

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 64 (1938)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Locomotive diesel-électrique de 4400 ch pour les chemins de fer roumains  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-49242>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 07.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

fondir localement une paroi de palplanches à Lugano où, à cette époque, le problème fut résolu facilement au moyen d'injections de *gel Rodio*, mais où il n'aurait pas été nécessaire de créer des ouvrages définitifs.

*Puits.* Enfin, la congélation est naturellement tout indiquée pour construire des puits dans des terrains difficiles surtout dans les conditions suivantes :

Danger d'affaissements de constructions voisines importantes avec fondation superficielle, profondeur dépassant la limite pratique des caissons à l'air comprimé (au delà de 25 m) ou encore, lorsqu'il s'agit de traverser des couches très molles dans lesquelles un caisson risquerait de s'enfoncer brusquement. A ce sujet et comme indication, une étude récente a montré que l'on pouvait établir deux puits de 5 m de diamètre et 25 m de profondeur, destinés à raccorder une galerie sous-fluviale pour la somme d'environ 1 200 000 francs français, c'est-à-dire environ 150 000 francs suisses. Cela représente une dépense, par mètre courant de puits, d'environ 3000 francs.

### Conclusion.

Ces quelques exemples montrent que la congélation permet, seule, de résoudre certains problèmes de fondation et que, dans de nombreux autres cas, les avantages qu'elle présente pourraient justifier une dépense légèrement supérieure à celle d'une solution classique.

Il est souhaitable que l'on fasse des études nouvelles dans ce domaine où il y a encore beaucoup à faire non pas tant dans le domaine purement mécanique et frigorifique, mais sur le comportement des terrains et des matériaux de construction soumis à de basses températures. Les travaux effectués par congélation avec les procédés à saumure ont à leur actif de magnifiques réussites. Etant donné que les entrepreneurs possèdent maintenant un outil un peu plus maniable et d'un rendement meilleur, il est souhaitable que les applications se multiplient, parce que c'est un moyen commode de résoudre beaucoup de cas difficiles en particulier dans les villes.

### Bibliographie.

1. GUNNAR BESKOW *L'emploi de la géologie pour la construction des routes.* — Congrès des Mines, Métallurgie et Géologie appliquées, Paris 1935 (contient une importante bibliographie).
2. STEPHEN TABER *Frost heaving.* — *Journal of Geology*, n° 5 1929.  
*The mechanics of frost heaving*; *ibidem* n° 4 1930.
3. P. URBAIN *Introduction à l'étude des roches argileuses*, 1937.
4. P. URBAIN *Les sciences géologiques et la notion d'état colloïdal*, 1933.
5. M. DIDIER. *Structure interne des boues de forage.* — II<sup>me</sup> Congrès mondial du pétrole, tome I, 1937.
6. A. BILJS & F. CAMPUS. *Les effets des basses températures sur la prise et le durcissement des bétons.* — « *Annales des Travaux Publics de Belgique* », n° 1, 2, 3 1937.
7. M. BIQUET *Le forage des puits de mine en terrains aquifères*, 1934.
8. Prof. HEISE *Neue Versuche über das Verhalten von Tonschichten in Gefrierschichten.*
9. L.-E. GRUNER *Cours d'exploitation des mines*, tome II, 1930.
10. E.-L. QUINN & C.-L. JONES. *Carbon dioxide*, 1936.
11. A. STUCKY & BONNARD. *Géivité des sols.* « *Bulletin technique de la Suisse romande* », 1938.
12. HOGENTGLER *Engineering properties of soils*, 1937.
13. DENOËL *Les Couvelages*. 1935.

## Locomotive diesel-électrique de 4400 ch pour les chemins de fer roumains.

*La note suivante est extraite d'une notice très détaillée, richement illustrée, rédigée par la S. A. Sulzer Frères, à Winterthur.*  
Réd.

### Généralités.

En automne 1936, la maison *Sulzer Frères*, Société anonyme, à Winterthur, reçut la commande d'une locomotive diesel-électrique destinée au service des trains rapides sur la ligne Bucarest-Brasov. Cette ligne parcourt, sur le tronçon Campina-Brasov, une région très accidentée. Les trains rapides internationaux, ainsi que la plupart des trains de marchandises doivent, en général, être remorqués par 3 ou même 4 locomotives à vapeur. La grande consommation de combustible, ainsi que le nombreux personnel et l'entretien des locomotives influencent très défavorablement les frais d'exploitation. Cette ligne, qui représente la liaison la plus importante entre la Transylvanie et l'Europe occidentale d'une part, et l'Ancienne Roumanie d'autre part, est en outre soumise à un trafic d'une telle importance qu'il est impossible, avec les moyens disponibles actuellement, de le rendre encore plus intense.

C'est pourquoi d'importantes études ont été faites en vue d'augmenter la capacité de circulation des trains tout en diminuant les frais d'exploitation. Les possibilités suivantes ont été envisagées : Doublage de la voie, utilisation d'autres routes, remplacement des locomotives à vapeur existantes par des unités plus puissantes, électrification, traction diesel.

Toutes ces études et les calculs s'y rapportant ont apporté des solutions techniques intéressantes ; toutefois, la solution avec locomotives diesel s'est nettement révélée comme étant économiquement la plus favorable. Il fut donc décidé d'expérimenter sur la ligne Bucarest-Brasov la traction diesel pour la possibilité d'emploi la plus intéressante, à savoir pour le service des trains rapides, et de faire, pour le moment, l'acquisition d'une locomotive diesel d'essai.

### Programme.

Le cahier des charges des C. F. R. prescrit que la locomotive doit remorquer sur la ligne Bucarest-Brasov un train composé de voitures de train direct à quatre essieux d'un poids de remorquage de 600 t. La figure 1 montre le profil en long de ce parcours. La pente moyenne du tronçon Campina-Brasov, long de 49 km, sur le versant sud, est de 13 ‰ ; celle du tronçon Brasov-Prédéal, long de 26 km, sur le versant nord, est de 17,5 ‰. Les courbes sont très nombreuses sur tout le parcours en rampe (les 45 % du trajet Campina-Brasov comportent des courbes). Le parcours Timisul de Sus—Prédéal d'une longueur de 10 km, avec une pente presque constante de 25 ‰, se trouve dans des courbes, dont la plupart ont un rayon de 275 m. Ces courbes ne sont pas compensées ; dans le calcul des efforts de traction, on doit donc ajouter leur résistance aux autres résistances à l'avancement.

Comme charge maximum admissible par essieu, l'Administration des chemins de fer a prescrit 20 t pour cette locomotive.

### Caractéristiques de la locomotive.

La maison *Sulzer Frères* s'est occupée de l'étude de la locomotive et de ses détails, et de la surveillance de son exécution.

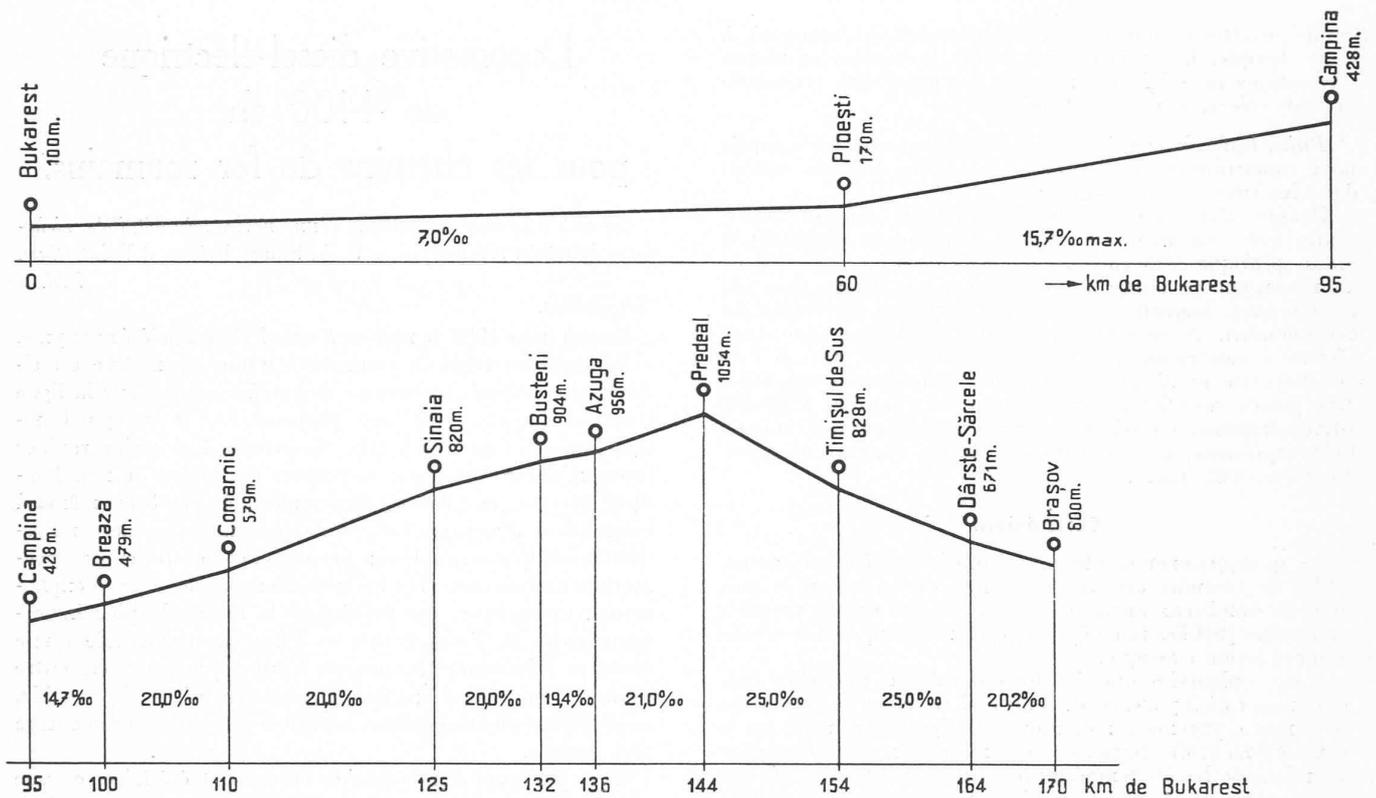


Fig. 1. — Profil en long de la ligne Bucarest-Brasov.

Elle a construit les deux moteurs de 2200 ch, et confia la construction de la partie mécanique à la fabrique de locomotives *Henschel et Sohn*, G.m.b.H., à Cassel, celle de la partie électrique à la Société anonyme *Brown, Boveri et Cie*, à Baden.

La structure et les dimensions principales de la locomotive sont données par la figure 2. La puissance de 4400 ch résultant du programme, et la nécessité de prévoir 8 essieux moteurs pour obtenir l'effort de traction exigé, conduisent à décomposer la locomotive en deux unités. Il s'agissait alors de savoir si ces unités devaient être construites de façon que chacune d'elles puisse être utilisée comme locomotive indépendante. Pour un service exclusivement commun des deux unités, un seul poste de commande sur chacune d'elles et une seule batterie pour le lancement des moteurs Diesel, sont nécessaires. D'importantes réductions de longueur, de poids et de prix sont ainsi possibles, et c'est pourquoi on se décida pour une locomotive double de la désignation  $2D_01+1D_02$ , compo-

sée de deux unités constamment accouplées. Les deux moitiés sont identiques à tout point de vue, pour avoir la possibilité, plus tard, après l'acquisition de nouvelles locomotives du même type, d'échanger à volonté les unités entre elles. La figure 3 montre la locomotive terminée. Les caractéristiques principales de celle-ci sont :

Poids en ordre de marche . . . . .	230 t
Poids à vide . . . . .	218 t
Poids d'adhérence minimum . . . . .	148 t
Charge maximum par essieu moteur . . . . .	19 t
Charge maximum par essieu porteur . . . . .	13 t
Longueur hors tampons . . . . .	29 300 mm
Empattement total . . . . .	26 000 mm
Empattement total d'une unité . . . . .	11 850 mm
Empattement rigide d'une unité . . . . .	5 400 mm
Empattement des bogies . . . . .	2 400 mm
Diamètre des roues motrices . . . . .	1 350 mm
Diamètre des roues porteuses . . . . .	1 000 mm

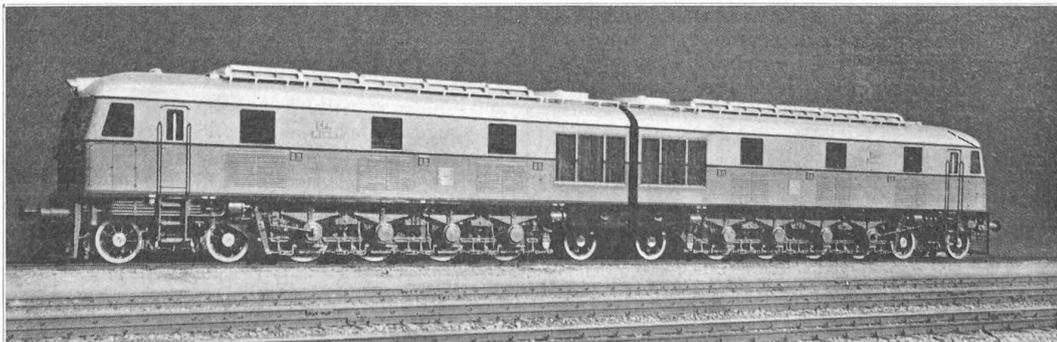


Fig. 3. — Locomotive Sulzer-Diesel, de 4400 ch, des Chemins de fer roumains.

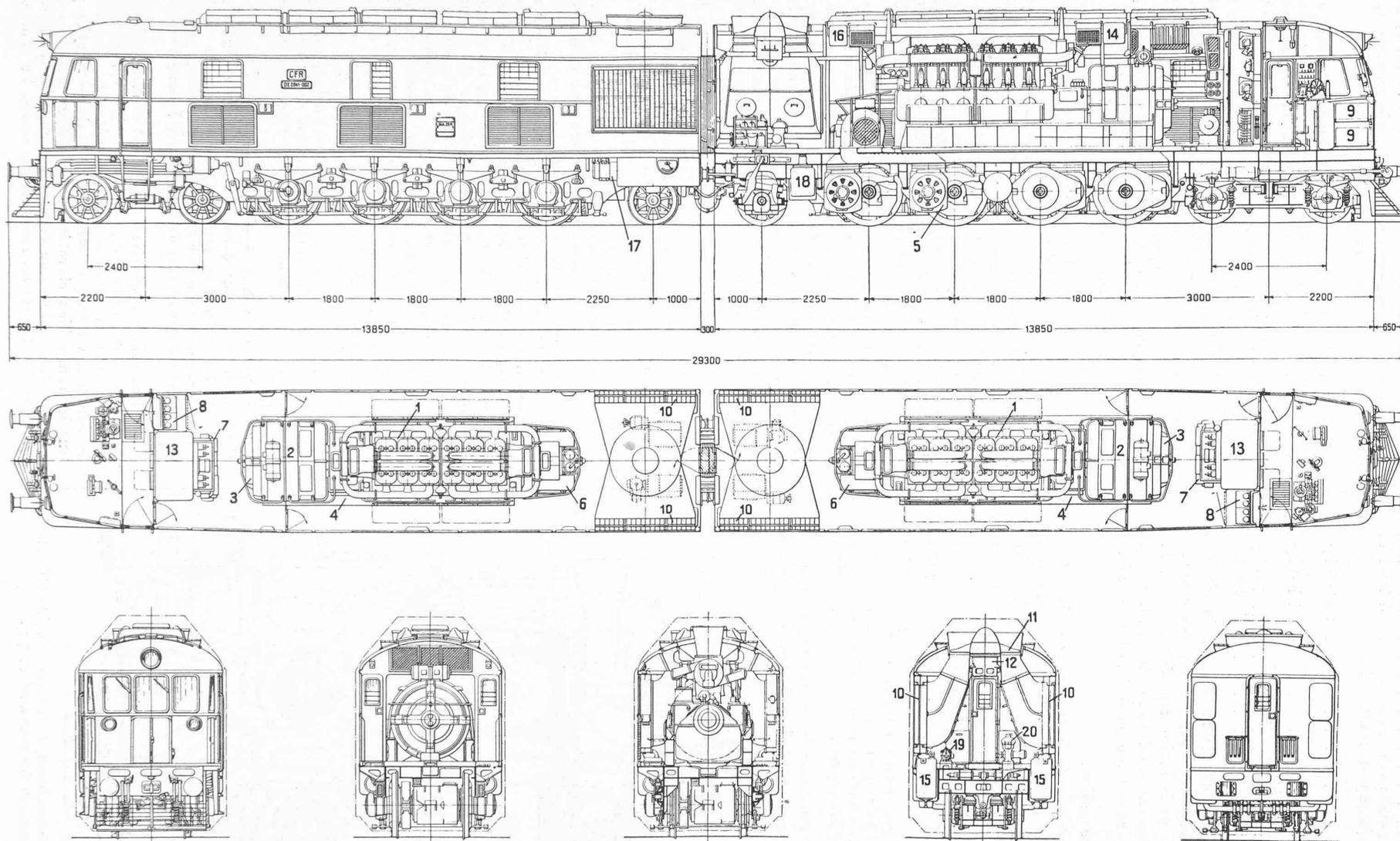


Fig. 2. — Disposition générale de la locomotive *Sulzer-Diesel* de 4400 ch, des Chemins de fer roumains.

Légende : 1 = Moteur Diesel ; 2 = Génératrice principale ; 3 = Génératrice auxiliaire ; 4 = Châssis auxiliaire ; 5 = Moteur de traction ; 6 = Groupe de ventilateurs pour moteurs de traction ; 7 = Compresseur à air pour freins ; 8 = Appareils électriques ; 9 = Batterie de lancement ; 10 = Réfrigérant d'eau et d'huile ; 11 = Ventilateur pour réfrigérant ; 12 = Moteur du ventilateur des réfrigérants ; 13 = Réservoir principal de combustible ; 14 = Réservoir auxiliaire de combustible ; 15 = Réservoir principal d'eau ; 16 = Réservoir auxiliaire d'eau ; 17 = Pompe à eau de refroidissement ; 18 = Réservoir d'huile de graissage ; 19 = Pompe auxiliaire d'huile de graissage ; 20 = Séparateur d'huile de graissage.

Largeur de la caisse . . . . .	3 000 mm
Hauteur maximum au-dessus des rails . . . . .	4 480 mm
Effort de traction à la jante pour toute la locomotive :	
maximum . . . . .	36 000 kg
unihoraire, correspondant à une vitesse de 33,5 km/h . . . . .	24 400 kg
continu, correspondant à une vitesse de 48 km/h . . . . .	17 400 kg
Vitesse maximum . . . . .	100 km/h.

Lors de la construction de la locomotive, tous les efforts ont été faits pour maintenir, dans la mesure du possible, la charge par essieu au-dessous de la limite imposée par les *C. F. R.* Comme on peut le voir sur le tableau ci-dessus, la valeur de cette charge est inférieure d'une tonne à la limite fixée.

#### Moteurs Diesel avec accessoires.

Cette locomotive est équipée de deux moteurs Diesel, type 12LDA31, chacun à 12 cylindres en deux rangées, d'une puissance de 2200 ch, et construits dans les usines de Winterthur de la maison *Sulzer Frères*. Ces moteurs sont à quatre temps, avec injection directe du combustible et suralimentés par le procédé « Büchi ». Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Alésage des cylindres . . . . .	310 mm
Course de piston . . . . .	390 mm
Puissance unihoraire par moteur, pour une vitesse de 700 t/mn du vilebrequin . . . . .	2200 ch
Puissance continue par moteur, pour une vitesse de 620 t/mn du vilebrequin . . . . .	1900 ch

La caractéristique principale de ce moteur, dont la construction ressort de la coupe figure 4, est la disposition des deux

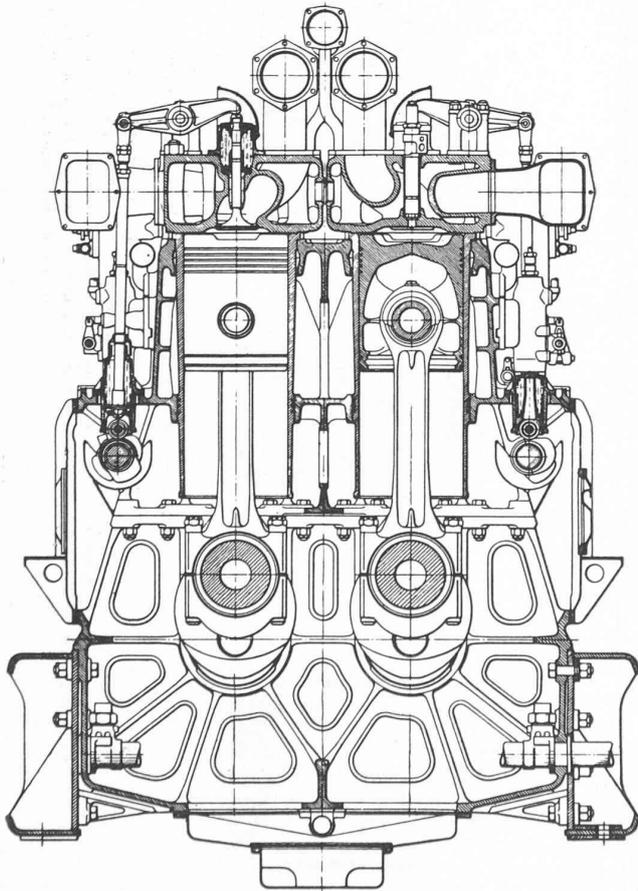


Fig. 4. — Moteur Sulzer-Diesel, de la locomotive de 4400 ch des Chemins de fer roumains (coupe).

vilebrequins dans un carter commun, avec commande de la génératrice par l'intermédiaire d'un train d'engrenages. Cette construction présente les avantages suivants :

Elle permet de développer une très grande puissance dans un seul groupe, de sorte que le nombre des groupes diesel-génératrices s'en trouve diminué. Il s'ensuit une simplification dans l'appareillage de commande et par conséquent une augmentation de la sécurité de marche.

La largeur disponible dans le véhicule peut être mieux utilisée, d'autant plus que la génératrice a à peu près la même largeur que le moteur Diesel à deux rangées de cylindres. La longueur exigée par le groupe est également plus faible que celle de deux groupes indépendants placés l'un à côté de l'autre. La commande de la génératrice par des engrenages permet de surélever l'axe de la génératrice par rapport à celui des vilebrequins. Le moteur Diesel peut ainsi être disposé le plus bas possible dans le châssis de la locomotive, sans que la génératrice pénètre dans le châssis, ce qui assure une surveillance commode des culasses et des organes qui y sont logés.

Le carter des vilebrequins du moteur Diesel, en acier coulé est, pour les deux rangées de cylindres, d'une seule pièce et porte, dans son prolongement, les paliers des engrenages primaires. Comme pour les moteurs de traction à une rangée de cylindres, le carter de vilebrequin du moteur à double rangée a aussi l'axe des vilebrequins bien au-dessous de sa surface supérieure. Un tirant en forme U enserre chaque palier de vilebrequin et transmet, par une liaison avec le bloc approprié, les efforts de la pression de combustion directement aux paliers. Les chapeaux de palier de vilebrequin sont maintenus par des clavettes accotées au tirant. L'amenée d'huile aux paliers des vilebrequins est assurée par un forage pratiqué dans les nervures du carter depuis la partie inférieure, ce qui diminue beaucoup le danger d'interruption d'amenée d'huile par suite de rupture de conduite. Le carter des vilebrequins repose sur un châssis auxiliaire commun au moteur Diesel et à la génératrice, et composé de deux longerons soudés indépendants.

Le bloc-cylindres est également en acier coulé. Il est en deux pièces réunies en une seule par soudure, chacune d'elles comprenant 6 cylindres. Chaque cylindre est pourvu d'une chemise séparée et interchangeable en fonte spéciale qui est maintenue et serrée sur le bloc par la culasse. Les chemises de cylindre sont refroidies à l'eau.

La culasse en fonte spéciale également distincte et amovible pour chaque cylindre comprend une soupape d'admission, une d'échappement et une d'injection.

Chaque vilebrequin en acier *S. M.* repose sur 7 paliers à glissement et est accouplé rigidement à l'engrenage primaire. Les engrenages exécutés d'après le procédé *Maag* sont trempés et rectifiés. Sur le bout du vilebrequin opposé à l'accouplement se trouve un amortisseur dynamique de vibrations qui, d'après les mesures réalisées, neutralise toutes les zones de résonance comprises entre les vitesses minimum et maximum, de sorte que ces zones peuvent être franchies un nombre quelconque de fois sans fatigues excessives du vilebrequin. Le vilebrequin est percé d'un certain nombre d'orifices qui amènent l'huile à chaque maneton.

Les bielles en acier au chrome-nickel ont une section en forme de *H*. Les deux moitiés des têtes de bielle se composent de coussinets interchangeables à garniture antifriction. Une fureur axiale amène l'huile de graissage au coussinet de pied de bielle.

Les pistons en métal léger sont pourvus de 5 segments d'étanchéité et de deux raclers d'huile. L'axe creux en acier de cémentation spécial est fixé cylindriquement dans le piston et maintenu par une clavette bloquée. Dans le pied de bielle, l'axe est ajusté dans un coussinet en bronze d'une seule pièce.

Les deux arbres de distribution reposent sur 7 coussinets en bronze en deux pièces assujettis au bloc des cylindres, derrière les couvercles pouvant être enlevés pour l'inspection des paliers du vilebrequin, etc. Les arbres de distribution portent les cames bien clavetées des soupapes d'admission et d'échappement, ainsi que celles des pompes à combustible contrepercées d'après les résultats des essais. La commande

de l'arbre de distribution et du régulateur est assurée par l'engrenage secondaire. Les pompes à combustible individuelles sont disposées à proximité immédiate des cylindres correspondants, de sorte que les conduites de combustible ont exactement la même longueur, ce qui facilite grandement le réglage des pressions maxima égales pour tous les cylindres. En cas de rupture de la conduite d'amenée de combustible à l'un des cylindres, la pompe à combustible correspondante peut être mise hors service, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter le moteur Diesel.

La tringlerie de réglage du combustible est liée rigidement en un système pour chaque groupe de 6 cylindres alimentés par le même groupe de suralimentation. Ce système est influencé d'un côté par le régulateur agissant par l'intermédiaire d'un organe élastique, et de l'autre par une butée solidaire d'un dispositif commandé par la pression de suralimentation. Aussi longtemps que la pression de suralimentation ne tombe pas au-dessous de la limite inférieure admissible pour la charge momentanée, le dispositif protecteur de suralimentation relâche la butée, ce qui fait que la vitesse réglée par la tension du ressort du régulateur, est maintenue constante par le régulateur agissant sur le dispositif de réglage du combustible. Si, par suite de quelques perturbations, la pression de suralimentation baisse, le susdit dispositif, qui en dépend, entraîne une réduction de la quantité de combustible injectée dans le groupe de cylindres alimentés par le groupe de suralimentation correspondant. L'organe élastique entre le régulateur et la tringlerie de réglage du combustible se détend, de sorte que le régulateur n'agit plus que sur les pompes à combustible du groupe de cylindres qui n'est pas influencé par ce dispositif protecteur de suralimentation, ou si les deux dispositifs protecteurs de suralimentation entrent en fonction, le régulateur ne maintient plus constante que la charge du moteur diesel, à la valeur correspondant à la quantité de combustible limitée par le dispositif de protection de suralimentation, et cela à l'aide du régulateur à rhéostat dans le circuit de champ de la génératrice principale.

À l'aide d'un dispositif à commande électrique, la vitesse peut être réglée selon divers régimes. Les masses centrifuges du régulateur agissent sur le dispositif de réglage du combustible par l'entremise d'un servo-moteur à pression d'huile. Lorsque la pression d'huile vient à manquer la tige de réglage de combustible est ramenée à la position 0 par un ressort. La tringlerie du régulateur est encore reliée à deux pistons actionnés pneumatiquement, dont l'un sert à la réduction du débit du combustible injecté lors du lancement et l'autre à l'arrêt. Ce dernier est conçu de telle sorte qu'en présence d'air comprimé, il relâche complètement la tringlerie de réglage, mais que lorsque l'air comprimé fait défaut, il arrête le moteur. Cette précaution est surtout rendue nécessaire par les dispositifs de sécurité, afin qu'en cas de danger, ils ne deviennent pas inefficaces par suite de manque d'air comprimé.

Chacun des moteurs Diesel est alimenté en air comburant par deux groupes de suralimentation BBC. Ces deux groupes sont disposés sur des supports spéciaux au-dessus des engrenages et, respectivement, du côté de l'amortisseur de vibration ; ils alimentent en air comburant les 3 cylindres attenants de chacune des deux rangées. La turbine à gaz d'échappement de chaque groupe est alimentée par les mêmes cylindres.

Les roues mobiles de la soufflante et de la turbine sont fixées sur le même arbre. Ce dernier repose aux deux extrémités sur des paliers à roulement. L'un de ces paliers peut se déplacer axialement pour empêcher les tensions dues à la dilatation. Le graissage de ces paliers est assuré par une pompe hélicoïdale actionnée directement par le bout d'arbre du côté de la soufflante. Cette pompe est installée dans un réservoir à huile de dimensions amplement suffisantes, fixé à la tubulure d'aspiration de la soufflante et qui est pourvu d'un thermomètre, afin de faciliter le contrôle de la température de l'huile.

Afin d'en diminuer le poids, le corps et la tubulure d'aspiration de la soufflante sont en métal léger. Avant la tubulure

d'aspiration se trouve une boîte d'aspiration fixée au toit de la locomotive et reliée à la tubulure par un soufflet en cuir. La boîte d'aspiration est pourvue de filtres amplement dimensionnés, afin d'atteindre des vitesses d'aspiration aussi faibles que possible. On obtient ainsi non seulement une bonne épuration, mais aussi une diminution sensible du bruit produit par l'aspiration.

Le corps de la turbine est en fonte spéciale et refroidi à l'eau. L'eau de réfrigération nécessaire est prélevée dans l'enveloppe de refroidissement du bloc-cylindres ; elle arrive, après avoir traversé le corps de la turbine, dans la même conduite collectrice qui évacue aussi l'eau chaude des culasses du moteur ; le système de refroidissement de la turbine est ainsi dérivé de celui du moteur Diesel. Après avoir traversé la turbine, les gaz d'échappement parviennent à la tubulure de sortie, d'où ils s'échappent librement par une courte cheminée.

Quant au mode de fonctionnement des groupes de suralimentation, il y a lieu de remarquer que la soufflante ne fournit pas seulement l'air nécessaire à la combustion dans le cylindre, mais encore un contingent supplémentaire servant au balayage du cylindre après achèvement de la course d'échappement. Dans ce but, les temps d'ouverture des soupapes d'admission et d'échappement chevauchent l'un sur l'autre, de sorte que pendant un certain temps, les deux soupapes sont ouvertes et que l'air de la conduite de suralimentation peut pénétrer dans la conduite d'échappement en passant par les soupapes de la culasse. On obtient ainsi un refroidissement efficace des soupapes et des pistons, ainsi qu'un abaissement de la température des gaz d'échappement.

#### Équipement électrique.

##### *Disposition et caractéristiques constructives.*

La génératrice principale, qui alimente les 4 moteurs de traction d'une moitié de la locomotive, est accouplée rigidement à l'engrenage. Les tôles du rotor sont montées directement sur un corps creux en acier moulé formant arbre. De cette façon, on obtient non seulement une économie de poids, mais aussi une grande rigidité de l'ensemble de l'arbre, très utile en raison des oscillations critiques. Le rotor de la génératrice auxiliaire est monté coniquement sur le corps du rotor de la génératrice principale. Une longueur très réduite de la génératrice a pu être obtenue en plaçant le collecteur de la génératrice principale du côté de l'accouplement, de sorte que l'induit de la génératrice auxiliaire a pu être poussé assez loin sous les têtes d'enroulement du rotor de la génératrice principale. Un ventilateur fixé au corps du rotor, près de l'accouplement, aspire l'air à travers les génératrices auxiliaire et principale et l'expulse au dehors, par une gaine sous le plancher de circulation de la locomotive. Outre l'économie de place, cette disposition du ventilateur a encore le grand avantage de faire aspirer et évacuer la poussière de charbon du collecteur et, grâce à la force du courant d'air, de rendre plus difficile, en cas de crachement périphérique, le saut de l'arc sur le bobinage. Le rotor de la génératrice repose, du côté de la génératrice auxiliaire sur un roulement à rouleaux, et du côté de l'accouplement, sur le palier de l'engrenage secondaire. Sur le bouclier à palier de la génératrice se trouve fixée une pompe à refoulement du combustible actionnée par l'arbre de la génératrice, ainsi qu'une dynamo de tachymètre.

Les moteurs de traction sont suspendus rigidement au châssis de la locomotive et entraînent les roues motrices par des engrenages, un arbre creux monté dans le carter des moteurs de traction et des accouplements bilatéraux à cuvette de ressort. Les couronnes dentées en acier au nickel-chrome, montées sur le corps de l'arbre creux en acier moulé, sont interchangeables. La ventilation des moteurs de traction est assurée par un groupe ventilateur installé dans le compartiment des machines.