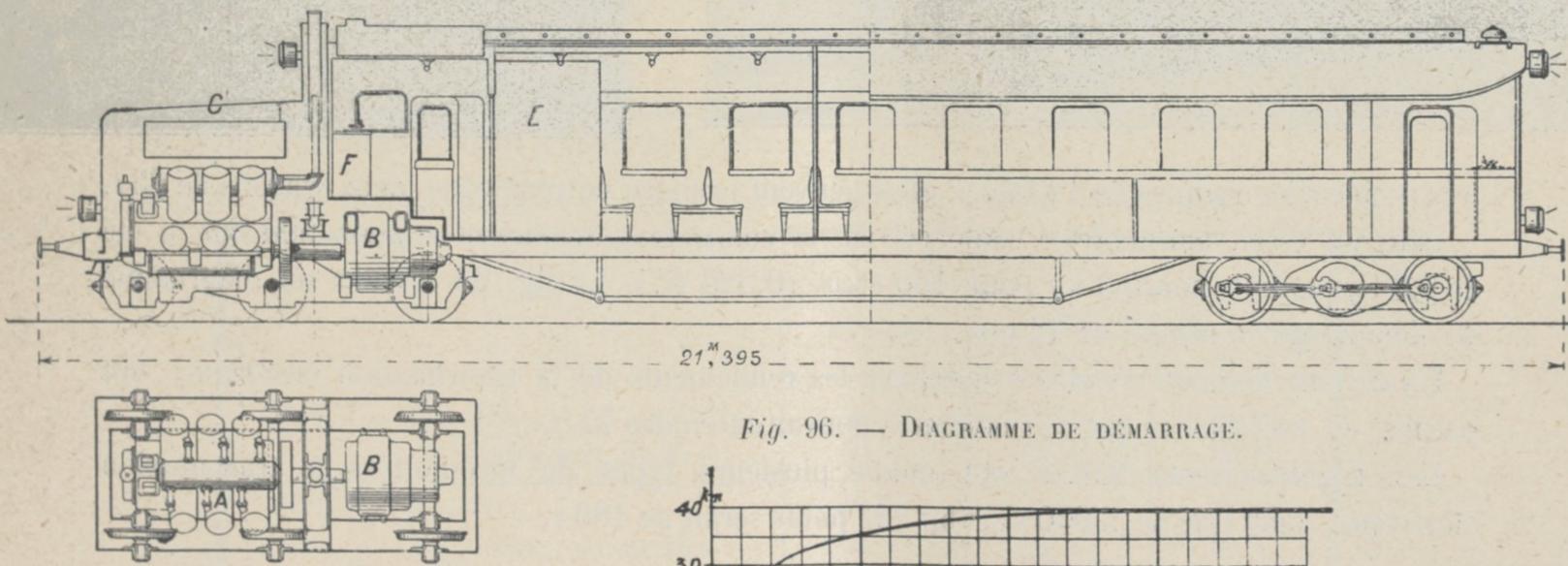
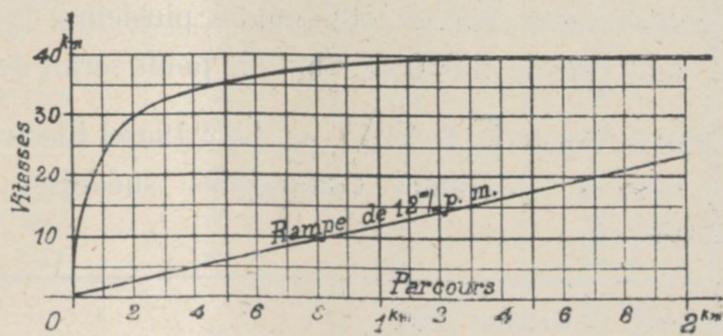


Fig. 96. — DIAGRAMME DE DÉMARRAGE.



Les appareils de manœuvre sont munis d'un dispositif de sécurité dont le principe est le suivant : la manette du contrôleur est pourvue d'un bouton poussoir sur lequel le mécanicien doit, normalement, avoir la main posée. S'il vient à l'abandonner, le bouton remonte ce qui produit l'arrêt du moteur, et, quelques secondes après, le serrage des freins. Dans ces conditions, en cas de défaillance du mécanicien, le train s'arrête automatiquement. Ce dispositif est dénommé « Dead man's grip » ou « Dead man » (homme mort).

Le poids de l'automotrice est de 64 t, dont 26 t pour le bogie avant.

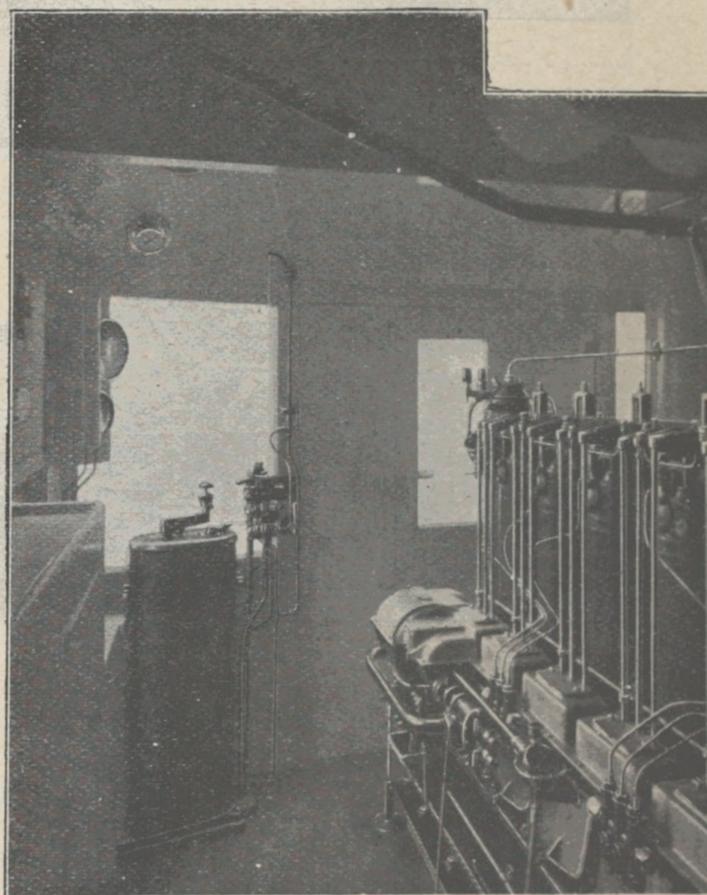
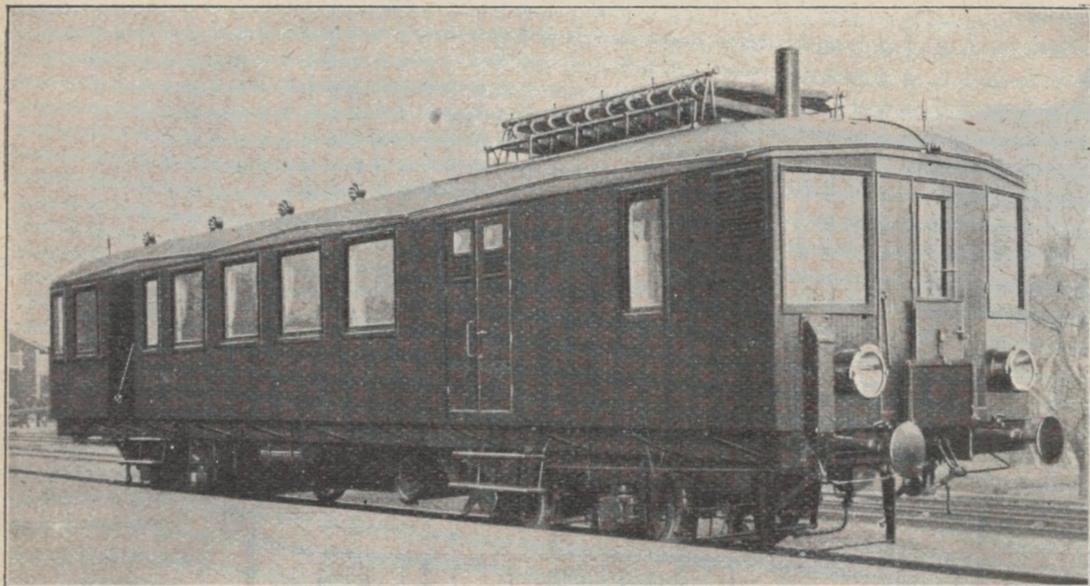
Elle est aménagée pour 100 voyageurs ; sa vitesse en palier est de 70 à 75 km à l'heure ; 60 km avec remorque de 30 t.

Des consommations ont été relevés sur le parcours Winterthur-Franefeld (16 km) : 6 l à l'aller ; 14 au retour ; au total 20 l, ce qui correspond à 18 kg ; soit 0,56 kg par km.

La consommation pour 100 t km ressort donc à 0,87 kg, soit une dépense de 0,32 fr. (en comptant le combustible 360 fr. la tonne).

Des automotrices de ce type sont actuellement en service sur la ligne de Zurich à Romanshorn (80 km ;

Fig. 97 et 98. — AUTOMOTRICE POLAR "DEWA", TYPE 1. — SON POSTE DE MANŒUVRE.



très accidentée, rampes de 12 mm) ; elles peuvent prendre en remorque deux wagons de 25 t.

Dans un essai, automotrice seule (65 t), la consommation moyenne pour 500 km a été de 0,6 kg par km ; soit 0,9 kg pour 100 t km (0,325 fr.). La fig. 96 montre un diagramme de démarrage en rampe de 12 mm.

Un certain nombre d'essais concernant les rendements de la transmission électrique ont permis de reconnaître que ce rendement pouvait atteindre 75 %.

Les Etablissements Sulzer ont étudié plusieurs types de locomotives à transmission électrique, dont une de 2.000 ch. vap. ; le poids serait de 180 t.

AUTOMOTRICES POLAR-D. E. V. A. — La « Diesel Electriska Wagn Aktiebolaget » de Vasteras (Suède) a livré à différentes Compagnies suédoises des automotrices Diesel-électriques (Fig. 97 à 109) (1).

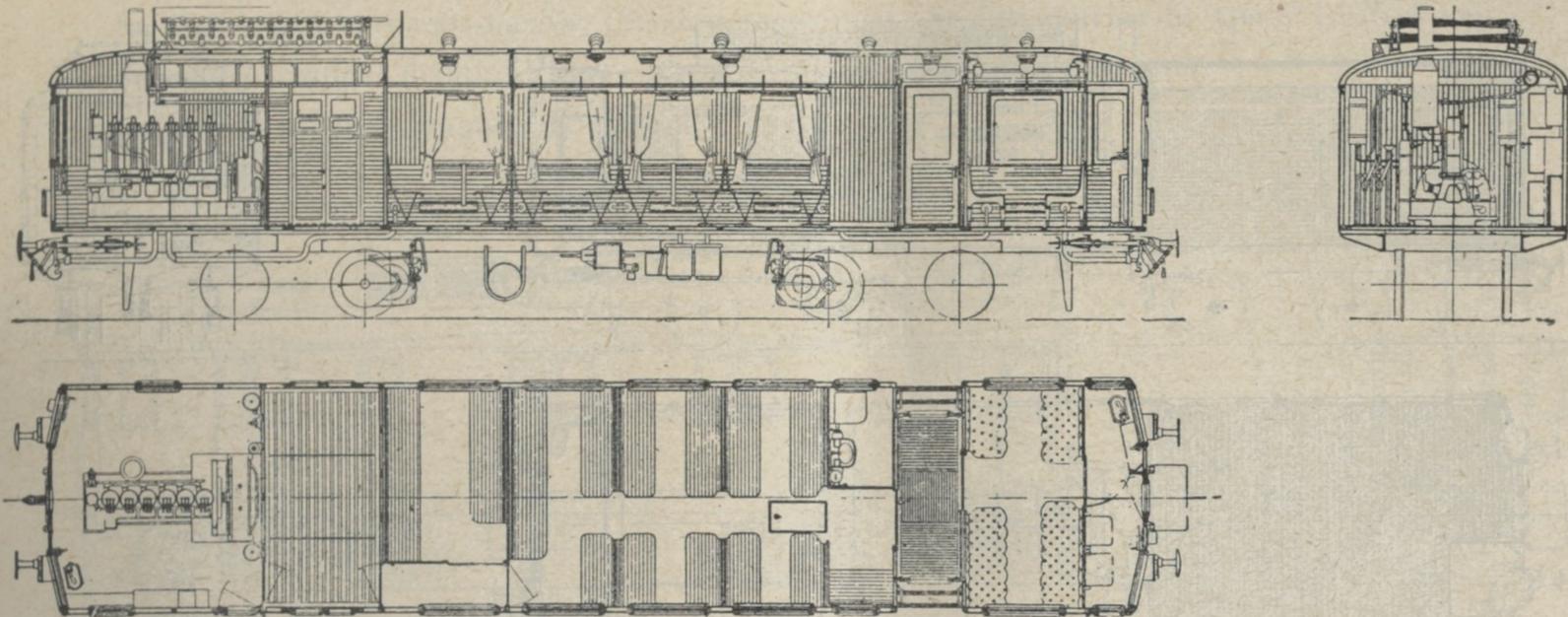
(1) *Génie Civil*, 16 Octobre 1920.

Les moteurs sont du type Polar-Diesel à quatre temps, tournant à 550 tours ; le poids de ces moteurs correspond environ à 40 kg par cheval.

La génératrice, directement accouplée au moteur est du type à huit pôles, avec enroulement « shunt » ; le voltage est réglé par l'excitation jusqu'à 550 volts. Une batterie d'accumulateurs permet la mise en marche du moteur par la génératrice.

Les électro-moteurs sont du type « traction » à enroulement « série » ; ils peuvent être couplés en série ou en parallèle suivant les difficultés du parcours.

Fig 99 à 101. — AUTOMOTRICE POLAR "DEWA", TYPE 1 (Coupes et Plan).



Ces véhicules comportent un poste de conduite à chaque extrémité ; la manœuvre se fait très simplement au moyen d'un contrôleur muni du « Dead man's grip ». La figure 98 montre la disposition du poste de manœuvre avant de la voiture type 1 ; l'on voit, au-dessus de la manette du contrôleur, le bouton de sûreté du « Dead man ».

Les types établis sont les suivants :

TYPES A VOIE NORMALE	1	3	5	7
Puissance effective : ch. vap.....	75	120	160	250
Nombre de cylindres.....	6	6	8	12
Poids en ordre de marche.....	29 t,5	33 t	37 t	0 5t

Les types similaires existent à voie de 1 mètre.

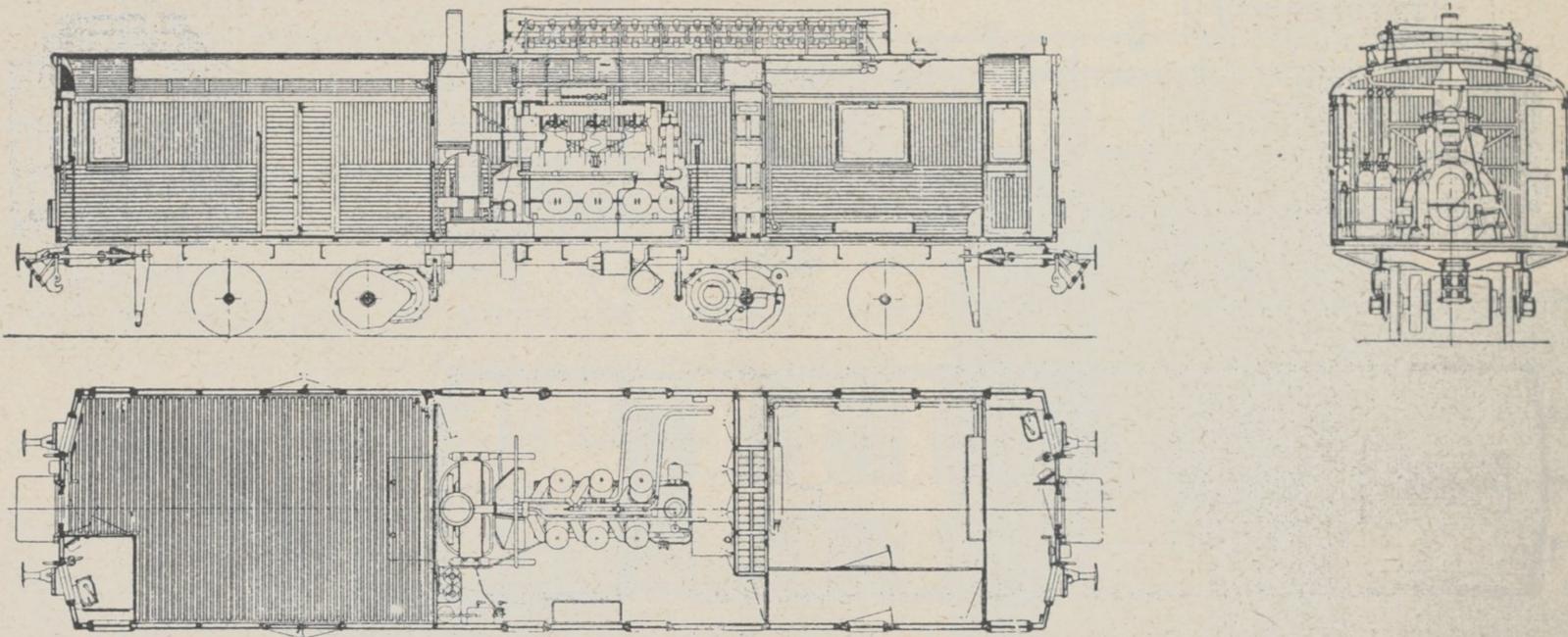
Les conditions de marche de ces véhicules sont résumées dans le tableau qui suit :

	VITESSES		
	En palier	en rampes de	
		40 mm	20 mm
TYPE 1 — P = 30 t.....	56 km	32 km	20 km
avec rem. de 25 t.....	50 »	22 »	12 »
TYPE 3 — P = 33 t.....	68 km	48 km	32 km
avec rem. de 25 t.....	62 »	35 »	20 »
» » 50 t.....	58 »	26 »	13 »
TYPE 5 — P = 37 t,5.....	74 km	52 km	36 km
avec rem. de 36 t.....	66 »	37 »	22 »
» » 75 t.....	80 »	27 »	14 »
TYPE 7 — P = 50 t.....	75 km	64 km	40 km
avec rem. de 43 t.....	75 »	42 »	27 »
» » 85 t.....	70 »	34 »	18 »

Des relevés ont été faits sur une automotrice type 5 (37 t 160 HP), en service sur la ligne de Hamstad à Nassjo. Le trajet de 196 km est effectué aller et retour dans la journée, soit 392 km ; l'automotrice étant susceptible de prendre 40 t en remorque. Vitesse moyenne 40 km ; en palier 65 km.

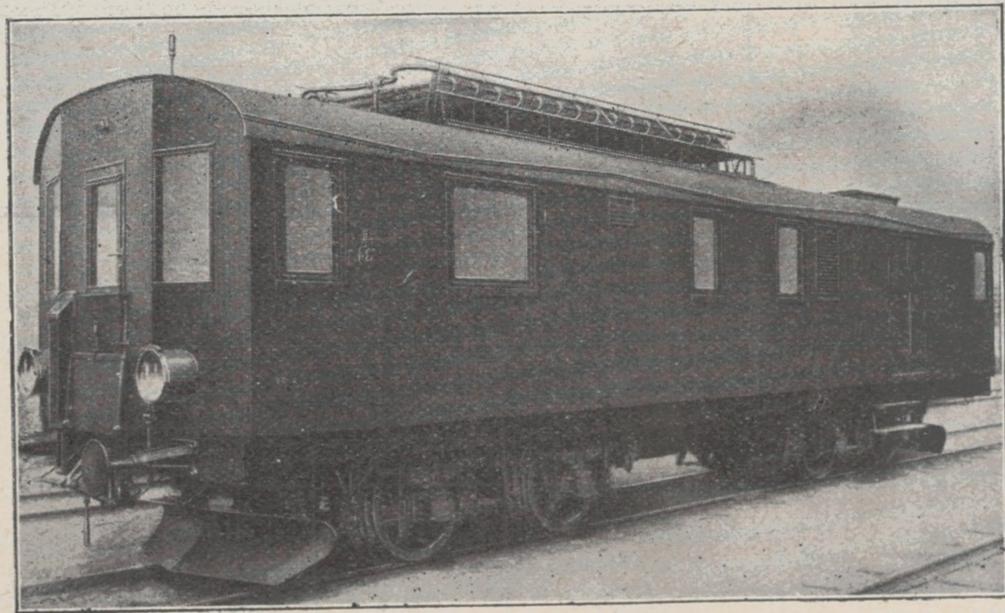
Pour l'automotrice seule, la consommation relevée est de 334 g par km, soit 0,9 kg pour 100 t km. En comptant le combustible 360 fr. la tonne, le prix de revient des 100 t km ressort à 0,33 fr.

Fig. 102 à 104. — AUTOMOTRICE POLAR "DEWA", TYPE 3 (Coupes et Plan).



Nous donnons ci-après le résumé d'un rapport, en date du 28 Septembre 1922, de M. Carl Carlsson, directeur du chemin de fer de Vikbolandet (Suède) qui a trois automotrices en service :

Fig. 105. — AUTOMOTRICE POLAR "DEWA", TYPE 3.



b) Une automotrice type 2 (120 ch. vap., 31 t) en service depuis Janvier 1918. Parcours effectué : 123.000 km.

Poids maximum du train : 80 t (sur 12 essieux).

Poids moyen du train : 60 t.

Combustible consommé : 0,45 kg par km, soit : 0,75 kg pour 100 t km.

a) Une automotrice type 1 (75 ch.vap. 28 t) en service depuis Janvier 1917. Parcours effectué : 132.000 km.

Poids maximum du train : 50 t (avec remorques).

Poids moyen du train : 35 t.

Combustible consommé 0,35 kg par train kilomètre, soit 1 kg pour 100 t km.

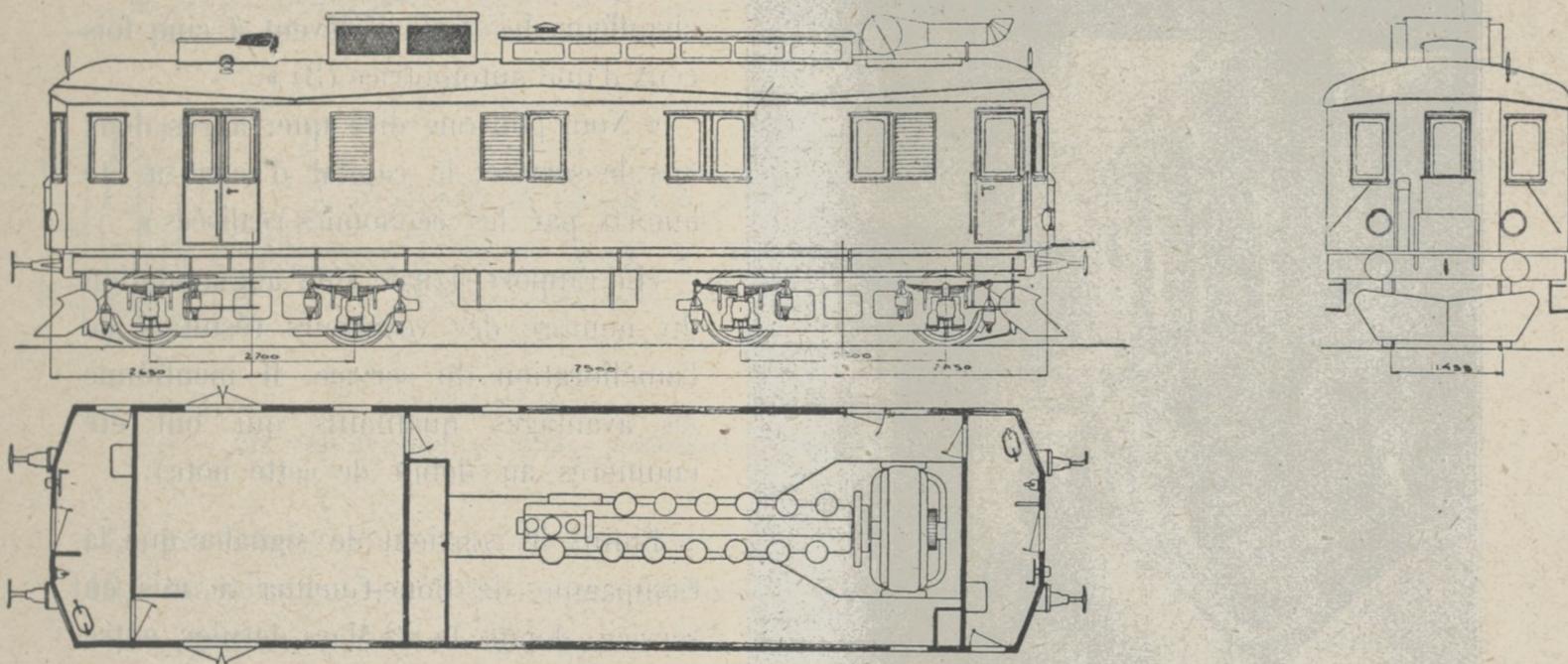
c) Une automotrice du même type ayant parcouru 15.000 km.
 Consommation : 0,82 kg pour 100 t km.

a) « Des comparaisons exactes établies sur nos lignes ont démontré que le service des voitures Diesel-électriques coûte en chiffre rond la moitié du prix du même train remorqué par une locomotive à vapeur. Cette dernière consommant en moyenne 6 kg de bon charbon anglais par train kilomètre ».

Un rapport non moins intéressant a été présenté par M. A. Larsson, directeur du chemin de fer Mallersta-Sormslands-Jarnvag (Suède), concernant une automotrice du type n° 1 (75 ch.vap.) en service régulier depuis 1913. Ci-après, quelques extraits de ce rapport :

Ligne accidentée ; rampes de 46 mm.

Fig. 106 à 108. — AUTOMOTRICE POLAR "DEWA, TYPE 7 (Élévations et Plan).



Vitesse moyenne, automotrice seule : 35 à 40 km ; avec remorque (poids total 55 t) : 25 km.
 Parcours effectué du 6 Août 1913 au 30 Septembre 1922 : 404.917 km.
 Poids brut transporté : 12.851.792 t / km.

		PRIX en couronnes suédoises (1)
<i>Frais de service :</i> Huile combustible : 135,7 t.....	35.301	} 83.169
— de graissage : 4,7 t.....	4.922	
Conducteurs et contrôleurs.....	42.043	
Divers.....	902	
<i>Chargement des batteries :</i> Huile combustible : 10,96 t.....	3.070	} 4.817
Personnel.....	1.747	
<i>Nettoyage :</i> Personnel.....	2.312	} 2.642
Fournitures.....	330	
<i>Réparations, levages :</i> Main-d'œuvre.....	16.160	} 37.931
Matériel.....	13.990	
Réparations hors usine.....	7.781	
Totaux.....		128.559

(1) La couronne : 1,40 fr. avant guerre ;
 — 3,50 fr. fin 1922.

Soit, par train kilométrique = 0,317c. ; pour 100 t / km = 1,00 c.

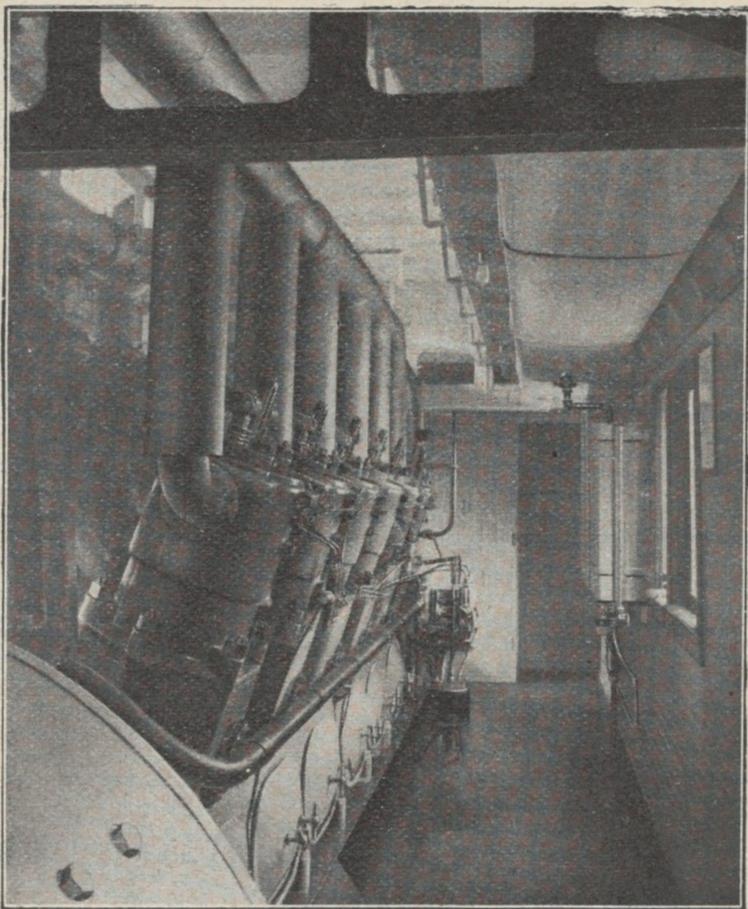
Consommation aux 100 t / km, y compris chargement des batteries : 1,3 kg.

Les frais d'exploitation établis sur les derniers mois de service (1) ressortent à :

Par train kilométrique : 0,22 c. (0,77 fr.) ; pour 100 t / km bruts : 0,7 c. (2,45 fr.) (compris réparations, levages, etc.) (2).

« Pour un train à vapeur effectuant le même service, au cours actuel du charbon (40 c. la tonne), les frais d'exploitation ressortent à 0,6555 c. par kilomètre (2,29 fr.), c'est-à-dire trois fois environ ceux de l'automotrice. Cette

Fig. 109. — AUTOMOTRICE TYPE 7 (Chambre du moteur).



comparaison a été établie pour une locomotive conduite par un seul agent. Mais dans le cas d'une locomotive ayant son personnel régulier, mécanicien et chauffeur, les frais s'élèvent à cinq fois ceux d'une automotrice (3) ».

« Nous pouvons dire que, après deux ans de service, le capital d'achat a été amorti par les économies réalisées ».

(Le rapport signale une augmentation du nombre des voyageurs résultant de l'amélioration du service. Il mentionne les avantages qualitatifs qui ont été énumérés au début de cette note).

Enfin, il convient de signaler que la Compagnie de Bône-Guelma a mis en service, depuis le 22 Mars dernier, entre Tunis et Hamman-Lif, un locotracteur à voie métrique de 120 ch. vap. dérivant du type 3.

Son poids est de 22 t ; il prend en remorque un train de 48 t.

Au cours des essais, la machine a remorqué sur différents parcours peu accidentés des trains de 40 à 120 t. La consommation moyenne a été de 0 k 7 aux 100 t / km.

LOCOMOTIVE LAVIZZARI ET BOSSO. — MM. Lavizzari et Bosso, Ingénieurs italiens, ont réalisé une locomotive Diesel électrique de 1.200 ch. vap. dont la disposition est représentée figure 110 à 112.

(1) Dans la période considérée plus haut, les cours ont subi des variations considérables ; pour les huiles combustibles notamment : 132 c. la t en 1913, 230 en 1917, 1.000 en 1919, 300 en 1920, 120 en 1922.

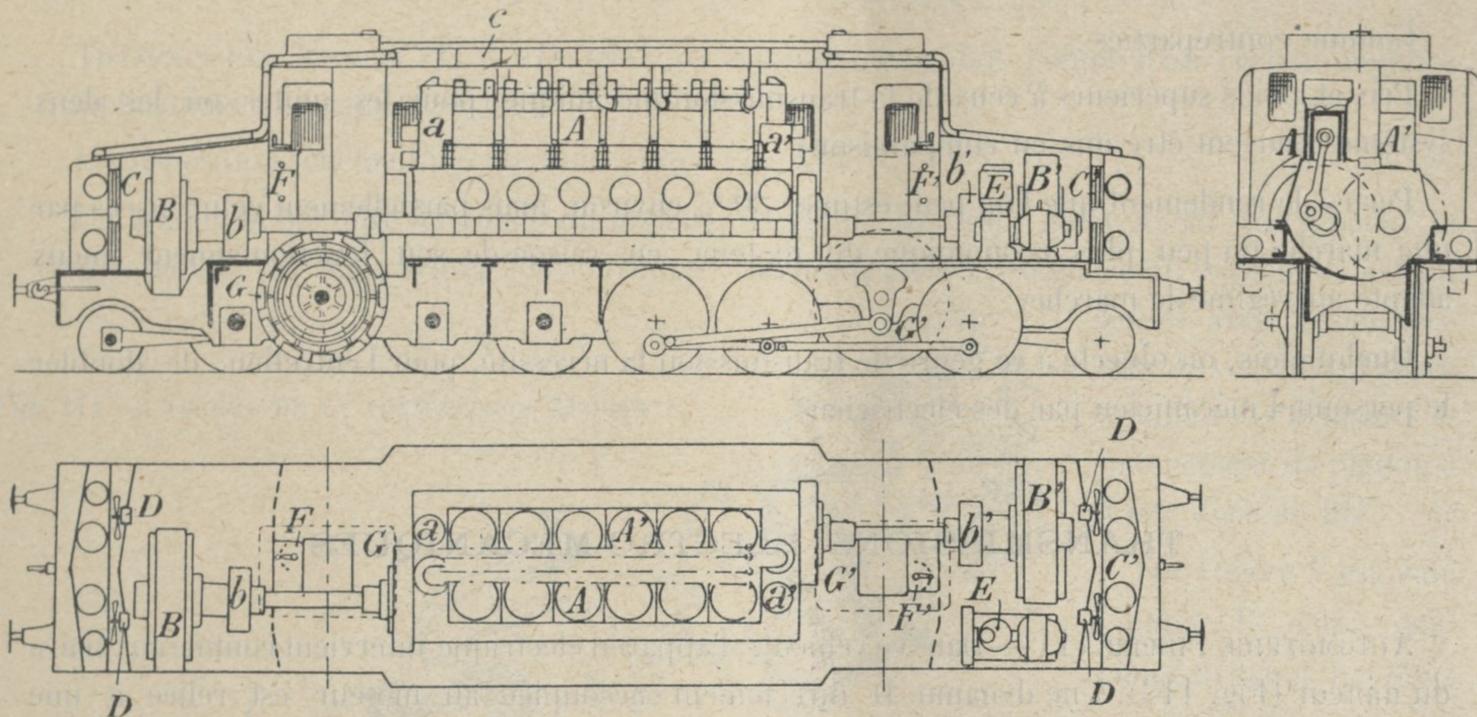
(2) Parcours entre deux levages : 100.000 km environ.

(3) Il s'agit dans le premier cas d'une locomotive légère à un seul essieu moteur : le deuxième cas concerne sans doute un train ordinaire de plus fort tonnage.

Deux moteurs Diesel à 6 cylindres, montés sur le même bâti, actionnent respectivement deux génératrices disposées aux extrémités du véhicule.

Les moteurs sont à quatre temps ; alésage 350 ; course 360 ; puissance 600 ch.vap. à 500 tours.

Fig. 110 à 112. — LOCOMOTIVE LAVIZZARI ET BOSSO.



AA', Cylindres moteurs. — aa' Cylindres de compression. — BB', Génératrices. — bb' Excitatrices. — CC' Radiateurs. — DD, Ventilateurs. — E, Groupe compresseur. — FF', Postes de conduite. — GG', Réceptrices.

Les génératrices sont du type à 8 pôles de 340 à 400 kgw à 900 V., avec excitatrices de 10 kgw, 110 V montées sur les arbres commandant les génératrices.

Les électromoteurs, de 370 kgw à 450 tours, sont montés sur des arbres constituant faux essieux et qui commandent par bielles les roues motrices.

La machine est à 6 essieux couplés et à 2 bissels, les essieux couplés extrêmes étant à déplacement latéral.

Les radiateurs, pour le refroidissement de l'eau de circulation, sont disposés partie sur le toit, partie aux extrémités du véhicule ; ces derniers sont munis de ventilateurs électriques.

La machine comporte deux postes de manœuvres.

La mise en marche d'un des moteurs se fait par l'air comprimé ; ce moteur étant lancé, la mise en marche de l'autre se fait électriquement par le premier, ce qui diminue la dépense d'air.

Les génératrices, de même que les réceptrices, peuvent être couplées en série ou en parallèle suivant les circonstances de la marche.

Poids total.....	105 t
Poids adhérent.....	80 t
Effort de traction maximum.....	7.000 kg
Vitesse maximum.....	100 km

Les mêmes constructeurs ont à l'étude une machine de 2.000 ch.vap. d'une disposition similaire.

OBSERVATIONS. — La transmission électrique permet de réaliser la gamme continue des vitesses et d'accommoder, pour le mieux, en chaque instant, le régime du moteur à la marche du véhicule. Le moteur peut être stoppé dans ces parcours où l'on n'a pas besoin de l'action motrice.

Elle permet une grande facilité de conduite, au moyen d'une seule manette agissant sur un combinateur, et se prête facilement à l'établissement de deux postes de manœuvre.

Comme contreparties :

Prix et poids supérieurs à ceux de la transmission mécanique (pour les unités où les deux systèmes peuvent être mis en comparaison).

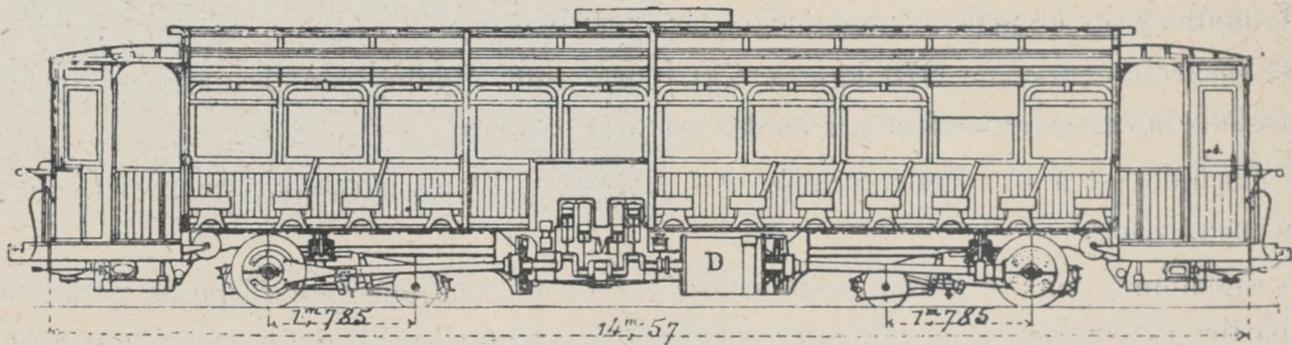
Pertes de rendement que l'on peut estimer 30 % environ, mais partiellement compensées par une marche un peu plus économique du moteur, en raison de son fonctionnement mieux adapté au régime de marche.

Quelquefois, on objecte à ce genre de transmission la nécessité, pour l'entretien, de doubler le personnel mécanicien par des électriciens.

TRANSMISSIONS ÉLECTRO-MÉCANIQUES.

AUTOMOTRICE PIEPER. (1) — Dans ce véhicule, l'appareil électrique intervient comme auxiliaire du moteur (Fig. 113). Une dynamo D directement accouplée au moteur est reliée à une batterie d'accumulateurs. Le groupe « moteur-dynamo » commande les deux essieux moteurs

Fig. 113. — AUTOMOTRICE PIEPER.



au moyen de deux arbres à cardans, avec interposition d'embrayages magnétiques. Le fonctionnement est le suivant :

La mise en marche du moteur se fait par la dynamo, les deux transmissions étant débrayées : le démarrage s'effectue par l'excitation graduelle des embrayages magnétiques. Au démarrage et dans les parcours durs, la dynamo travaillant comme électro-moteur, ajoute son action à celle du moteur à explosions ; au contraire, dans les parcours faciles, l'excédent d'énergie du moteur est utilisé par la dynamo, fonctionnant comme génératrice, pour charger les accumulateurs. Le dispositif permet de faire de la récupération dans les descentes.

(1) *Génie Civil*, 29 Juin 1912 et 11 Janvier 1913.

Trois véhicules de ce type ont été mis en service en 1911 entre Saint-Germain et Poissy, parcours comprenant une rampe de 50 mm sur 500 m. et courbes de très faible rayon.

Le moteur est d'une puissance de 90 ch. vap. ;

La capacité de la voiture est de 50 à 60 places, son poids de 22 t à vide ;

Vitesse moyenne : 25 km ; 17 km avec une remorque ;

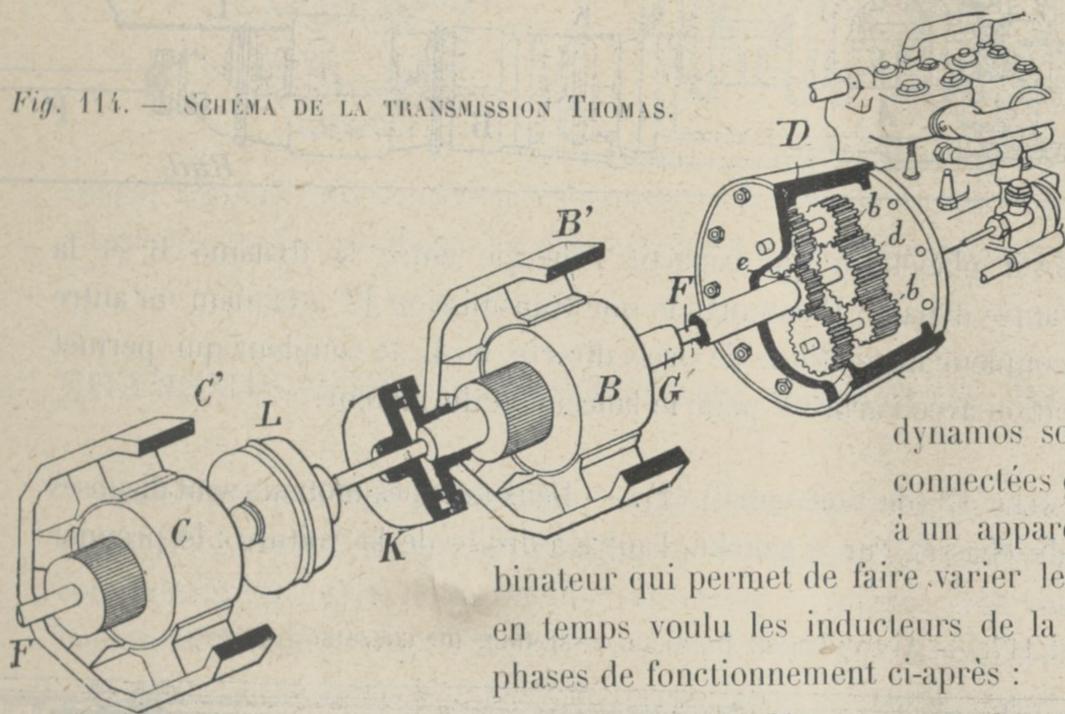
Consommation de benzol relevée sur 15.200 km ; 2,50 kg pour 100 t km.

TRANSMISSION THOMAS (1). — Ce mode de transmission a fait l'objet d'un certain nombre d'applications en Angleterre.

La disposition schématique est représentée Fig. 114.

Un boîtier D, solitaire du volant du moteur, renferme un train épicycloïdal qui répartit le couple moteur sur deux arbres concentriques : l'arbre central F, solidaire du pignon *d*, est en

Fig. 114. — SCHEMA DE LA TRANSMISSION THOMAS.



liaison avec l'essieu moteur du véhicule ; l'arbre annulaire G transmet le mouvement du pignon *e* à une dynamo BB'.

Sur l'arbre F est calé l'induit C d'une deuxième dynamo. Les deux

dynamos sont enroulées en série et connectées en série, elles sont reliées à un appareil de manœuvre ou combinateur qui permet de faire varier leur excitation et d'inverser

en temps voulu les inducteurs de la machine C ; il résulte les phases de fonctionnement ci-après :

Au moment du démarrage, l'arbre F est immobile ; par l'effet des planétaires *bb'*, l'arbre G tourne en sens inverse du tambour D, en entraînant l'induit B ; la dynamo BB' agit comme génératrice et alimente la réceptrice CC', laquelle ajoute son couple à celui exercé par les planétaires sur l'arbre F ; sous cette action conjuguée, le démarrage se produit.

Au fur et à mesure de l'accélération de l'arbre F la vitesse de G décroît progressivement ; sa vitesse tombe à zéro ; puis l'arbre G rétrograde et tourne alors dans le même sens que F, en accélérant sa vitesse jusqu'à ce que sa vitesse devienne égale à celle de F. A ce moment, un coupleur magnétique K, commandé par l'appareil de manœuvre, entre en action ; il produit l'accouplement entre les arbres F et G, c'est-à-dire entre le moteur et l'essieu ; il y a alors transmission directe.

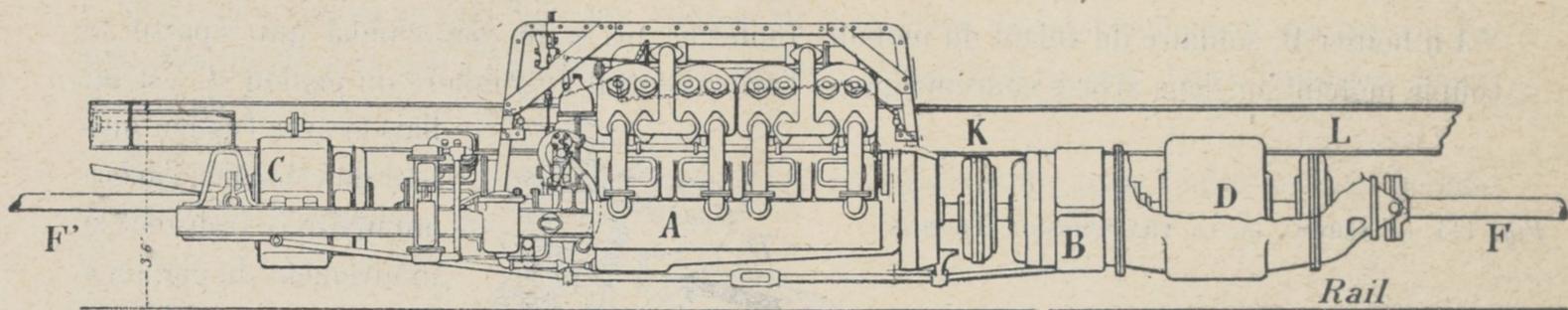
Une dérivation de courant assure la charge d'accumulateurs pour la mise en marche du moteur. En L est un coupleur magnétique qui permet de couper la liaison avec l'essieu pour le lancement du moteur au moyen de la dynamo B.

(1) Thomas Transmission, limited, *Engineering*, 5 Mai 1911, 25 Juin 1915.

Il n'y a transformation d'énergie (et d'une partie seulement de l'énergie) que pendant la période de démarrage, ou éventuellement pour franchir une rampe exceptionnelle. Normalement, la transmission est en prise directe, c'est-à-dire à rendement maximum.

Dans l'exemple que nous venons d'examiner, la dynamo C est montée sur l'arbre F de transmission directe ; elle peut également être disposée pour actionner un autre essieu que celui recevant son mouvement de l'arbre F. La Figure 115 représente cette variante appliquée à une automotrice de 200 ch. vap. construite pour les chemins de fer de Nouvelle Zélande.

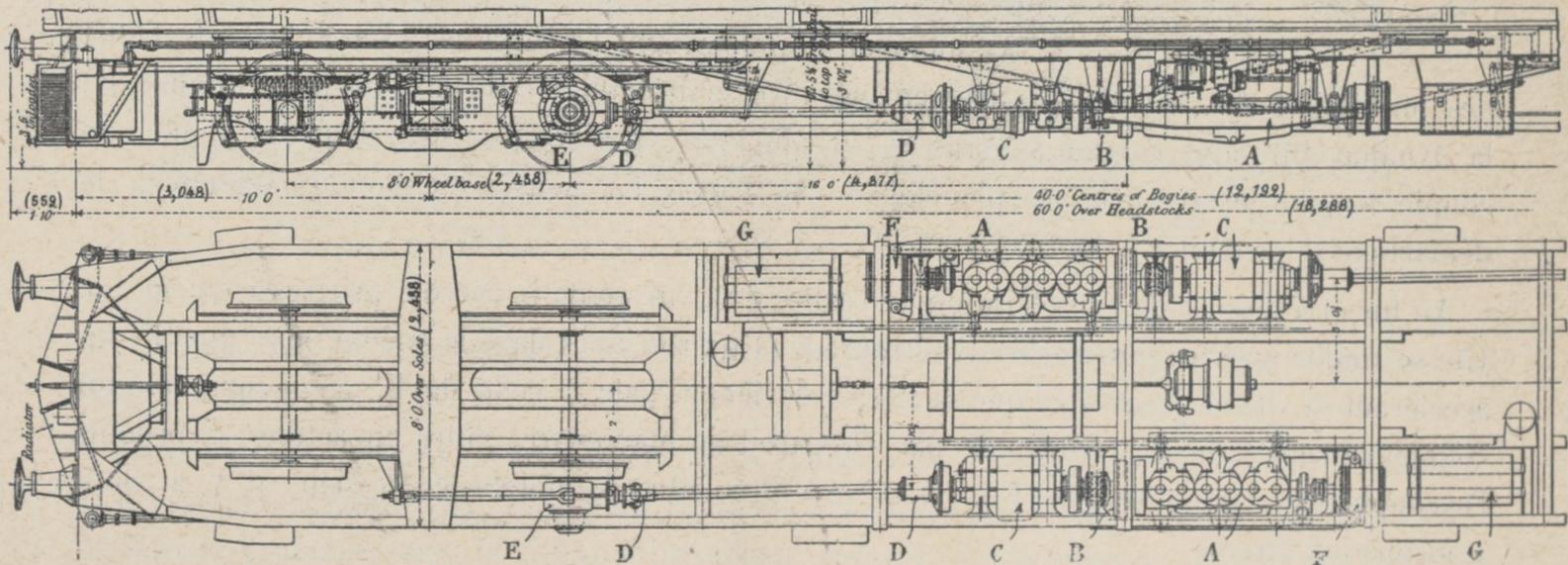
Fig. 115. — TRANSMISSION THOMAS APPLIQUÉE A UNE AUTOMOTRICE A DEUX BOGIES.



En D est disposé l'appareil planétaire qui répartit l'énergie entre la dynamo B et la transmission F à l'essieu. L'autre dynamo C commande une transmission F' attaquant un autre essieu. En K est disposé le coupleur magnétique de prise directe, en L, le coupleur qui permet d'interrompre la communication avec l'arbre F pour le lancement du moteur.

AUTOMOTRICE DE LA DAIMLER Co (de Coventry) (1). — Deux groupes moteurs sont disposés extérieurement au-dessous du châssis, l'un à gauche, l'autre à droite de la voiture ; le premier

Fig. 116 et 117. — AUTOMOTRICE DAIMLER, ENSEMBLE DU CHASSIS.

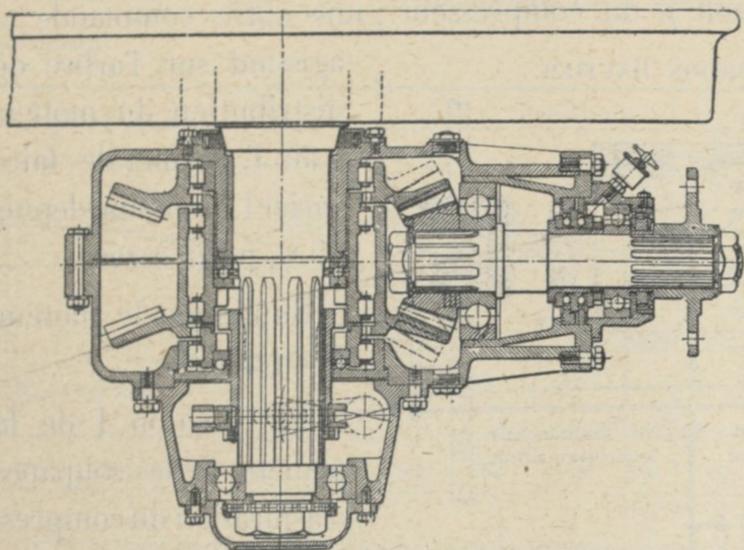


actionne un essieu du bogie avant, le second un essieu du bogie arrière ; l'installation est donc symétrique par rapport au centre de la voiture ; un poste manœuvre est disposé à chaque extrémité (Fig. 116 et 117).

(1) *Engineering*, 21 Novembre 1913.

Chaque groupe moteur comprend : un moteur à essence à six cylindres (A) de 90 à 100 ch.vap. ;

Fig. 118.— COMMANDE D'UN ESSIEU MOTEUR ET INVERSEUR.



un embrayage B ; un mécanisme à deux vitesses C commandé par coupleurs magnétiques ; le mécanisme est relié par un arbre à cardans DD à un renvoi conique double E, formant inverseur, disposé sur un prolongement d'un des essieux du bogie (Fig. 118).

Le moteur est mis en marche par une dynamo F disposée en tandem, laquelle sert à la recharge des accumulateurs disposés en G.

Vitesse normale 80 km.

Cette machine a été réalisée avant la guerre ; il ne semble pas qu'une telle

vitesse réponde aux conditions économiques actuelles en raison de la dépense de combustible à laquelle elle doit conduire. La disposition est néanmoins intéressante à signaler.

TRANSMISSIONS COMPORTANT L'EMPLOI DE L'AIR COMPRIME

TRANSMISSION A AIR COMPRIMÉ. — L'air comprimé peut être employé comme transmetteur et transformateur d'énergie entre le moteur et les roues. Il est facile de concevoir une machine comprenant un châssis de locomotive ordinaire à vapeur avec ses roues, ses cylindres, ses bielles, la chaudière étant remplacée par un groupe moto-compresseur.

A priori, le rendement d'une telle transmission ne semble pas devoir être avantageux, mais le cycle de la transformation d'énergie peut comporter certaines dispositions susceptibles de conduire à un rendement acceptable : Compression de l'air par étages, avec refroidissement, de façon à avoir une compression économique ; réchauffage de cet air par l'échappement du moteur thermique, de façon à pouvoir l'utiliser adiabatiquement dans les cylindres récepteurs sans s'exposer au givrage.

Bien qu'il n'y ait pas eu, à notre connaissance, de réalisation en ce sens, il est certain que des constructeurs réputés ont songé à l'emploi de ce procédé ; il existe en 1905 et 1910, un certain nombre de brevets sur la question, au nom de Maybach, Hugo Lenz, Dunlop, etc.

TRANSMISSION HAUTIER. — Le principe est représenté par le schéma (Fig. 119).

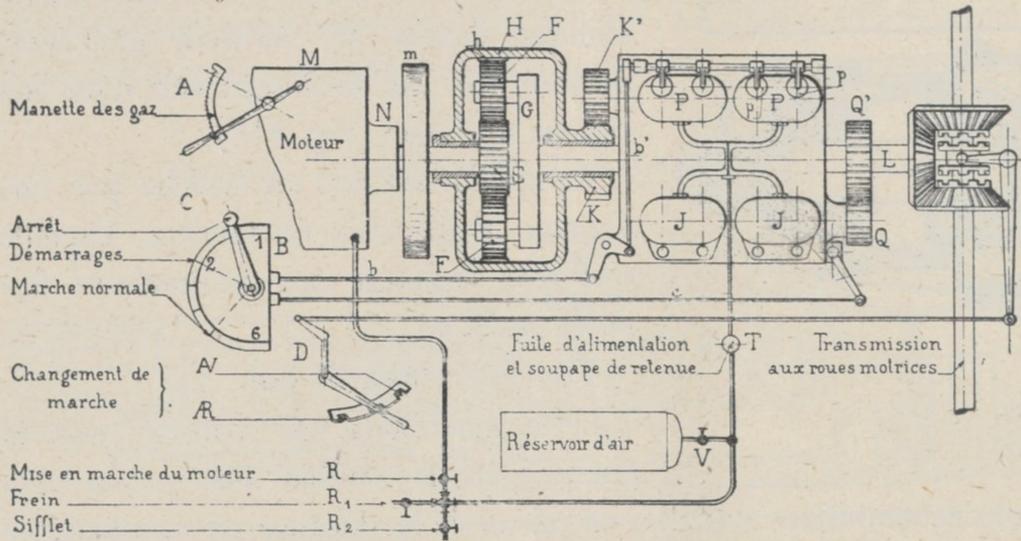
La transmission entre le moteur M et l'arbre récepteur L se fait par l'intermédiaire d'un train planétaire qui permet de dériver et de transformer une partie de l'énergie, l'autre partie étant transmise directement par engrenages ; la proportion d'énergie transformée pouvant varier de la presque totalité, au démarrage, à zéro en marche normale.

Les planétaires F solidaires de l'arbre récepteur L engrènent d'une part avec le pignon E de l'arbre moteur, d'autre part avec la denture intérieure *h* d'un tambour H susceptible de commander un compresseur d'air P.

Un moteur à air comprimé J, qui reçoit directement l'air comprimé adiabaticement par le compresseur P, est relié, par les pignons Q Q', à l'arbre récepteur L.

Un appareil de manœuvre B commande, par les tringles b, b', un dispositif qui permet de soulever ou de libérer les soupapes d'aspiration p du compresseur ; une autre commande c, agissant sur l'arbre de distribution du moteur à air J, permet de faire varier l'admission depuis 95 % jusqu'à zéro.

Fig. 119. — SCHEMA DE LA TRANSMISSION HAUTIER.



Supposons le moteur M en marche :

En position 1 de la manette C, les soupapes d'aspiration du compresseur sont maintenues soulevées, celui-ci tourne donc librement sans résistance ; c'est la position « débrayé », position à l'arrêt.

En position 2, les soupapes sont libérées, le compresseur entre en fonctionnement et refoule dans le moteur à air, qui se trouve à pleine admission. Sous l'effet combiné de la réaction des pignons F sur le croisillon G, qui tend à entraîner l'arbre récepteur L, et de l'action du moteur à air agissant par les pignons Q Q', le véhicule démarre. L'énergie se transmet alors à l'arbre récepteur, d'une part par engrenement direct, d'autre part par transformation.

Au fur et à mesure que le véhicule prend de la vitesse, on accentue le déplacement de la poignée C ce qui réduit l'admission au moteur à air ; la proportion d'énergie transformée est donc de plus en plus faible.

En position extrême 6, l'admission au moteur à air est nulle, le compresseur refoulant dans une conduite sans issue est forcé de caler, le tambour H s'immobilise et la totalité de l'énergie se transmet directement par l'appareil planétaire qui fonctionne à la façon d'un réducteur de vitesse.

Accessoirement, une prise d'air T de faible section, avec clapet de retenue, permet d'alimenter un réservoir pour le frein, le sifflet, la mise en marche du moteur, etc.

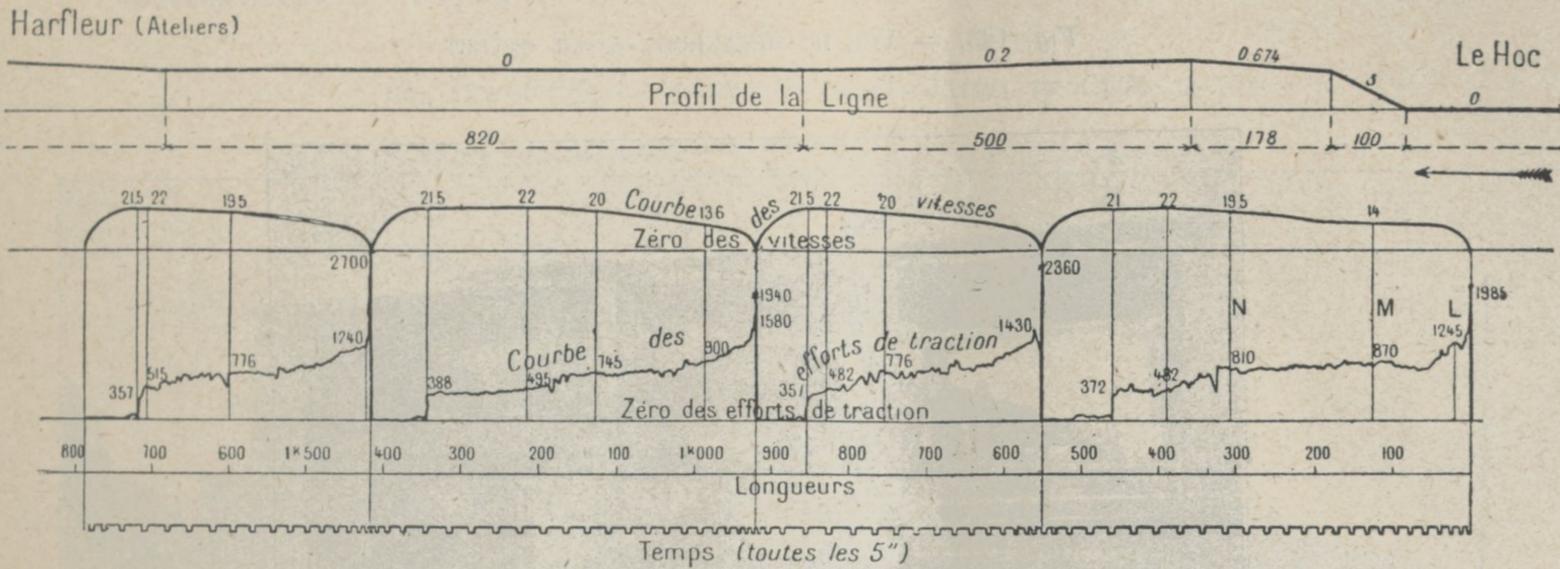
Une machine d'essai de 18 t, actionnée par un moteur de 70 ch. vap., a été exécutée par les Etablissements Schneider et a servi en 1913 à des expériences pour lesquelles les chemins de fer de l'Etat avaient obligeamment mis à notre disposition leur wagon-dynamomètre (Fig. 120).

Fig. 120. — LOCOTRACTEUR SCHNEIDER-HAUTIER (Moteur à Naphtaline)



Les diagrammes relevés ont permis, connaissant la puissance du moteur, d'avoir un aperçu du rendement à la roue.

Fig. 121. — DIAGRAMME DE DÉMARRAGES, AVEC TRAIN DE 85 T.



A 23 km à l'heure, en prise directe sans transformation, le rendement a été trouvé voisin de 90 %.

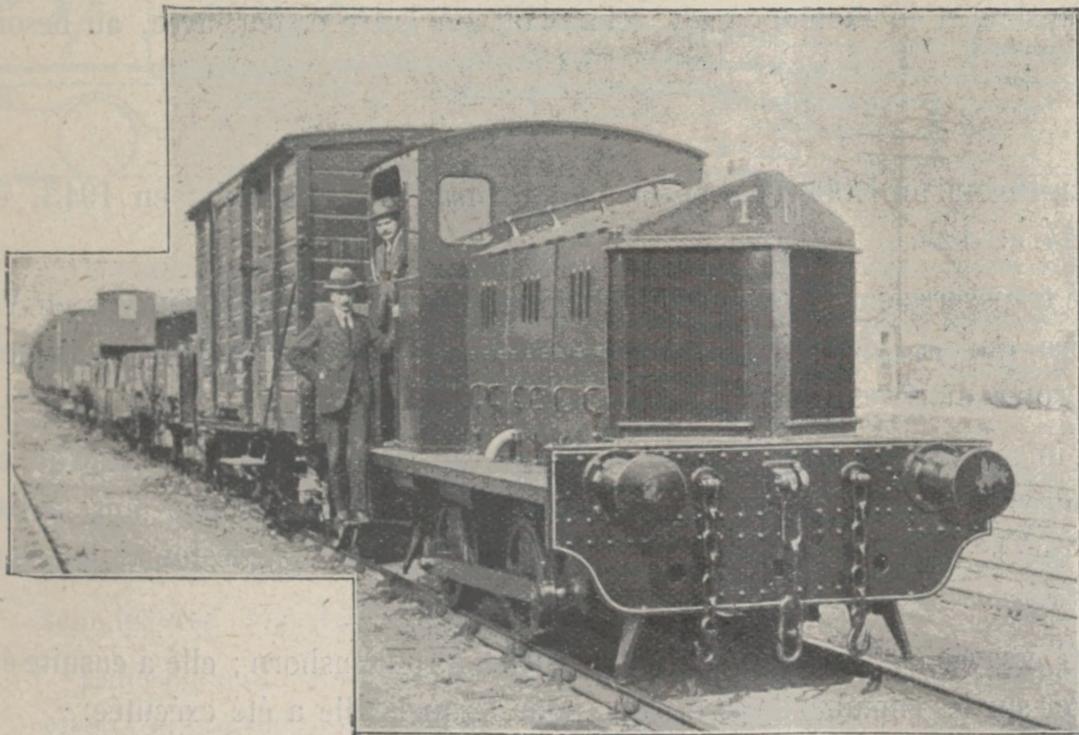
A 15 km avec transformation partielle d'énergie, 80 % environ.

A 7 km avec transformation plus importante, 67 % environ.

Il convient de remarquer que ces rendements relativement élevés tiennent à plusieurs causes : la transformation d'énergie est toujours partielle ; l'air comprimé adiabatement est

immédiatement employé à haute température dans le moteur à air ; les différents mobiles de la transmission directe sont montés sur billes, dans bains d'huile, etc.

Signalons que le moteur fonctionnait à la naphthaline ; ce carburant était fondu par l'eau de circulation non refroidie, maintenue à 100° (l'on voit sur le

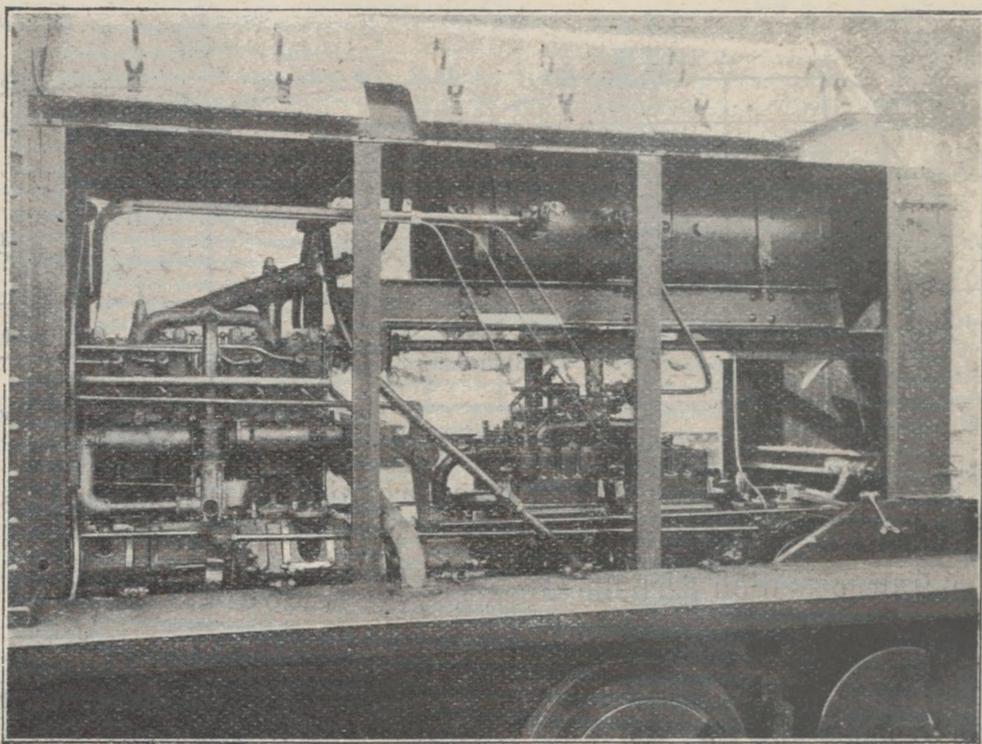


toit de l'abri le faisceau condensant l'eau vaporisée). Mais ce combustible n'est pas indiqué pour une machine de manœuvre à fonctionnement intermittent ; la machine a été transformée pour le fonctionnement à l'essence, avec un radiateur ordinaire (Fig. 122) (1).

(1) Elle est actuellement la propriété de la Société « La Traction moderne ».

La Fig. 123 (capots ouverts) montre, à gauche, le moteur à explosions, et à droite, au-dessous du réservoir d'air, l'appareil transformateur (dit aérothermique).

Fig. 123. — VUE DU MÉCANISME, CAPOT OUVERT



Le procédé se prête à plusieurs variantes : l'on peut concevoir par exemple la transmission directe attaquant un essieu et le moteur à air actionnant un autre essieu, avec, au besoin, réchauffage de l'air.

LOCOMOTIVE SULZER-DIESEL DE 1.000 ch. vap. — Cette machine, construite en 1913, est représentée figure 124 et 125.

Le moteur, disposé transversalement entre les deux longerons, est à quatre cylindres en V à deux temps ; son arbre, qui est à deux coudes, constitue faux essieu et commande directement par bielles les quatre roues motrices.

Pour le démarrage, un groupe moto-compresseur de 250 ch. vap., fournit l'air comprimé qui est envoyé dans les cylindres de combustion du moteur principal, lequel fonctionne ainsi à l'air comprimé jusqu'à ce que le train ait acquis la vitesse suffisante pour que le fonctionnement Diesel puisse être amorcé.

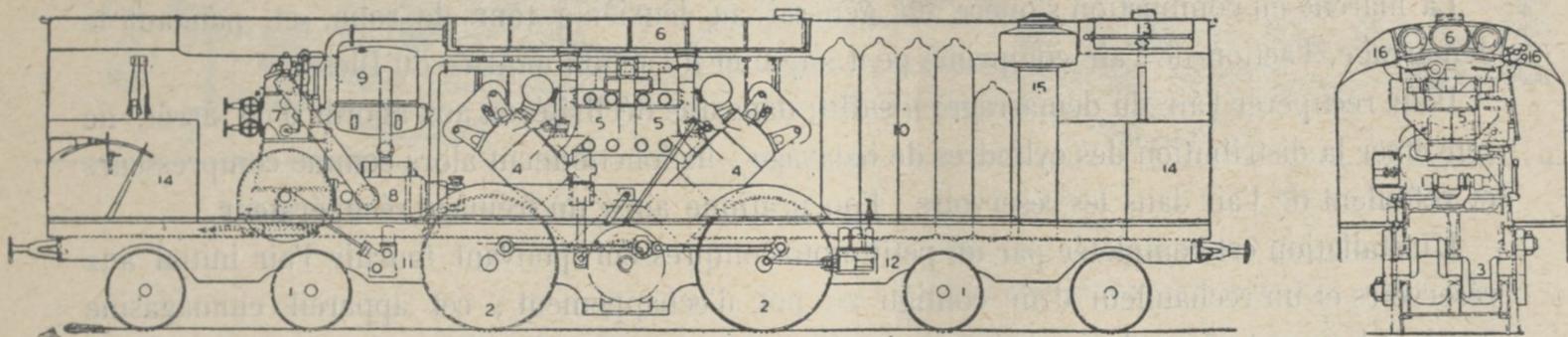
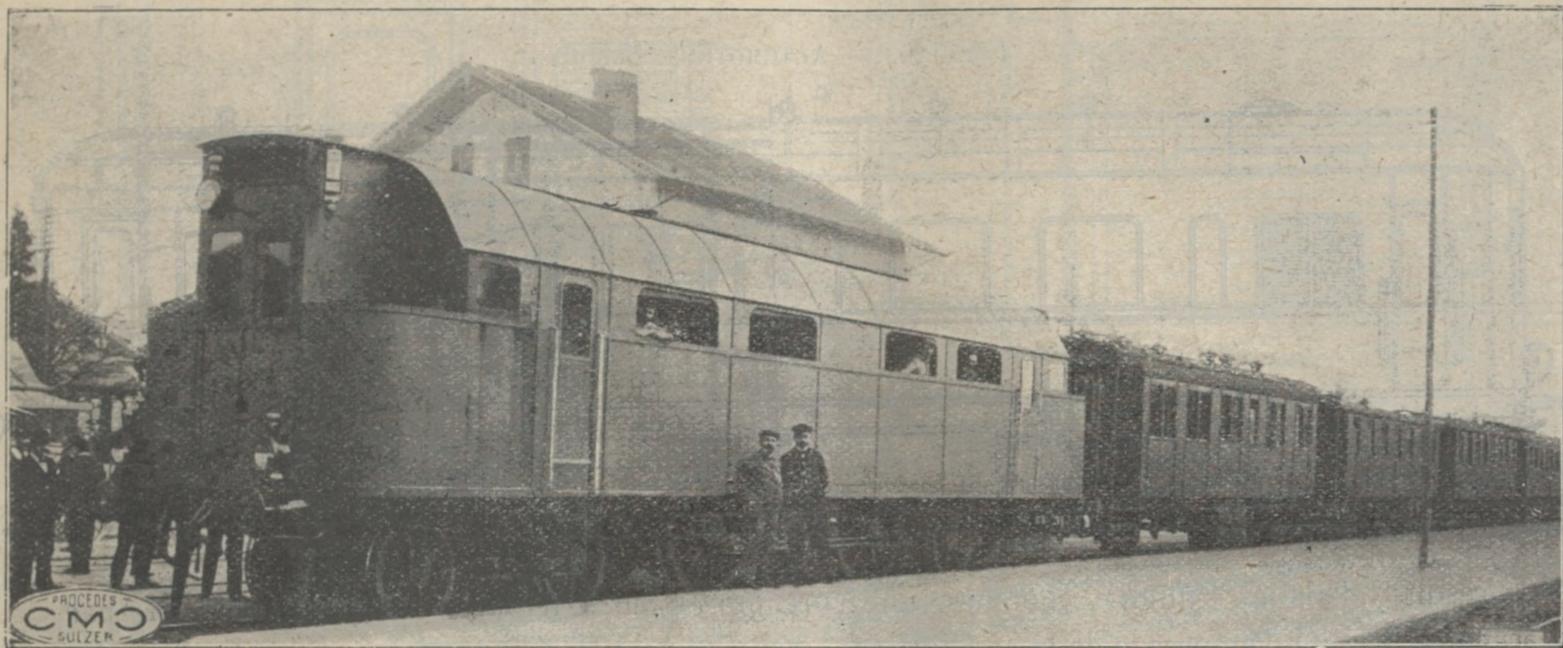
Cette machine a été essayée en 1913 sur la ligne de Zurich à Romanshorn ; elle a ensuite été mise en service régulier sur les chemins de fer saxons pour lesquels elle a été exécutée :

Son point faible était le suivant : démarrages souvent difficiles, surtout en rampe ; il fallait, pour pouvoir mettre en action le fonctionnement Diesel, que la vitesse de 10 à 12 km puisse être atteinte par la marche à l'air comprimé, d'où, parfois, des démarrages laborieux.

Une circonstance, qui gênait et retardait l'amorçage de la combustion, était le refroidissement des cylindres par la détente de l'air comprimé, pendant le démarrage.

Aussi, pour les nouveaux types de locomotives à l'étude, la Maison Sulzer préfère recourir à la transmission électrique.

Fig. 124 et 125. — LOCOMOTIVE SULZER-DIESEL DE 1.000 CH. VAP



AUTOMOTRICE LEROUX (Fig. 126). — Cette automotrice a été construite en 1913 par les Etablissements de Fives-Lille pour les Mines de Carvin ; elle est à deux bogies. Le système de transmission a une certaine analogie avec le précédent ; le moteur, monté sur le bogie avant du véhicule, commande directement par bielles les quatre roues motrices (1).

Le moteur est un Diesel à deux cylindres à deux temps, manivelles à 180°, avec pistons opposés dans chaque cylindre ; chaque piston supérieur est relié par bielles obliques au piston inférieur de l'autre cylindre, de sorte que, dans chaque cylindre, les pistons se déplacent en sens inverse (Fig. 127 et 128).

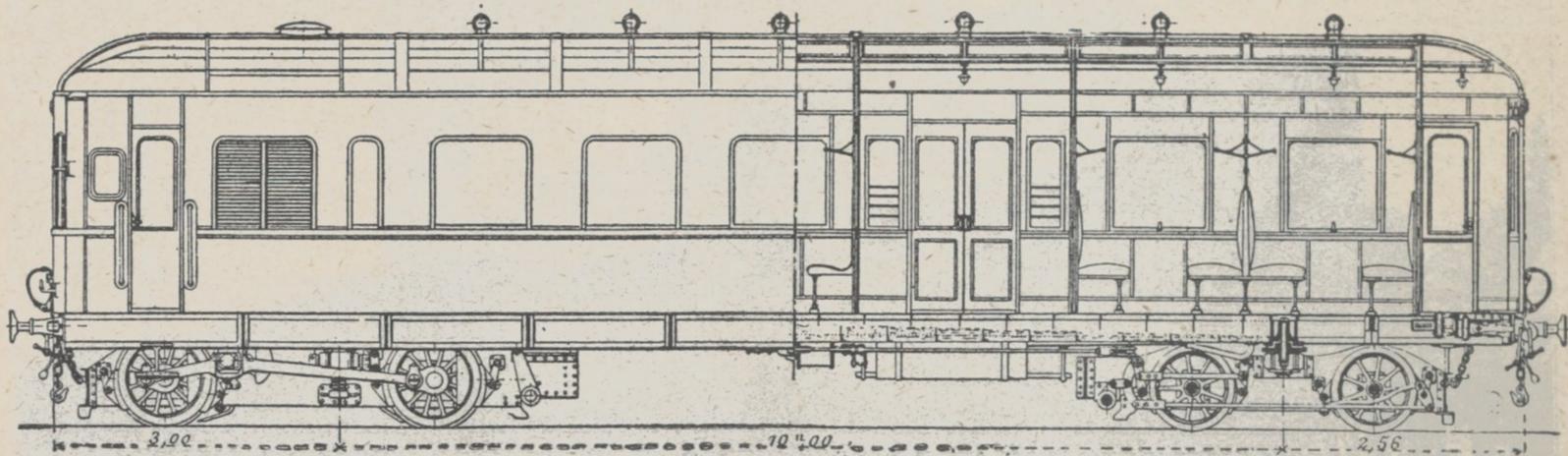
Latéralement, sur le même arbre sont attelées deux pompes de balayage avec manivelles à 90° ; elles comportent, en tandem, des pistons étagés pour la compression à 70 kg de l'air de pulvérisation.

(1) *Génie Civil*, 21 Mai 1921.

Une réserve d'air comprimé est utilisée pour le démarrage ; mais, au lieu d'être envoyé dans les cylindres de combustion comme dans la machine précédente, l'air est envoyé dans les cylindres de balayage qui, en vertu d'une distribution appropriée, fonctionnent comme moteurs à double effet, et, par conséquent, sans point mort.

L'air d'échappement se rend dans les cylindres de combustion où il remplit l'office de balayage. Tandis que le balayage en fonctionnement normal procure une pression initiale de compression de 200 g, le balayage par l'échappement du moteur à air donne une pression de 1 kg d'où

Fig. 126. — AUTOMOTRICE LEROUX.



résulte, dans les cylindres moteurs, une surcompression à température plus élevée et, par suite, facilité d'amorçage de la combustion.

La marche en combustion s'opère en général au deuxième tour de roue, et, pendant le démarrage, l'action de l'air comprimé peut s'ajouter à l'action motrice du Diesel.

Pour récupérer l'air du démarrage, il suffit, dans une déclivité ou aux abords d'un arrêt, de renverser la distribution des cylindres de balayage ; ils fonctionnent alors comme compresseurs et refoulent de l'air dans les réservoirs ; l'on pratique ainsi un freinage récupérateur.

L'installation est complétée par un petit moto-compresseur pouvant fournir l'air initial aux réservoirs et un réchauffeur d'air contigu au pot d'échappement ; cet appareil emmagasine pendant la marche les calories qui seront utilisées pour réchauffer l'air servant au démarrage suivant.

Le moteur est d'une puissance de 150 ch. vap., (cylindres de 200×250).

La réserve d'air est comprimée à 150 kg ; l'air est détendu à 4 kg pour le démarrage.

Poids de l'automotrice à vide, 24,500 t ; poids avec 60 voyageurs, 29 t.

En remorque : deux voitures contenant chacune 60 voyageurs et pesant en charge 16,500 t, soit 62 t pour le poids du train, avec 180 voyageurs transportés.

Consommation : 0,482 kg par km soit 0,78 kg pour 100 t km correspondant à une dépense de 0,28 fr.

Cette machine, qui était en service en 1914, a été détruite pendant l'occupation allemande.

OBSERVATIONS. — Dans les procédés (électro-mécaniques et par l'air comprimé) qui viennent d'être exposés, le but que l'on s'est proposé est de réaliser, dans les conditions de marche normales, une transmission aussi directe que possible entre le moteur et les roues.

Le procédé Hautier, comme le procédé Thomas, donnent au démarrage et en rampes une transformation partielle de l'énergie ayant pour effet d'augmenter l'effort à la jante au détriment

Fig. 127. — AUTOMOTRICE LEROUX (Coupe longitudinale).

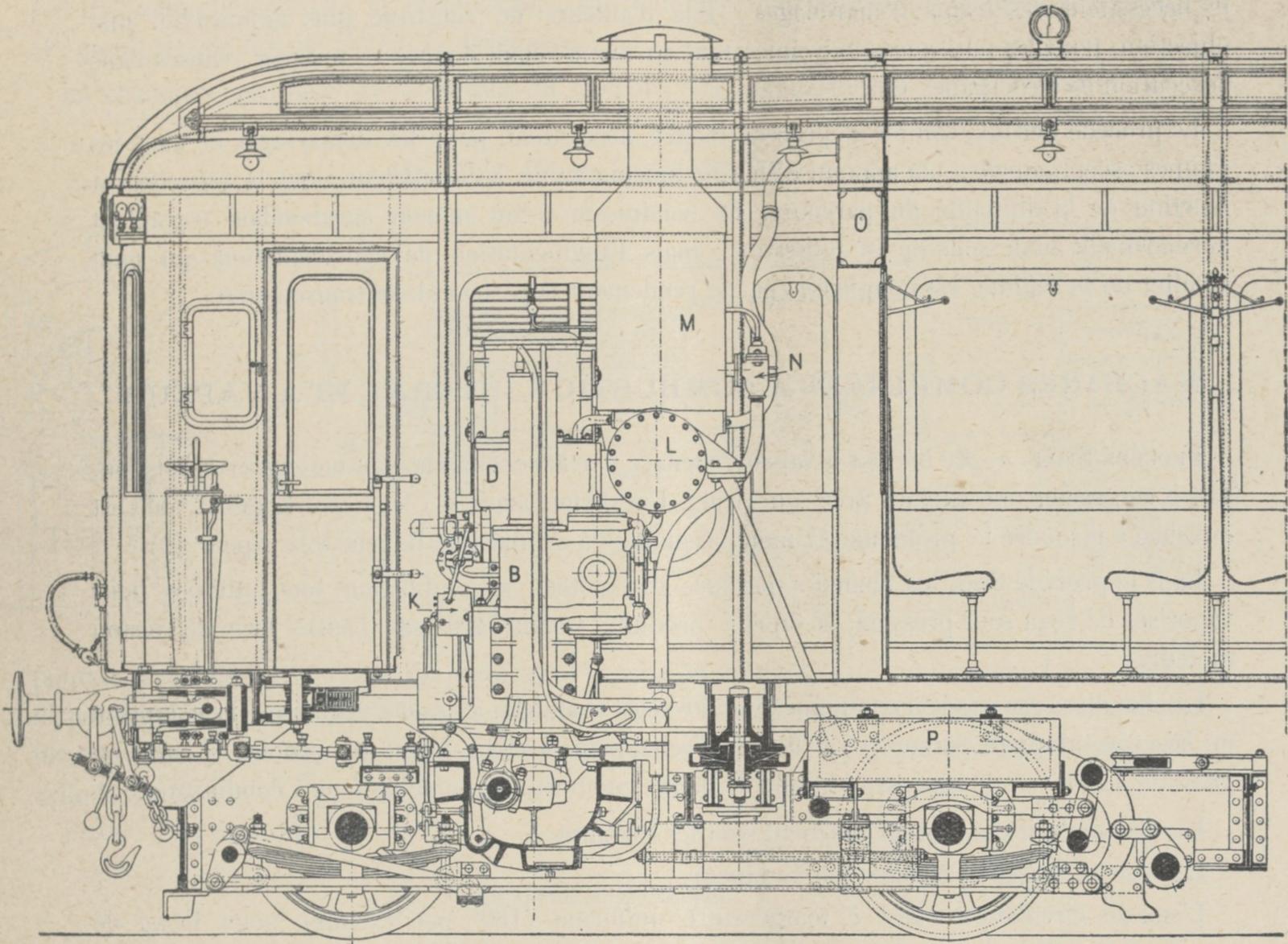
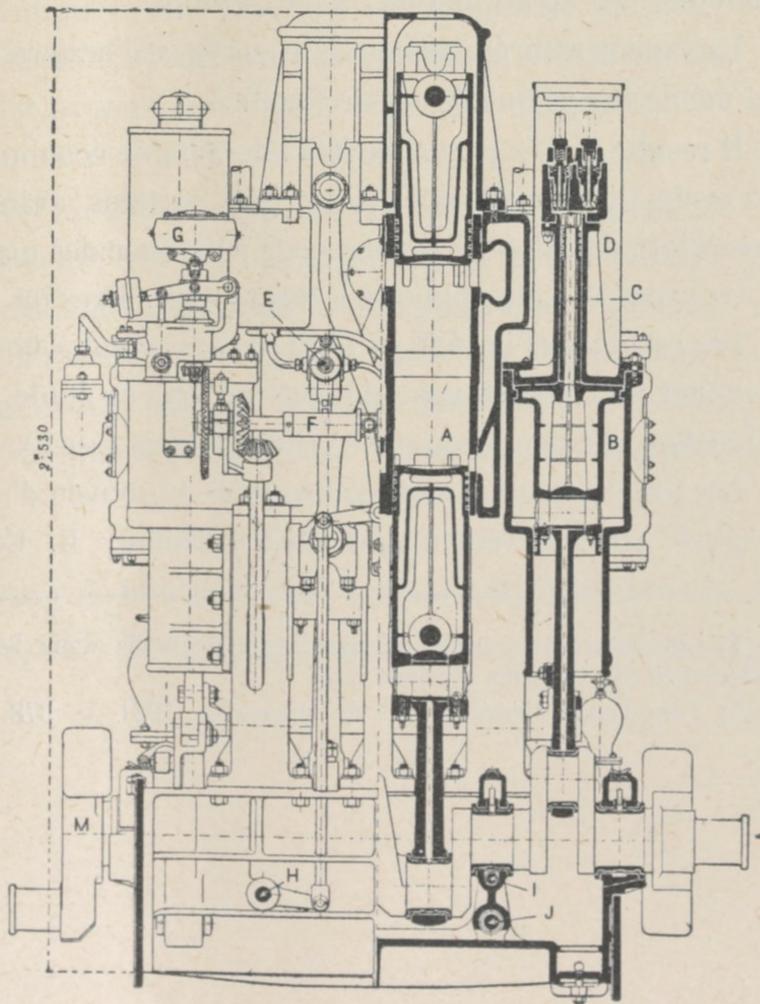


Fig. 128. — AUTOMOTRICE LEROUX
(Coupe transversale par le moteur).

- A, cylindres de combustion ;
- B, — de balayage ;
- C, — de compression ;
- D, enveloppe d'eau ;
- E, injecteur ;
- F, arbre à came ;
- G, régulateur d'arrivée d'air comprimé ;
- H, commande de déplacement des cames ;
- I, arbre de commande de pompe à combustible ;
- J, commande de changement de marche ;
- K, pompe à combustible ;
- L, collecteur d'échappement ;
- M, réchauffeur d'air ;
- N, soupape d'arrivée d'air du moteur.



de la vitesse ; ils permettent l'arrêt ou la mise en ralenti du moteur dans les déclivités ; mais ils nécessitent des trains d'engrenages ; cela d'ailleurs ne constitue plus aujourd'hui une objection, pour les puissances moyennes tout au moins, étant donnés les progrès réalisés dans l'exécution de ces organes (1).

Le procédé Leroux, comme le procédé Pieper, nécessitent, pour les démarrages et dans les rampes exceptionnelles, un appoint d'énergie fourni par un accumulateur dont la capacité est fonction de la difficulté du parcours. Ils conduisent à un moteur surabondant travaillant normalement au-dessous de sa puissance ; mais l'augmentation de consommation qui peut résulter de ce régime, est compensée par le rendement supérieur de la transmission.

MACHINES COMBINÉES A COMBUSTION INTERNE ET A VAPEUR

PROCÉDÉ STILL. — Le moteur à vapeur, menacé par la concurrence du moteur à combustion, va-t-il contracter une alliance avec son rival ? Une firme anglaise, la « Still Engine Co. » s'est attachée à résoudre le problème du moteur combiné à combustion interne et à vapeur (2).

Dans le procédé Still, les chaleurs perdues du moteur à combustion sont utilisées pour vaporiser de l'eau sous pression, la vapeur produite venant agir sur l'autre face du piston moteur.

La chaudière est mise en communication avec les chambres à eau des cylindres, elle comporte un faisceau tubulaire parcouru par les gaz d'échappement et un foyer qui permet la mise en pression au moyen de brûleurs utilisant le même combustible que le moteur à combustion.

Les particularités de fonctionnement sont les suivantes :

La mise en marche s'effectue par la vapeur.

L'eau de circulation étant à température uniforme (180° par exemple pour 10 kg de pression), les dilatations se font d'une façon homogène avec le minimum de déformations.

La température des parois étant plus élevée, même à la mise en marche, l'air est réchauffé pendant la première partie de la compression et la combustion s'effectue pour une pression moindre : 20 kg au lieu de 32 par exemple.

La vapeur saturée, venant agir sur la face arrière du piston, refroidit les parois de ce dernier en même temps qu'elle se surchauffe.

Il résulte de ces particularités une notable économie de fonctionnement par rapport à l'emploi du cycle Diesel ordinaire, ainsi que certains avantages : facilité de démarrage en charge ; possibilité d'utiliser la vapeur pour actionner des machineries auxiliaires.

Ce procédé a été appliqué à des moteurs fixes ou marins : il peut s'adapter à la locomotive.

Les schémas (Fig. 129 et 130) se rapportent à une locomotive mixte à combustion interne et à vapeur de 1.200 ch.vap., du système Still, en étude, pour exécution, aux Etablissements Kitson, à Leeds. C'est une locomotive tender à trois essieux couplés et à deux bissels.

Les essieux couplés sont commandés au moyen d'un faux essieu A qui reçoit, par engrenage *a* et *b*, son mouvement de l'arbre moteur B. Cet arbre est actionné par huit cylindres

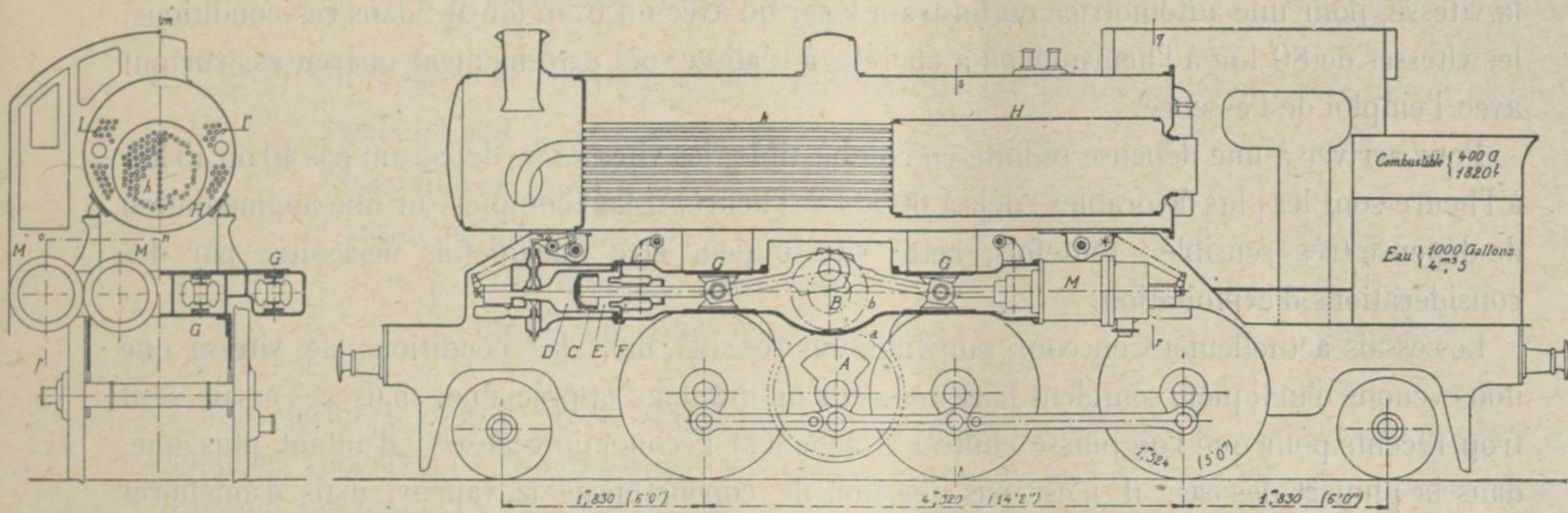
(1) A noter les trains d'engrenage employés dans les transmissions des locomotives électriques, les réducteurs des turbines marines, etc.

(2) Voir *Revue Générale*, N° de Décembre 1921, p. 378.

horizontaux M fonctionnant à quatre temps. Les pistons C reçoivent sur leur face extérieure (en D) l'action des gaz de la combustion ; sur leur face intérieure (en E) agit la vapeur (F, garnitures de tige de piston, G, glissières).

La chaudière est disposée au-dessus du moteur ; elle comporte un foyer cylindrique H

Fig. 129 et 130. — LOCOMOTIVE STILL.



pourvu d'un faisceau tubulaire h permettant la mise en pression. Latéralement en I et I' sont disposés les faisceaux tubulaires parcourus par les gaz d'échappement des cylindres à combustion interne ; deux gros tubes ramènent dans les collecteurs, à l'arrière, les gaz d'échappement des cylindres avant,

Poids : 70 t environ.

CONCLUSIONS.

RÉSUMÉ. — Nous venons de passer en revue un certain nombre de systèmes de transmissions ou de mécanismes destinés à permettre l'adaptation du moteur à hydrocarbure à la traction sur rails. L'on voit par ce qui précède que le constructeur a le choix entre les solutions suivantes : transmissions mécaniques, électriques, hydrauliques ou procédés à commande directe, comportant, pour le démarrage, l'emploi de l'électricité, de l'air comprimé ou même de la vapeur. Le choix en faveur de l'un ou l'autre procédé est, dans bien des cas, question d'appréciation, question d'espèces.

Dans les puissances supérieures, à partir de 100 ou 200 ch.vap. par exemple, la transmission électrique est incontestablement la plus en faveur ; elle est actuellement la plus indiquée pour réaliser, sans aléa de mise au point, une machine répondant à un programme donné. Mais les transmissions par engrenages, ou celles à commande directe comportant l'emploi des dispositifs spéciaux pour le démarrage, n'ont peut-être pas dit leur dernier mot ; il est à prévoir que certains de ces procédés aboutiront un jour à des solutions permettant de réaliser des machines de grande puissance.

COMPARAISON AVEC LA VAPEUR. — Quel est l'avenir de la traction par moteur à hydrocarbure ?

Voyons d'abord le présent, pour les deux catégories de véhicules que nous avons considérés, locotracteurs et automotrices.

Avec les locotracteurs de manœuvres, d'usines, de chantiers, qui ne consomment de combustible que juste le temps où ils sont utilisés, l'on arrive à une économie, malgré le prix élevé de l'essence, par rapport à la locomotive à vapeur qui reste allumée toute la journée.

Pour les automotrices, il y a lieu de considérer le programme à remplir :

Nous avons vu qu'avant la guerre certains constructeurs, à l'étranger surtout, ont cherché à réaliser des véhicules de luxe destinés à atteindre la vitesse des rapides.

Nous savons, d'autre part, que la résistance par tonne croît beaucoup plus rapidement, avec la vitesse, pour une automotrice ou un train léger qu'avec un train lourd ; dans ces conditions, les vitesses de 80 km à l'heure qu'on a cherché à réaliser sont extrêmement onéreuses, surtout avec l'emploi de l'essence.

Pour arriver à une dépense réduite en combustible, les vitesses ne dépassant pas 40 ou 45 km à l'heure sont les plus favorables ; déjà à 60 km à l'heure, il faut compter sur une augmentation de dépense très sensible ; toutefois, cette vitesse peut être quelquefois nécessitée par des considérations d'exploitation.

Les essais actuellement en cours sur différents réseaux, dans les conditions de vitesse que nous venons d'indiquer, semblent faire ressortir un avantage appréciable, mais ces essais sont trop récents pour que l'on puisse chiffrer exactement l'économie réalisée ; d'autant plus que, dans la plupart des cas, il n'est pas question de concurrencer la vapeur, mais d'améliorer l'exploitation par un service mixte susceptible d'utiliser au mieux les deux procédés.

Ainsi, sur un réseau secondaire desservi par deux trains à vapeur journaliers dont le prix de traction est, par exemple, de 3 fr. le km, il y aura avantage à conserver un train à vapeur par jour pour un service mixte, voyageurs et marchandises, et à remplacer l'autre train par un ou deux services automoteurs, plus économiques (1 fr. le km) et plus rapides.

Afin de nous rendre compte de l'intérêt de la question pour les grands réseaux, nous allons examiner quelle est la dépense de combustible avec un train à vapeur.

Nous devons à l'obligeance des chemins de fer de l'Etat les renseignements ci-après concernant la consommation pour plusieurs types de machines affectées à différentes catégories de trains ; les chiffres que nous indiquons sont des moyennes ; ils comprennent les allumages, stationnements, etc. ; le combustible est compté 90 fr. la tonne rendu au dépôt.

A) *Machine à voyageurs type Pacific (4, 6, 2)*. — Trains de grande ligne (Paris-Havre, Paris-Laval, etc.) :

Poids moyen de la machine et du tender.....	133 t		
Poids moyen remorqué.....	351 t		
Consomm. kilométrique.....	17,2	kg	(1,56 fr.)
— aux 100 t/km remorqués.....	4,9	kg	(0,44 fr.)
— brute aux 100 t/km.....	3,35	kg	(0,32 fr.)

B) *Machine type American (4, 4, 0), à simple expansion*. — Trains omnibus (Dreux à Auneau, Chartres à Paris) :

Poids moyen de la machine et du tender.....	84 t		
Poids moyen remorqué.....	130 t		
Consomm. kilométrique.....	16,6	kg	(1,50 fr.)
— aux 100 t/km remorqués.....	12,8	kg	(1,15 fr.)
— brute aux 100 t/km.....	7,7	kg	(0,70 fr.)

c) *Machine à trois essieux couplés (0, 6, 0)*. — Lignes secondaire accidentées (Sainte-Gauburge à Mortagne, etc.) :

Poids moyen de la machine et du tender.....	60 t	
Poids moyen du train.....	100 t	
Consomm. kilométrique.....	18,2 kg	(1,64 fr.)
— aux 100 t/km remorqués.....	18,2 kg	(1,64 fr.)
— brute aux 100 t/km.....	11,4 kg	(1,03 fr.)

d) *Machine type ancien (0, 4, 2)*. — Train navette sur 12 km accidentés (Neuilly et Isigny) :

Poids moyen de la machine et du tender.....	52 t	
Poids moyen remorqué.....	77,6 t	
Consomm. kilométrique.....	18,6 kg	(1,67 fr.)
— aux 100 t/km remorqués.....	24, kg	(2,16 fr.)
— brute aux 100 t/km.....	14,3 kg	(1,28 fr.)

Ces derniers chiffres, très élevés, tiennent à plusieurs causes : utilisation de machines de modèles anciens peu économiques ; proportion importante des temps de stationnement par rapport aux temps de marche ; profils plus accidentés pour les lignes secondaires.

L'on voit, pour l'exemple C notamment, l'intérêt qu'il peut y avoir à remplacer un train à vapeur dépensant 18 kg de charbon (1,64 fr.) au km par un train automoteur brûlant 0,80 fr. d'essence et permettant de faire l'économie d'un agent (essais en cours aux chemins de fer de l'Etat, dont nous avons parlé).

Mais, où l'avantage du nouveau mode de traction devient plus manifeste, c'est avec l'emploi de moteurs à combustion interne permettant l'utilisation de produits bon marché.

Nous avons vu plus haut que la dépense en combustible pour des automotrices Diesel de 100 à 200 ch.vap. ressort à 0,85 kg d'huile en moyenne (soit 0,30 fr.) pour 100 t/km. Il est hors de doute que des unités Diesel plus puissantes, donc plus économiques, remorquant des trains lourds, c'est-à-dire d'une résistance spécifique moindre, conduiront à une dépense en combustible notamment plus réduite encore ; surtout si l'on escompte les perfectionnements possibles.

Il est intéressant de comparer ce chiffre à la consommation des locomotives à vapeur même les plus puissantes et les plus économiques, (en considérant la dépense brute aux 100 t km).

Nous avons vu également que, dans des Compagnies suédoises, les résultats d'exploitation par automotrices Diesel se traduisent, à tonnage égal, par un prix de revient moitié ou tiers de celui de la traction à vapeur ; il n'est pas invraisemblable que cette proportion, qui peut être considérée comme acquise pour petits trains, se vérifie un jour pour les grosses unités.

En effet, la dépense en combustible n'est pas la seule à faire entrer en ligne de compte, et il convient d'insister sur les autres avantages économiques que peut procurer le moteur à combustion :

Suppression de toute consommation de combustible pendant les arrêts et dans les parcours où l'action motrice n'est pas nécessaire, de cette particularité découlent les faibles consommations constatées ;

Conduite par un seul agent pouvant, suivant les cas, se trouver en compagnie du conducteur, ou être laissé seul moyennant certaines dispositions concernant la sécurité ;

Suppression des approvisionnements en cours de route même sur les plus grands parcours ; suppression des alimentations ;

Frais d'entretien réduits en raison de l'absence de chaudière ; suppression des décrassages, ramonages, lavages, du gardiennage, etc. ;

Suppression de la fumée ainsi que des projections d'escarbilles, suppression, par suite, des indemnités pour incendies.

Enfin, on sait que la puissance et le rendement d'une locomotive à vapeur diminuent au bout d'un certain temps de marche par suite de l'encrassement de la grille, des dépôts de suie dans les tubes, etc., ce qui oblige, pour les grands trains, à changer de machine toutes les 3 ou 4 heures. Rien de tel avec le moteur à combustion qui peut fonctionner des journées entières sans pertes de rendement.

On conçoit l'importance de cette considération au point de vue de la banalisation des machines.

PROBLÈMES SPÉCIAUX. — Mais, où la traction par moteur à combustion sera incontestablement supérieure à la traction à vapeur, c'est dans les régions dépourvues d'eau ou dont les eaux sont de qualité inférieure, comme c'est le cas pour la plupart des réseaux algériens ; l'on sait tous les ennuis que donne la traction à vapeur sur la ligne de Biskra à Touggourt, par exemple.

Enfin, il est un grand problème dont la réalisation est à l'ordre du jour, c'est celui du Transafricain. Dans les différents projets actuellement à l'examen, les points d'eau sont distants de 700 à 1.200 km ; il est de toute évidence qu'aucun autre mode de traction ne peut être envisagé pour franchir de tels espaces. L'emploi de la vapeur conduirait à de nombreux postes d'alimentation qu'il faudrait ravitailler par trains d'eau ou par des conduites d'un développement considérable ; l'électrification nécessiterait de nombreux postes de transformation et tout un équipement exposé au vol ou à la malveillance, ainsi qu'un capital énorme (le devis de l'électrification avec certain projet était de 145 millions au prix d'avant-guerre, locomotives non comprises).

Seul le moteur à combustion rend possible l'exécution de ce vaste projet. Comme le moteur Diesel peut consommer des huiles végétales de provenance coloniale (huile d'arachide, de palme, etc.), il trouvera presque sur place le combustible qui devra l'alimenter : la machine étant susceptible de marcher des journées entières sans ravitaillement, voire même sans arrêt, il sera possible de parcourir d'immenses espaces à la façon d'une traversée maritime, le service du bord étant assuré par quarts comme sur un bateau.

L'on voit, par ce rapide exposé, que la traction par moteurs à hydrocarbures est une question de haute actualité, il semble que nous assistons à la naissance d'une industrie nouvelle appelée, dans un avenir peut-être prochain, à prendre un immense développement.
