

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif - Revue
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1949-2003
Collation	167 vol.
Nombre de volumes	167
Cote	INDNAT
Sujet(s)	Industrie
Note	Numérisation effectuée grâce au prêt de la collection complète accordé par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (S.E.I.N.)
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039224155
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT
LISTE DES VOLUMES	
	1949, n° 1 (janv.-mars)
	1949, n° 2 (avril-juin)
	1949, n° 3 (juil.-sept.)
	1949, n° 4 (oct.-déc.)
	1949, n° 4 bis
	1950, n° 1 (janv.-mars)
	1950, n° 2 (avril-juin)
	1950, n° 3 (juil.-sept.)
	1950, n° 4 bis
	1951, n° 1 (janv.-mars)
	1951, n° 2 (avril-juin)
	1951, n° 3 (juil.-sept.)
	1951, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° 1 (janv.-mars)
	1952, n° 2 (avril-juin)
	1952, n° 3 (juil.-sept.)
	1952, n° 4 (oct.-déc.)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1952, n° spécial
	1953, n° 1 (janv.-mars)
	1953, n° 2 (avril-juin)
	1953, n° 3 (juil.-sept.)
	1953, n° 4 (oct.-déc.)
	1953, n° spécial
	1954, n° 1 (janv.-mars)
	1954, n° 2 (avril-juin)
	1954, n° 3 (juil.-sept.)
	1954, n° 4 (oct.-déc.)
	1955, n° 1 (janv.-mars)

	1955, n° 2 (avril-juin)
	1955, n° 3 (juil.-sept.)
	1955, n° 4 (oct.-déc.)
	1956, n° 1 (janv.-mars)
	1956, n° 2 (avril-juin)
	1956, n° 3 (juil.-sept.)
	1956, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° 2 (avril-juin)
	1957, n° 3 (juil.-sept.)
	1957, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° spécial (1956-1957)
	1958, n° 1 (janv.-mars)
	1958, n° 2 (avril-juin)
	1958 n° 3 (juil.-sept.)
	1958, n° 4 (oct.-déc.)
	1959, n° 1 (janv.-mars)
	1959, n° 2 (avril-juin)
	1959 n° 3 (juil.-sept.)
	1959, n° 4 (oct.-déc.)
	1960, n° 1 (janv.-mars)
	1960, n° 2 (avril-juin)
	1960, n° 3 (juil.-sept.)
	1960, n° 4 (oct.-déc.)
	1961, n° 1 (janv.-mars)
	1961, n° 2 (avril-juin)
	1961, n° 3 (juil.-sept.)
	1961, n° 4 (oct.-déc.)
	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
	1964, n° 3 (juil.-sept.)
	1964, n° 4 (oct.-déc.)
	1965, n° 1 (janv.-mars)
	1965, n° 2 (avril-juin)
	1965, n° 3 (juil.-sept.)
	1965, n° 4 (oct.-déc.)
	1966, n° 1 (janv.-mars)
	1966, n° 2 (avril-juin)
	1966, n° 3 (juil.-sept.)
	1966, n° 4 (oct.-déc.)
	1967, n° 1 (janv.-mars)
	1967, n° 2 (avril-juin)
	1967, n° 3 (juil.-sept)

	1967, n° 4 (oct.-déc.)
	1968, n° 1
	1968, n° 2
	1968, n° 3
	1968, n° 4
	1969, n° 1 (janv.-mars)
	1969, n° 2
	1969, n° 3
	1969, n° 4
	1970, n° 1
	1970, n° 2
	1970, n° 3
	1970, n° 4
	1971, n° 1
	1971, n° 2
	1971, n° 4
	1972, n° 1
	1972, n° 2
	1972, n° 3
	1972, n° 4
	1973, n° 1
	1973, n° 2
	1973, n° 3
	1973, n° 4
	1974, n° 1
	1974, n° 2
	1974, n° 3
	1974, n° 4
	1975, n° 1
	1975, n° 2
	1975, n° 3
	1975, n° 4
	1976, n° 1
	1976, n° 2
	1976, n° 3
	1976, n° 4
	1977, n° 1
	1977, n° 2
	1977, n° 3
	1977, n° 4
	1978, n° 1
	1978, n° 2
	1978, n° 3
	1978, n° 4
	1979, n° 1
	1979, n° 2
	1979, n° 3
	1979, n° 4
	1980, n° 1
	1982, n° spécial

	1983, n° 1
	1983, n° 3-4
	1983, n° 3-4
	1984, n° 1 (1er semestre)
	1984, n° 2
	1985, n° 1
	1985, n° 2
	1986, n° 1
	1986, n° 2
	1987, n° 1
	1987, n° 2
	1988, n° 1
	1988, n° 2
	1989
	1990
	1991
	1992
	1993, n° 1 (1er semestre)
	1993, n° 2 (2eme semestre)
	1994, n° 1 (1er semestre)
	1994, n° 2 (2eme semestre)
	1995, n° 1 (1er semestre)
	1995, n° 2 (2eme semestre)
	1996, n° 1 (1er semestre)
	1997, n° 1 (1er semestre)
	1997, n°2 (2e semestre) + 1998, n°1 (1er semestre)
	1998, n° 4 (4e trimestre)
	1999, n° 2 (2e trimestre)
	1999, n° 3 (3e trimestre)
	1999, n° 4 (4e trimestre)
	2000, n° 1 (1er trimestre)
	2000, n° 2 (2e trimestre)
	2000, n° 3 (3e trimestre)
	2000, n° 4 (4e trimestre)
	2001, n° 1 (1er trimestre)
	2001, n° 2-3 (2e et 3e trimestres)
	2001, n°4 (4e trimestre) et 2002, n°1 (1er trimestre)
	2002, n° 2 (décembre)
	2003 (décembre)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1952, n° spécial
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1952

Collation	1 vol. (XVIII p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	24
Cote	INDNAT (19)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.19

Note d'introduction à [l'Industrie nationale \(1947-2003\)](#)

[L'Industrie nationale](#) prend, de 1947 à 2003, la suite du [Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publié de 1802 à 1943 et que l'on trouve également numérisé sur le CNUM. Cette notice est destinée à donner un éclairage sur sa création et son évolution ; pour la présentation générale de la Société d'encouragement, on se reportera à la [notice publiée en 2012 : « Pour en savoir plus »](#)

[Une publication indispensable pour une société savante](#)

La Société, aux lendemains du conflit, fait paraître dans un premier temps, en 1948, des [Comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publication trimestrielle de petit format résumant ses activités durant l'année sociale 1947-1948. À partir du premier trimestre 1949, elle lance une publication plus complète sous le titre de [L'Industrie nationale. Mémoires et comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#).

Cette publication est différente de l'ancien [Bulletin](#) par son format, sa disposition et sa périodicité, trimestrielle là où ce dernier était publié en cahiers mensuels (sauf dans ses dernières années). Elle est surtout moins diversifiée, se limitant à des textes de conférences et à des rapports plus ou moins développés sur les remises de récompenses de la Société.

[Une publication qui reflète les ambitions comme les aléas de la Société d'encouragement](#)

À partir de sa création et jusqu'au début des années 1980, [L'Industrie nationale](#) ambitionne d'être une revue de référence abordant, dans une sélection des conférences qu'elle organise — entre 8 et 10 publiées annuellement —, des thèmes extrêmement divers, allant de la mécanique à la biologie et aux questions commerciales, en passant par la chimie, les différents domaines de la physique ou l'agriculture, mettant l'accent sur de grandes avancées ou de grandes réalisations. Elle bénéficie d'ailleurs entre 1954 et 1966 d'une subvention du CNRS qui témoigne de son importance.

À partir du début des années 1980, pour diverses raisons associées, problèmes financiers, perte de son rayonnement, fin des conférences, remise en question du modèle industriel sur lequel se fondait l'activité de la Société, [L'Industrie nationale](#) devient un organe de communication interne, rendant compte des réunions, publiant les rapports sur les récompenses ainsi que quelques articles à caractère rétrospectif ou historique.

La publication disparaît logiquement en 2003 pour être remplacée par un site Internet de même nom, complété par la suite par une lettre d'information.

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

Daniel Blouin, Gérard Emptoz, [« 220 ans de la Société d'encouragement »](#), Histoire et Innovation, le carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement, en ligne le 25 octobre 2023.

Gérard EMPTOZ, [« Les parcours des présidents de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale des années 1920 à nos jours. Deuxième partie : de la Libération à nos jours »](#), Histoire et Innovation, carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en ligne le 26 octobre 2024.

S. E. I. N.
Bibliothèque

S. E.

L'INDUSTRIE NATIONALE



COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES
DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NUMÉRO SPÉCIAL - 1952

LA LOCOMOTIVE TURBO-DIESEL R. N. U. R.

par M. Fernand PICARD,
Directeur des études et recherches de la Régie nationale des Usines Renault.

L'INDUSTRIE NATIONALE

COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

publiés sous la direction de **M. Albert CAQUOT**, Membre de l'Institut, Président,
avec le concours de la Commission des Publications
et du Secrétariat de la Société

NUMÉRO SPÉCIAL - 1952

SOMMAIRE

LA LOCOMOTIVE TURBO-DIESEL R. N. U. R., par M. Fernand PICARD.

44, rue de Rennes, PARIS 6° (LIT 55-61)

Publication trimestrielle

La locomotive TURBO-DIESEL R. N. U. R. [*]

par M. Fernand PICARD,

Directeur des études et recherches de la Régie nationale des Usines Renault.

On a peine à imaginer, en cette moitié du ^{xx}e siècle, les sentiments qui animèrent les contemporains des premiers chemins de fer, il y a un peu plus de 100 ans. L'étonnement et l'enthousiasme le disputaient au scepticisme qu'entraînent toujours en ce pays les entreprises hardies et les réalisations nouvelles. Par un curieux paradoxe, le Français, si intelligent et téméraire dans ses conceptions, se révèle souvent, du fait de son esprit critique, le plus conservateur en matière de construction. Il est maintenant acquis, comme une vérité première, que les idées nées dans ce pays n'y sont finalement adoptées qu'après un stage probatoire sous d'autres climats peut-être moins féconds, mais plus compréhensifs.

En feuilletant les archives de notre Société, qui offrit si souvent depuis sa création une tribune aux réalisations nouvelles, on trouverait maintes illustrations de ces constatations. Tel n'est pas mon propos. Je voudrais simplement ajouter ce soir aux nombreuses communications qui, depuis un siècle, marquèrent ici les progrès de la traction ferroviaire, une page nouvelle en vous décrivant la locomotive Turbo-Diesel construite par la Régie Nationale des Usines Renault et vous montrer comment elle marque une nouvelle étape dans le perfectionnement de cette technique.

La traction ferroviaire a rapidement pris dans les pays civilisés un développement important et elle est devenue une des grandes consommatrices de l'énergie (en France, 12 p. 100 de la consommation totale). L'amélioration du rendement des engins moteurs, locomotives, locotracteurs ou autorails, pose depuis le début de ce siècle des problèmes lancinants aux ingénieurs des compagnies comme aux constructeurs des machines, tant au point de vue de la quantité que de la qua-

lité des combustibles utilisés, l'idéal étant de consommer le minimum du combustible de la plus basse qualité, et même d'utiliser chaque fois que cela est possible l'énergie que les autres utilisateurs ne peuvent employer. M. Louis Armand, Directeur Général de la S. N. C. F., a montré récemment, dans un de ses brillants exposés ⁽¹⁾ [**], comment l'entreprise dont il a la charge comprend cet impératif. On conçoit d'ailleurs que ces problèmes se posent dans chaque pays sous des aspects différents, suivant les ressources énergétiques nationales et les possibilités d'importation.

— Aux États-Unis, pays riche en pétrole, la traction Diesel, utilisant des distillats lourds, a vu sa part passer en dix ans de 800 machines à près de 14 000, alors que dans le même temps les locomotives à vapeur tombaient de plus de 40 000 à moins de 25 000.

— En Angleterre, pays minier au charbon abondant, c'est surtout l'utilisation de ce combustible qui préoccupe les ingénieurs, et les recherches s'orientent vers les machines à turbine à gaz capables de brûler des charbons, des lignites ou des tourbes, plutôt que vers les machines Diesel qui exigent un combustible importé.

— En France, pays de ressources hydro-électriques de chute et de fil de l'eau, la S. N. C. F. s'est plus volontiers orientée dans son programme de modernisation vers les locomotives utilisant le courant électrique.

Le grand fait de cette dernière décade étant cependant partout l'effacement progressif de la locomotive à vapeur qui fut pendant le premier siècle de la traction sur rail l'engin exclusif.

Tous les modes de transformation de l'énergie ont successivement tenté de prendre place sur le marché ferroviaire. La machine de

* Conférence faite le 13 novembre 1952 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

** V. Références bibliographiques en fin d'article.

Denis Papin en était encore à l'enfance, que Stephenson construisait, en 1814, sa première locomotive. Le Métropolitain de Paris, en 1900, s'engageait résolument dans la voie de la traction électrique, alors que le premier

moteur en courant continu avait 18 ans. Les premières locomotives Diesel puissantes circulaient en 1923, alors que les autorails commençaient à utiliser des moteurs à essence et huile lourde venant de l'automobile.

I. — LES LOCOMOTIVES A TURBINE A GAZ.

La turbine à gaz, dernière venue parmi les engins de transformation de l'énergie, n'a pas attendu d'avoir ailleurs des lettres de noblesse pour risquer l'épreuve du rail. En 1945, Brown-Boveri présentait la première locomotive à turbine à gaz au monde, d'une puissance de 2 200 ch. Successivement, quelques prototypes furent mis en service aux U. S. A., en Suisse, puis en Angleterre, — la dernière en date de ces machines d'expérience étant la locomotive de 3 000 ch. construite par la Metropolitan Vickers Electrical Company Limited, mise en exploitation en mars 1952 sur le réseau Ouest des Chemins de fer britanniques.

Toutes ces machines, six au total, si nos renseignements sont exacts⁽²⁾, sont d'une conception identique. Elles comportent un moteur composé de turbines à gaz alimentées par des chambres de combustion brûlant des distillats pétroliers allant du pétrole lampant

au gas-oil. Ces engins étant en tous points comparables aux turbines d'aviation, une partie importante de l'énergie produite par les turbines sert à entraîner les compresseurs qui alimentent en air comburant les chambres de combustion (fig. 1). L'énergie produite en surplus entraîne la génératrice électrique qui alimente les moteurs de traction montés sur les bogies moteurs. Nous dresserons, à la fin de cet exposé, un parallèle entre notre locomotive et ces machines. Signalons, dès maintenant, que pour des raisons techniques bien connues des spécialistes du moteur thermique, le principal inconvénient de ces machines est leur faible rendement dû à l'impossibilité de trouver actuellement des matériaux (métaux ou réfractaires) capables de résister au contact de gaz à haute température et grande vitesse, 800° constituant pour les plus optimistes une limite que la prudence impose.

II. — LA LOCOMOTIVE A GÉNÉRATEUR DE GAZ A PISTONS LIBRES.

C'est en présence de ces premières constatations qu'en 1949 nous proposâmes de faire bénéficier la traction ferroviaire des avantages que présentait la nouvelle technique de production d'énergie, qu'apportait la combinaison de la turbine à gaz et d'un générateur de gaz chauds à pistons libres développée par le groupe des Sociétés S. E. M. E. (Société d'Études Mécaniques et Énergétiques) et S. I. G. M. A. (Société Industrielle Générale de Mécanique Appliquée), dont nous rappelons brièvement l'histoire et le principe.

Le marquis de Pescara avait fait breveter, en juin 1924, une combinaison de pistons qui permettait de réaliser un ensemble moteur-compresseur plus simple et d'un meilleur rendement que les systèmes existants⁽³⁾. En 1932, il eut l'idée, avec son collaborateur

principal Huber, d'utiliser cet engin comme générateur de gaz chauds pour l'alimentation d'une turbine. Cette idée demandait, pour entrer dans le domaine du réel, de nombreux travaux expérimentaux et la construction de machines nouvelles. Ce fut l'honneur de M. Ernest Mercier, dont on connaît dans ce pays la haute compréhension des problèmes techniques de ce temps et le courage industriel, d'accueillir cette idée révolutionnaire avec bienveillance et de fournir aux inventeurs les moyens matériels pour mener à bien leurs travaux. Avec l'aide de quelques hauts fonctionnaires dont M. Bellier, Directeur des Industries Mécaniques et Électriques, sous la direction de M. Coste, la première machine fut achevée et prête à fonctionner fin 1950.

En quoi consiste-t-elle? (fig. 2).

Le cycle thermodynamique du générateur

de gaz à pistons libres occupe une position intermédiaire entre le moteur Diesel et la turbine à gaz (*). L'énergie nécessaire à la compression de l'air admis pour le balayage et l'alimentation du cylindre est produite par le générateur lui-même qui utilise à cette fin la détente des gaz dans le cylindre moteur, suivant le diagramme 10. Les gaz d'échappement du cylindre moteur, dont la température est voisine de 500° et la pression de 3 kg/cm² pour la pleine charge, sont envoyés dans une turbine à gaz où ils achèvent leur détente en produisant l'énergie utilisable. La chute de température de 1 800° à 500° est donc utilisée à la compression de l'air et la chute de 500° à la température d'échappement de la turbine pour l'effet moteur recherché.

Comparé au moteur Diesel, ce cycle se différencie par la forte suralimentation des cylindres-moteurs et par la suppression de l'embellage classique. La suralimentation atteint, à pleine charge, des pressions de 3 à 4 kg/cm². Ce nouveau moteur thermique ne conserve du moteur Diesel que l'organe essentiel, c'est-à-dire la chambre de combustion à pression variable.

Comparé à la turbine à gaz classique, il remplace la chambre de combustion à pression constante par une chambre de combustion à haute température et à pression variable, dont une partie importante de l'énergie est utilisée avant l'entrée des gaz à la turbine, de telle façon que les aubes de cette turbine travaillent dans des conditions beaucoup moins sévères du fait notamment de la température modérée du fluide moteur, ce qui rend sa construction aisée.

La souplesse de l'installation, la possibilité d'obtenir un couple très puissant au démarrage, nous permettait de n'envisager entre la turbine et les roues motrices qu'une transmission mécanique très simple et de bon rendement.

L'entreprise était tentante, mais lourde. Les encouragements de la S. N. C. F., notre plus gros client de matériel ferroviaire, nous étaient prodigués par la voix même de son Directeur Général M. Armand, qu'aucun progrès technique ne laisse jamais indifférent, mais ils restaient platoniques, car il n'était pas question de nous couvrir d'une commande, même conditionnelle.

Notre Président-Directeur Général M. Le-

fauchaux, pensant que le rôle d'une grande industrie comme la nôtre n'est pas de vivre au jour le jour en perfectionnant seulement les techniques connues, mais aussi, par un effort incessant de renouvellement, de chercher des voies nouvelles au progrès, n'hésita pas et, comme M. Ernest Mercier l'avait fait en 1932 pour le générateur, prit la décision de construire cette machine bien que de telles études et surtout de telles réalisations coûtassent fort cher. Cette décision, prise au printemps de 1950, en même temps que celle de construire l'Usine de Flins, marquait par une curieuse coïncidence que la Régie Nationale des Usines Renault, parallèlement à son effort d'équipement industriel, poursuivait sa mission de progrès technique dans la conception du matériel.

Dès lors, nous allions nous efforcer de réaliser au plus vite la machine expérimentale. Au cours de nombreuses conférences techniques, qui rassemblaient les techniciens de la SIGMA et de la société Rateau et ceux de la Régie, les grandes lignes de la machine furent précisées (5). Je tiens à les remercier tout particulièrement pour cette amicale collaboration dont nous avons gardé le meilleur souvenir.

Chemin faisant, nous apprenions que le constructeur américain de locomotives Diesel universellement connu, Baldwin Lima-Hamilton associé, à la Westinghouse Electric Corporation pour la turbine, tentait la même expérience que nous, mais avec une transmission électrique.

L'année 1950 fut ainsi une année d'études et de projets. En avril 1951, l'installation motrice fonctionnant dans les services expérimentaux de Billancourt nous permettait d'effectuer de fort intéressantes mesures confirmant nos calculs et affermissant la pensée que nous étions sur la bonne voie.

Le 19 mars 1952, la locomotive 040-GA.1 (fig. 3) sortait pour la première fois de notre usine de Choisy-le-Roi pour affronter l'épreuve du rail.

L'épreuve fut si encourageante que, dès le 9 juillet 1952, M. Lefauchaux, au cours d'une sortie Montparnasse-Versailles, la présentait aux principaux responsables de la technique de la S. N. C. F. A l'issue de ce voyage, M. Armand tenait à remercier notre Président d'avoir, non seulement réalisé la première locomotive française à turbine à

gaz, mais d'avoir permis à notre pays de prendre place dans cette technique nouvelle avec la première machine au monde utilisant, comme source d'énergie, un générateur de gaz à pistons libres associé à une turbine à gaz.

Depuis, la machine à subi, en septembre 1952, au banc d'essai de Vitry, un essai très

complet dont je vous donnerai quelques résultats à la fin de cet exposé.

Elle assurera bientôt sur une ligne de la S. N. C. F. un service régulier qui permettra d'apprécier ses possibilités en exploitation et de lui apporter les différentes mises au point que seul l'usage journalier permet de mener à bien.

III. — DESCRIPTION.

a) Description de la machine. Formes générales (fig. 4).

La locomotive Turbo-Diesel 1 000 ch R. N. U. R. modèle R. 5070 est du type BB à 2 bogies, dont les 4 essieux sont moteurs et tous couplés.

La carrosserie entièrement métallique est portée par un châssis en tôle soudée. Les postes de conduite placés aux extrémités comportent un nombre très réduit d'organes de commande. Partant de l'un d'eux (22) se trouvent successivement une chambre des auxiliaires, une salle des machines contenant le générateur de gaz à pistons libres (1) relié à la turbine (5) par un réservoir (2) servant à régulariser le débit et une canalisation (3) suivie d'un by-pass (4). Nous rencontrons ensuite une chambre réservée aux accumulateurs (21) et aux réservoirs d'air comprimé (19) et le second poste de conduite (22).

L'air passant au travers des radiateurs latéraux (12) à éléments séparés est aspiré par le ventilateur (13) placé sur le toit de la chambre des auxiliaires. Les filtres (16) pour l'air d'alimentation du générateur sont montés sous le pavillon de la salle des machines et les échappements de la turbine (17) et du by-pass (18) sont également disposés sur le toit de la locomotive.

Tout le long de la caisse sont répartis les réservoirs d'eau, d'huile et de combustible.

Sous le générateur, fixé au châssis, se trouve le bloc mécanisme central (7) de changement de marche et de régime.

Chaque bogie est constitué par un cadre en tôle soudée, le châssis reposant sur une plaque centrale du bogie et 2 supports latéraux par bogie qui ont pour but d'amortir, par leur frottement, les mouvements de lacet. La suspension est double (ressorts à lames et hélicoïdaux).

Le freinage est commandé par air com-

primé. Pour le maintien à l'arrêt, un frein à main actionné de chaque poste de conduite agit sur les 2 essieux du bogie adjacent.

Caractéristiques principales.

Longueur totale, hors tout	16,180 m.
Largeur totale	2,720 m.
Hauteur totale à vide	4,220 m.
Entr'axe des bogies	9,000 m.
Entr'axe d'un bogie	2,600 m.
Diamètre des roues (au roulement)	0,900 m.
Voie normale	1,445 m.
Poids en ordre de marche	58 t. environ
2 régimes de vitesse maxi (12 000 t/mn turbine) 71 km/h ou 125 km/h, 2 postes de conduite.	

b) L'installation motrice.

Le groupe moteur comporte :

1 générateur de gaz à pistons libres SIGMA, type GS.34 et une turbine Rateau de 1 000 ch avec réducteur.

L'air pénètre dans le générateur de gaz après avoir traversé les filtres à plaques (12) et deux tuyauteries formant silencieux à l'aspiration. Les gaz chauds sortant du générateur, après avoir traversé un réservoir formant régulateur de débit (2) sont amenés à la turbine par une canalisation à éléments métalliques déformables (3) et une vanne by-pass (4) qui règle leur admission. Tous ces éléments sont soigneusement calorifugés. Après détente dans la turbine (5) l'évacuation à l'atmosphère se fait par un échappement à chicanes (17).

1° Le générateur à pistons libres (fig. 5).

— Étudié et construit par les Établissements SIGMA, le générateur GS.34, du même type que ceux de la Centrale E. D. F. de Reims, peut fournir sans surcharge une puissance en gaz chauds de 1 200 ch. Son fonctionnement

est identique à celui décrit précédemment (6). Le refroidissement par circulation d'eau est assuré pratiquement sur toute la longueur du cylindre moteur. Quant au refroidissement des pistons moteurs, il est réalisé par circulation d'huile, celle-ci se faisant par les canalisations (9) et (10). 6 injecteurs, situés à la périphérie d'un anneau en acier placé verticalement au centre du cylindre moteur, y introduisent le combustible. Un démarreur à air comprimé (12) auquel est adjoind un réservoir de 50 l assure la mise en route et un stabilisateur (13) permet le réglage de la pression dans les cylindres matelas suivant les régimes.

Caractéristiques.

Cylindre moteur, alésage. . .	340 mm.
Cylindre compresseur, alésage.	900 mm.
Course utile à pleine charge . .	450 mm.
Nombre de battements. . . .	600/mn.
Pression des gaz à pleine charge.	3,5 kg/cm ² eff.

Les mesures effectuées au banc ont fourni la puissance pouvant être obtenue par la détente adiabatique des gaz chauds sortant du générateur. On l'obtient en faisant le produit de la chute adiabatique en ch.h/kg par le débit de gaz kg/h. La puissance disponible sur l'arbre de la turbine est égale au produit de la puissance dans les gaz chauds par le rendement de la turbine.

Avec une course effective de 415 mm, une vitesse moyenne des pistons de 8,3 m/s et une pression de 60 kg/cm² en fin de compression, on obtient un débit de 3,56 kg/s de gaz chauds à 475° C, ce qui correspond à une puissance de 1 200 ch en gaz.

2° *La turbine à gaz* (fig. 6). — L'adaptation d'un générateur à pistons libres et d'une turbine à gaz sur une locomotive à transmission purement mécanique a posé au constructeur de la turbine, la Société Rateau, un problème relativement nouveau. Dans toutes les applications précédentes des turbines, qu'elles soient à vapeur ou à gaz, le problème était toujours de rechercher le rendement optimum pour une vitesse déterminée (vitesse de l'alternateur pour la production d'énergie électrique, vitesse de croisière dans les applications marines). La valeur du couple à vitesse nulle ne présentait pas d'intérêt.

Dans notre cas, le problème est très différent. La turbine, mécaniquement reliée aux essieux de la locomotive, est utilisée dans toute sa gamme de vitesses et dans toute sa gamme de charges, un peu à la manière d'un moteur à combustion, mais avec une vitesse pouvant devenir nulle. La courbe du couple maximum en fonction de la vitesse prend une importance capitale. En première approximation, un fabricant de turbine considère habituellement que le couple au démarrage est le double du couple à vitesse optimum, la courbe du couple étant la droite joignant ces deux points.

Comme nous voulions nous passer d'un changement de vitesses, le couple devait être le plus élevé possible au démarrage. Le constructeur a donc conçu la turbine en fonction de cette donnée impérative pour le succès de notre transmission. Le fractionnement de la détente en un plus grand nombre d'étages a été nécessaire, c'est ainsi que la turbine adoptée possède un rotor à 6 roues au lieu de 3 dans les applications des générateurs à pistons libres aux centrales électriques (fig. 7).

La vitesse maximum possible est de 12 320 t/mn, ce qui correspond à 145 p. 100 de la vitesse correspondant à la puissance maximum.

La turbine est suivie d'un réducteur à engrenages de rapport de démultiplication 6,25 logé dans le même carter.

c) La transmission du mouvement (fig. 4).

La transmission du mouvement entre le bloc turbine réducteur et les essieux est entièrement mécanique. Elle est effectuée par des arbres à cardans et un bloc mécanisme central ayant un triple but : apporter une nouvelle réduction de vitesse après le réducteur de la turbine, assurer le changement de marche et le changement de régime.

Le mouvement est transmis par un arbre tubulaire à cardans (6) de la turbine au bloc mécanisme central (7). A l'entrée de celui-ci, un changement de marche à pignons cylindriques est commandé à distance par air comprimé. 2 pignons sont montés sur l'arbre secondaire et engrenent chacun avec une couronne folle sur l'arbre de sortie. Sur ce dernier, le déplacement à commande pneumatique d'un crabot mobile permet le changement de démultiplication à l'arrêt. On obtient ainsi, suivant l'utilisation envisagée

pour la machine, 2 gammes possibles de vitesses dont les maxima sont 71 km/h et 125 km/h.

A chaque extrémité de l'arbre de sortie est placé un arbre à cardans qui entraîne lui-même un autre (8) relié à l'arbre d'entrée de l'essieu intérieur du bogie. Chacun des essieux moteurs porte une double démultiplication par pignons d'angle et pignons droits (10) dont la dernière couronne est calée directement sur l'essieu. Sur chaque bogie les arbres d'entrée des 2 ponts moteurs (10) sont couplés par un arbre à cardans (11).

Comme de chaque côté du mécanisme central (7) les longueurs des arbres sont identiques, les déformations de torsion sont également réparties.

Du côté turbine, l'arbre d'entrée du mécanisme central est muni d'un frein destiné à immobiliser la turbine lorsque la liaison mécanique avec les essieux est supprimée pendant les changements de marche ou de régime.

d) Les commandes.

La manœuvre de la locomotive se fait très simplement. Dans le poste de conduite (fig. 8), le conducteur dispose d'une manette qui agit sur un détendeur qui envoie de l'air comprimé dont la pression est réglable dans les servomoteurs de manœuvre du générateur et du by-pass de la turbine.

L'augmentation progressive de la pression entraîne successivement la mise en action du générateur au ralenti, son accélération, puis la marche à puissance croissante.

Pendant que le générateur travaille à son débit minimum, le by-pass augmente progressivement le débit gazeux fourni à la turbine et ferme la communication avec l'atmosphère (fig. 9). Lorsque celle-ci est complètement supprimée, le servo de manœuvre du générateur intervient, agissant sur l'injection de combustible. La machine démarre dès que le couple est suffisant. Lorsque, sans arrêter le générateur, la charge doit descendre au tiers de la charge maximum, il faut évacuer tout ou partie des gaz chauds sortant au générateur. Le by-pass assume cette fonction au moyen d'une vanne à double siège qui ferme progressivement l'admission à la tur-

bine en augmentant simultanément la communication avec l'atmosphère.

Ces diverses manœuvres permettent, en cours de fonctionnement de la locomotive, de s'adapter aux différentes charges sans introduire d'à-coups. L'arrêt est obtenu progressivement par la manœuvre inverse de la mise en route.

2 manettes commandent le changement de marche et celui de régime. Lors du changement de marche, un verrouillage entraîne le serrage du frein de mécanisme. D'autres verrouillages interviennent pour mettre le changement de marche au point mort, pour changer de régime, permettre de virer le mécanisme à la main et empêcher le passage en marche AV ou AR lorsque le changement de régime n'est pas enclenché.

e) Les auxiliaires (fig. 4).

Ceux-ci, groupés derrière le poste de conduite, comprennent le ventilateur (13) un compresseur d'air pour le freinage et les servo-commandes, un compresseur d'air pour la charge des bouteilles de lancement du générateur, une génératrice électrique et les pompes de circulation d'eau et d'huile. Ces appareils sont entraînés par un moteur 6 cylindres à allumage par compression (alésage 105 mm, course 120 mm) de puissance 90 ch.

Mentionnons encore un certain nombre d'organes de sécurité et de régulation :

1° Un régulateur coupeur qui réduit l'admission du combustible lorsque la vitesse de la turbine dépasse le maximum fixé. En cas de mauvais fonctionnement, l'admission est complètement arrêtée par un second dispositif de sécurité.

2° Si l'arrivée des gaz étant fermée la locomotive s'emballe dans une descente par suite d'une négligence du conducteur, les freins sont bloqués automatiquement à partir d'une vitesse déterminée de la turbine.

3° Enfin, le générateur est stoppé si la pression d'huile de refroidissement des pistons du générateur, la pression d'eau de refroidissement des chemises ou la pression d'huile de graissage de la turbine deviennent insuffisantes.

IV. — LES ESSAIS.

Les essais d'ensemble ont comporté trois stades distincts, au cours desquels ont été étudiés successivement :

- a) Le groupe moteur sur plateforme.
- b) La locomotive en exploitation simulée sur la voie.
- c) La locomotive au point de vue des performances sur le banc du Centre d'Essai de Vitry de la S. N. C. F.

Si pour le générateur à pistons libres les performances propres : puissance utilisable dans les gaz d'échappement et consommation, rapportée à cette puissance, étaient connues ainsi que dans une certaine mesure les qualités d'endurance, il n'en était pas de même de la turbine étudiée et réalisée spécialement en vue de cette utilisation. Les performances de celle-ci ne pouvaient être mesurées utilement que si elle était alimentée par les gaz du générateur, les caractéristiques de ceux-ci et en particulier le régime pulsatoire de leur débit pouvant réagir sur le rendement.

Il était également du plus grand intérêt d'étudier certaines conditions particulières de fonctionnement telles que : comportement de l'installation au cours des variations brusques de puissance, mesure du couple à vitesse nulle de la turbine, influence des conditions atmosphériques sur les performances.

Enfin l'installation au banc devait nous permettre une mise au point des auxiliaires plus commode que sur la locomotive, ainsi que des commandes et des dispositifs de régulation. L'ensemble a donc été installé sur une plateforme où l'on s'est astreint à respecter au maximum la disposition définitive des différents organes, en particulier la position des filtres à air et la longueur de tuyauterie entre générateur et turbine (fig. 10).

Une première série d'essais fut entreprise en alimentant le générateur avec du gas-oil. Les puissances et les consommations furent mesurées pour différentes valeurs de la vitesse et de la charge (fig. 11). Ces différentes courbes correspondent à 4 réglages de la crémaillère de pompe d'injection. L'allure relativement plate des courbes de puissance est très favorable à l'utilisation en traction et montre la bonne adaptation des aubages de turbine au problème particulier de la marche

à vitesse variable. Les lignes d'équi-consommation, qui figurent sur ce même graphique, montrent, contrairement aux résultats obtenus avec des turbines à gaz classiques, une assez faible variation de la consommation aux charges partielles puisque, à demi-charge, celle-ci n'est que de 11 p. 100 supérieure à celle de la pleine charge.

Ces consommations peuvent paraître, à premier examen, relativement élevées par comparaison avec celles obtenues sur un moteur Diesel, mais il faut remarquer qu'elles concernaient une installation n'ayant qu'un très petit nombre d'heures de marche dont le rodage n'était pas terminé. Des essais récents donnent des points au-dessous de 185 g/ch.h pour un combustible dont le pouvoir calorifique inférieur est de 10 000 cal./kg. D'autre part, les progrès réalisés depuis deux ans sur les générateurs à pistons libres permettent d'affirmer que ces consommations seraient sensiblement meilleures sur des réalisations plus récentes.

L'installation d'essai avait été prévue pour permettre, outre les mesures sur l'ensemble du groupe, d'étudier chacun des éléments afin d'en évaluer les rendements individuels. Les calculs font ressortir, en ce qui concerne l'ensemble turbine et réducteur, une valeur de 84 p. 100 au point optimum. Résultat remarquable si l'on considère qu'il a été obtenu sur une turbine de dimensions relativement réduites, conjointement aux qualités que nous avons déjà citées quant à la forme de la courbe de puissance.

L'essai à la vitesse nulle a permis de compléter la courbe de couple (fig. 12) vers les basses vitesses. Le rapport entre les couples extrêmes atteint ainsi la valeur de 3,8.

Après ces essais au gas-oil, l'installation fut modifiée pour utiliser comme combustible un fuel-oil dont les caractéristiques étaient les suivantes :

- Densité à 20° C. 0,939.
 - Viscosité Engler à 50° C. 9,8
 - Teneur en S 4,0 % en poids
 - Conradson 7,5 % en poids
 - Pouvoir calorifique inférieur. 9 665 calories/kg
- Ce combustible était réchauffé avant son

arrivée aux pompes d'injection à 60° C environ, mais le générateur n'avait subi aucune modification. Des essais identiques aux précédents ont montré que les performances de l'installation n'étaient absolument pas altérées par le changement de combustible. Seules, les consommations spécifiques étaient majorées dans le rapport des pouvoirs calorifiques inférieurs.

Les essais au banc avec ce combustible s'achevèrent par une épreuve d'endurance de 72 h à pleine charge et à vitesse variable de la turbine. Le cran de combustible fut conservé pendant tout ce temps sur la position correspondant à une puissance disponible dans les gaz égale à 1 200 ch environ. La vitesse du groupe turbo-réducteur fut modifiée en cours de marche de manière à explorer la totalité de la marge de 5 000 à 12 000 t/mn à raison d'une augmentation de 100 t/mn toutes les heures.

L'examen des pièces vitales, à l'issue de cet essai, n'a révélé aucune insuffisance mécanique ni usure anormale. L'utilisation du fuel-oil n'a donné lieu à aucun encrassement ni dans le matériel d'injection ni dans la chambre de combustion, ni même sur les ailettes de turbine.

Les essais de la locomotive sur voie ferrée ont eu lieu, grâce à l'obligeance des Services techniques de la S. N. C. F., sur la ligne Paris-Granville. La première partie consista en une mise au point des différents organes accessoires de la machine; circulation des liquides de refroidissement, ventilateur, dispositifs de réchauffage de fuel-oil, etc.

On s'efforça, d'autre part, d'améliorer la rapidité de réponse de la machine aux commandes du conducteur principalement en ce qui concerne les variations de puissance. On passe actuellement en quelques secondes de la marche à vide à la pleine charge et le temps nécessaire pour l'opération inverse est inférieur à une seconde.

Un certain nombre d'essais d'accélération en palier, de vitesses limites en rampe et de mesures sur wagon dynamométrique avec différents tonnages remorqués fournirent une première approximation des performances de la machine, très légèrement supérieures aux prévisions. En ce qui concerne la tenue de voie, nous n'avons constaté aucune difficulté à atteindre la vitesse maximum que nous nous étions fixée (fig. 13).

Cette série d'essais sur voie s'acheva par deux marches en utilisation simulée, la dernière en date ayant pour objet de vérifier les possibilités de la machine sur le profil de la ligne Paris-Nord-Cambrai où elle sera probablement mise en service régulier dans quelques semaines, lorsque notre programme complet d'essais sera terminé. Il s'agissait d'un service Express aller et retour de 400 km environ, avec un tonnage remorqué de 240 t. Les consommations pour le voyage complet de dépôt à dépôt furent de 1 290 l de fuel-oil pour le générateur et 108 l de gas-oil pour le moteur Diesel auxiliaire.

L'essai de la machine sur le banc d'épreuve des locomotives de la S. N. C. F. à Vitry (fig. 14) se trouva facilité par le couplage de tous les essieux et fut du plus haut intérêt du fait des possibilités qu'offre cette remarquable installation pour l'étude d'une machine aussi nouvelle.

Au cours de la première série d'essais de septembre dernier, des mises au point furent nécessaires du fait que le comportement de notre locomotive avec ses bogies moteurs était différent de celui d'une locomotive à vapeur et ce phénomène, en faussant la mesure d'effort à la jante, a nécessité la correction des résultats. C'est donc sous réserve de vérifications ultérieures de nos formules de corrections que nous donnons en figure 15 les courbes d'effort à la jante pour différentes vitesses et pour quatre valeurs de la charge. Il nous reste à compléter, au cours de prochains essais, ces courbes par les mesures d'effort au démarrage et à très basses vitesses pour avoir une idée complète des possibilités de la machine. Sur cette même figure nous avons figuré les lignes d'équi-consommations du générateur seul, et nous relevons des points à moins de 220 g/ch/h à la jante, ce qui confirme le très bon rendement de l'ensemble moteur et de la transmission mécanique.

La figure 16 traduit sur un diagramme logarithmique les consommations horaires et spécifiques évaluées, non plus en poids mais en francs, afin de tenir compte de la consommation de gas-oil du moteur auxiliaire et de la différence de prix entre les deux combustibles, le gas-oil étant compté à 47 fr le kg, le fuel-oil léger à 13,69 fr, et le fuel lourd n° 2 à 11,39 fr.

Notons qu'au-dessus de la demi-charge pour les vitesses supérieures à 40 km/h,

c'est-à-dire dans la zone d'utilisation courante en service, les consommations varient de 3,50 à 5 fr par ch/h.

En pointillé nous avons tracé ces mêmes courbes, en admettant, comme nous le projetons pour des réalisations futures, que l'énergie nécessaire aux auxiliaires serait empruntée à l'installation principale et non plus à un moteur Diesel. Le gain, déjà substantiel dans la zone précédente, est évidemment plus net encore aux très faibles charges, le caractère parasite du moteur auxiliaire augmentant dans ces conditions.

A titre de comparaison, nous avons fait figurer sur ce même diagramme les consommations d'une locomotive à vapeur chauffée

au fuel-oil lourd n° 2 et le meilleur point d'une locomotive Diesel à transmission mécanique, calculés en partant des mêmes prix de combustible. Ces valeurs se passent de commentaires.

Tels sont nos résultats, à la date de ce jour. Ils tiennent toutes les promesses que l'idée première permettait d'entrevoir, et, dès maintenant, forts des enseignements acquis au cours de ces deux années et demie d'études et d'essais, nous pouvons établir une comparaison entre la Locomotive turbo-Diesel construite par la Régie Nationale des Usines Renault et les autres machines en exploitation ou en expérimentation.

V. — COMPARAISON DE LA LOCOMOTIVE TURBO-DIESEL A TRANSMISSION MÉCANIQUE R.N.U.R. AUX AUTRES TYPES DE LOCOMOTIVE.

Si l'on considère que les qualités requises d'une locomotive sont, par ordre d'importance :

- la simplicité de construction,
 - la simplicité de conduite,
 - l'économie d'exploitation,
 - la possibilité de marcher à puissance constante quelle que soit la vitesse,
 - la continuité de l'effort de traction,
- nous effectuerons la comparaison de la machine turbo-Diesel par rapport aux autres, relativement à ces conditions (?).

— *Les locomotives à vapeur à pistons* ne sont plus construites car, malgré leur rusticité et le fait qu'elles satisfont à quatre de ces conditions, elles sont désastreuses au point de vue économique, même chauffées au fuel. « Elles refoulent la vapeur dans l'atmosphère à la pression d'un kg/cm² tandis que, dans les centrales thermiques, il est possible de refroidir la vapeur sous des pressions beaucoup plus faibles. Le rendement thermodynamique des locomotives les plus perfectionnées reste donc inférieur à celui des centrales (10 à 12 p. 100 contre 25 p. 100). Encore faut-il ajouter que la locomotive à vapeur consomme du charbon même à l'arrêt et même à la descente des pentes. Somme toute, le rendement du combustible n'y dépasse guère 5 à 8 p. 100, mais un autre défaut de cette locomotive c'est de consommer des charbons de bonne qualité gras qu'il faut importer, puisque la production française

des cokéfiants est déjà insuffisante pour les seuls besoins de la métallurgie. » Tels étaient les termes employés par M. Armand¹⁾ pour faire le procès de cette locomotive.

— *Les locomotives à vapeur à turbine* ne sont guère plus économiques sans condensation. Avec condensation, elles deviennent beaucoup trop lourdes et compliquées.

Enfin la consommation en vapeur de cette machine est telle au démarrage que sa chaudière ne peut lui en fournir assez et elle perd ainsi l'avantage du fort couple que sa turbine devrait lui donner si elle était suffisamment alimentée.

— *La locomotive turbo-Diesel*, avec son générateur à pistons libres qui fonctionne en cycle Diesel, a un bien meilleur rendement thermique et sa turbine reçoit au démarrage, même sans surcharge du générateur, les gaz en quantité suffisante pour fournir le couple maximum normal.

— *Les locomotives électriques*, qui atteignent facilement la puissance de 4 000 ch, satisfont aux cinq conditions ci-dessus énoncées mais nécessitent une infrastructure coûteuse, qui ne devient économique que pour les lignes à trafic de forte intensité et les réseaux de forte densité. Elle reçoit son énergie du dehors, produite dans des centrales thermiques ou hydro-électriques bien équipées, et n'a qu'à la transformer en effort de traction. Elle ne possède donc aucune autonomie propre et ne peut se comparer à la

machine turbo-Diesel qui transforme son énergie à bord. Machine des pays civilisés et fortement équipés, elle ne peut convenir aux pays neufs où les lignes de pénétration exigent une autonomie totale des convois.

— *Les locomotives Diesel à transmission mécanique* sont de construction complexe et nécessitent des organes de transmission très délicats : embrayages avec ou sans coupleur hydraulique — boîtes de vitesses à baladeurs et synchroniseurs, ou boîtes planétaires. La conduite n'en est pas simple, du fait de la nécessité de changer de vitesse pour adapter le couple moteur à l'effort résistant. La turbo-Diesel, au contraire, est conduite uniquement comme nous l'avons vu par la manette de commande de combustible. La machine Diesel mécanique, sauf dans le cas de changements de vitesse planétaires, qui ne sont pas au point pour les grandes puissances, ne donne pas la continuité de l'effort de traction que fournit la turbo-Diesel.

Toutes les locomotives Diesel consomment normalement du gas-oil, alors que la turbo-Diesel consomme du fuel, résidu de distillation et non distillat, donc plus économique quel que soit le régime fiscal des carburants.

Enfin mécaniquement, l'avantage revient aussi à la turbo-Diesel car son générateur à pistons libres, qui est extrêmement simple de construction et d'entretien, ne comporte ni bielles ni vilebrequins, ni organes de distribution. La totalité des réparations et entretiens peut être effectuée sans déposer le bâti-moteur de la locomotive.

La machine Diesel mécanique donne des efforts étagés alors que la turbo-Diesel donne des efforts progressivement variables avec la vitesse. Notre machine a actuellement, entre le démarrage et la grande vitesse, un rapport d'effort voisin de 4 et la possibilité d'utiliser deux régimes différents la rend pratiquement apte à tous les genres de trafics.

Avec des turbines plus puissantes qui permettront d'utiliser la réaction avec un meilleur rendement, on atteindra certainement un rapport d'efforts extrêmes voisin de 5, ce qui dispensera probablement de prévoir un changement de régime.

— *Les locomotives Diesel à transmission hydraulique*, en général assez simples comme schéma, sont encore très coûteuses, les transformateurs hydrauliques, délicats à obtenir, étant d'un prix élevé. Leur rendement s'appa-

rente à celui de la turbine à gaz, elles comportent soit plusieurs convertisseurs, soit un convertisseur et un changement de régime et sont plus compliquées que la turbo-Diesel, surtout si celle-ci possède une turbine de grande puissance avec zone de haut rendement largement étalée. Elles présentent tous les inconvénients du moteur Diesel, complexe de construction et coûteux du fait du combustible de choix qu'il exige.

— *Les locomotives Diesel à transmission électrique* sont, en principe, plus compliquées puisqu'elles doivent produire leur énergie mécanique, la transformer en énergie électrique, et la retransformer en énergie mécanique aux bogies, la souplesse et commodité de commande étant acquise au prix de la complexité de la construction. La turbo-Diesel transforme directement l'énergie contenue dans le combustible en énergie mécanique utilisable directement et simplement.

— *Les locomotives à turbine à gaz à turbo-compresseur*, qui n'existent actuellement comme nous l'avons déjà vu qu'à 6 exemplaires, comportent un turbo-compresseur chargé d'alimenter la turbine de marche. On arrive ainsi, pour les grandes puissances, à des organes mécaniques chers et délicats. Pour que les gaz n'arrivent pas à la turbine à de trop hautes températures, on doit abaisser celle-ci, soit dans des échangeurs, soit par apport d'air frais, ce qui diminue le rendement thermodynamique. De plus, ces machines sont obligatoirement à transmission électrique d'un prix élevé. La turbo-Diesel, du fait de son générateur à pistons libres, fonctionne avec des gaz à 450° maximum directement admis sur sa turbine. Enfin, la turbine à gaz à chambre de combustion exige pour le moment un combustible distillat plus coûteux que le fuel qu'utilise le générateur à pistons libres.

La supériorité de la turbine à gaz à chambre de combustion ne deviendrait évidente que le jour où, comme on le tente en Angleterre, elle serait capable de brûler des combustibles solides pulvérisés de très basse qualité, ce qui compenserait par le faible prix l'énorme quantité que ses bas rendements imposent.

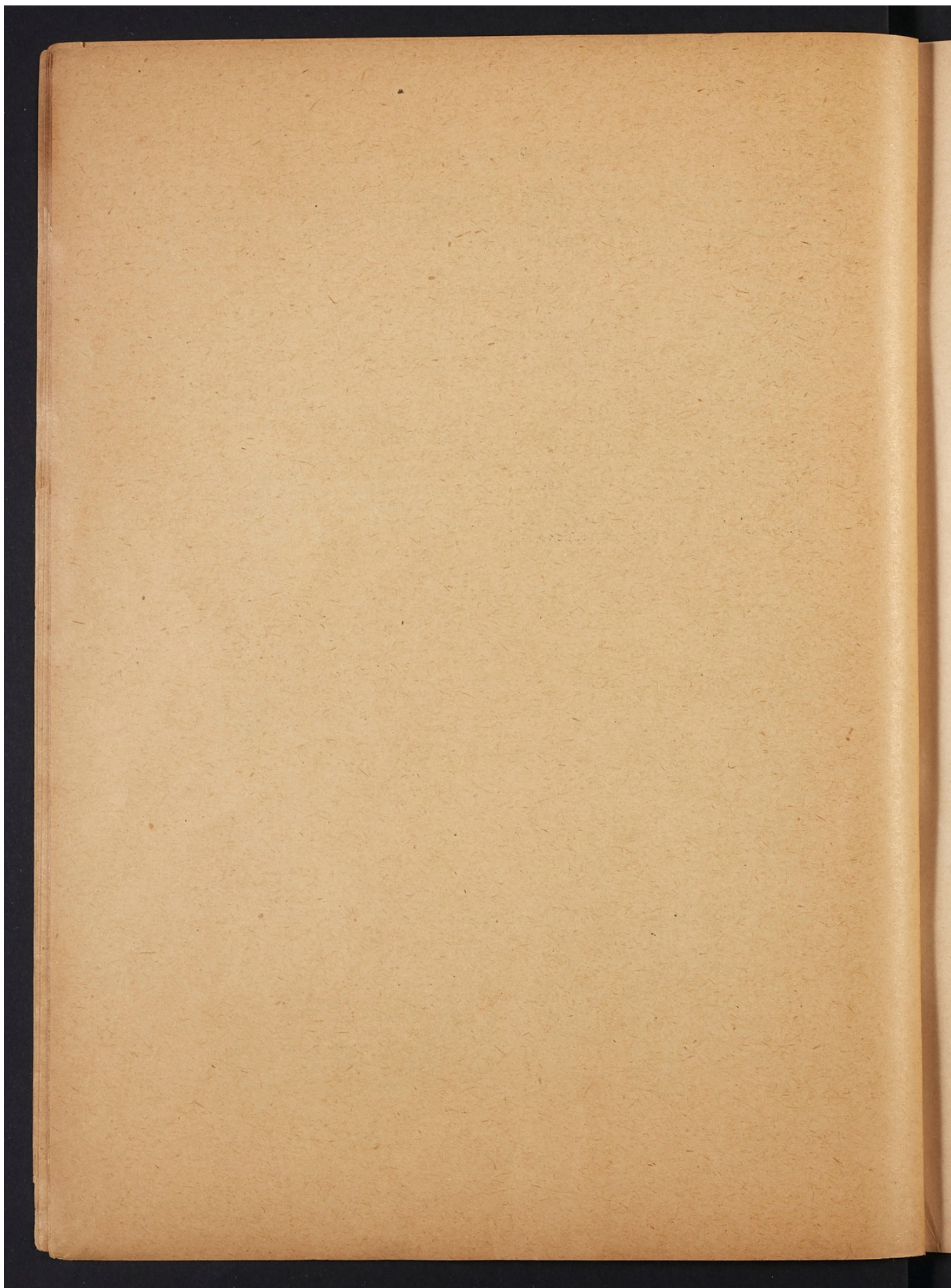
Telles sont, rapidement comparées à celles des autres machines existantes, les qualités de la machine turbo-Diesel à transmission mécanique construite par la Régie Nationale des Usines Renault. Elle répond, dans les

meilleures conditions, à toutes les qualités énumérées de rendement, souplesse, simplicité et facilité de conduite. Nos essais nous permettent d'affirmer, comme nos déductions

nous l'avaient fait entrevoir, que c'est une machine d'avenir et qu'elle marque bien une étape nouvelle dans le progrès des locomotives.

Bibliographie

- 1) L. ARMAND. — Les Nouvelles Techniques de la Traction au service de la Productivité du Rail et de la politique nationale de l'Énergie. Exposé du 27 février 1952 au Rotary Club de Paris.
- 2) World Review of Gas-turbine Locomotives. *The Oil Engine*, May 1952.
- 3) P. de PESCARA. — Les compresseurs à pistons libres. *Journal S. I. A.*
- 4) R. HUBER. — Les générateurs de gaz à pistons libres. *Journal S. I. A.*, décembre 1951 (p. 257).
- 5) F. PICARD et R. HUBER. — L'emploi des générateurs à pistons libres en traction ferroviaire. Communication au III^e Congrès Mondial du Pétrole, La Haye 1951. *Bulletin de la Société Française des Mécaniciens* n° 3, décembre 1951.
- 6) E. METZMAIER et R. VUAILLAT. — La locomotive à générateur à pistons libres et turbine. IV^e Congrès International du Chauffage Industriel.
- 7) R. DUGAS. — Comparaison des différentes formes d'énergie utilisées dans les transports par Chemin de Fer. Fuel Economy Conference of the World Power Conference, La Haye 1947.



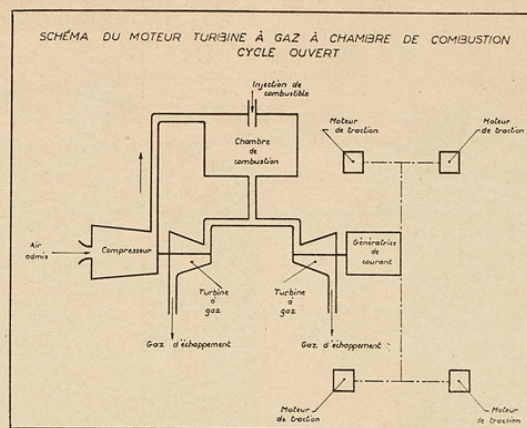


Fig. 1.

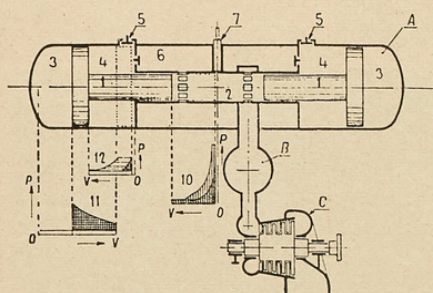
Fig. 2. — Groupe générateur à pistons libres-turbine à gaz.
10-11-12 : diagrammes pression-volume.

Fig. 3.

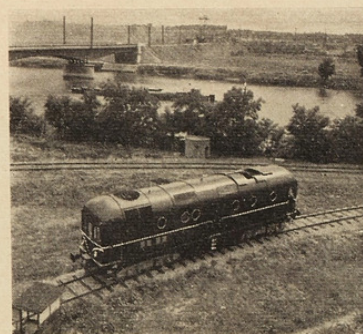
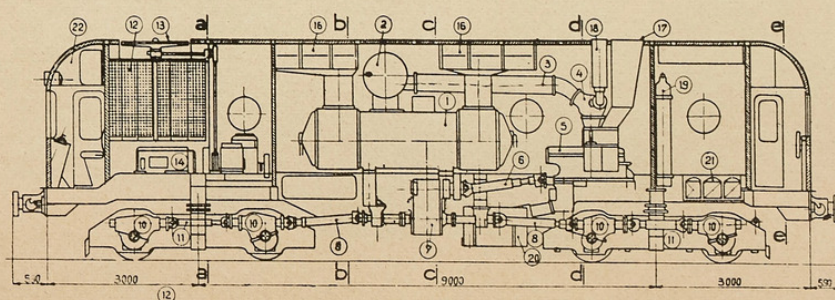


Fig. 4.

1 : générateur à gaz ; 2 : réservoir à gaz ; 3 : tuyau d'amenée du gaz ; 4 : by-pass ; 5 : turbine à gaz ; 6 : transmission - turbine - réducteur ; 7 : réducteur - changement marche et deux régimes ; 8 : transmission aux essieux ; 9 : bogie ; 10 : pont-moteur ; 11 : transmission entre essieux ; 12 : radiateurs, huile et eau ; 13 : Ventilateur ; 14 : moteur diesel auxiliaire ; 15 : servitudes : compresseurs (pompes à eau, à huile, dynamo, moteur électrique) ; 16 : filtres à air sous pavillon ; 17 : échappement turbine ; 18 : échappement by-pass ; 19 : bouteilles à air pour démarrage générateur ; 20 : réservoir huile turbine ; 21 : accumulateurs ; 22 : poste de conduite.)



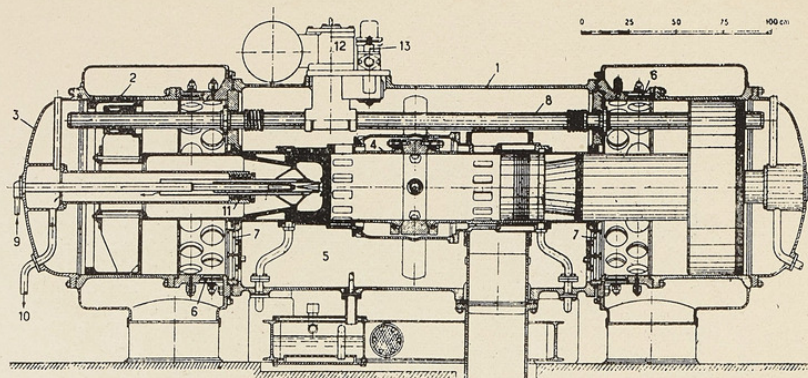


Fig. 5.

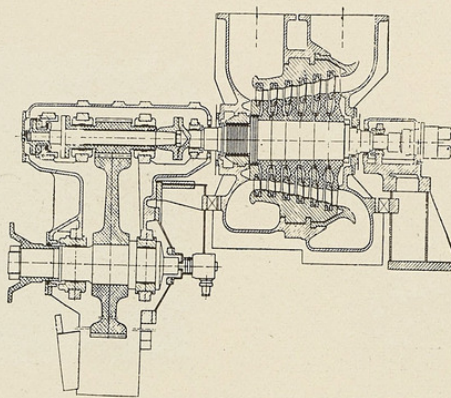


Fig. 6.

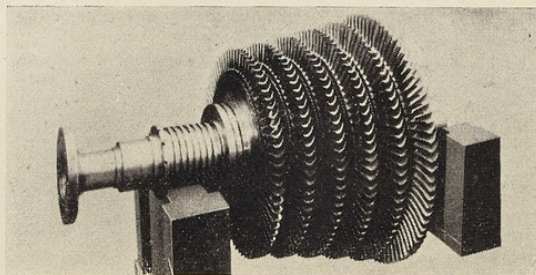


Fig. 7.

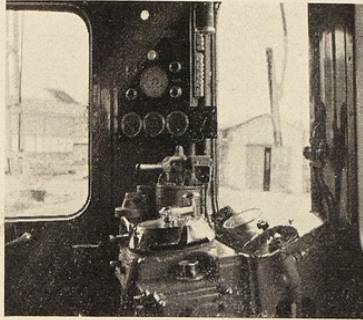


Fig. 8.

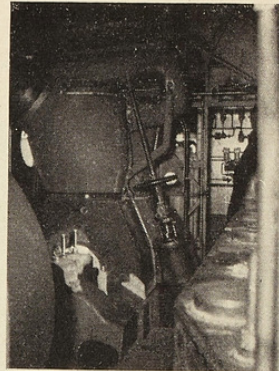


Fig. 9.

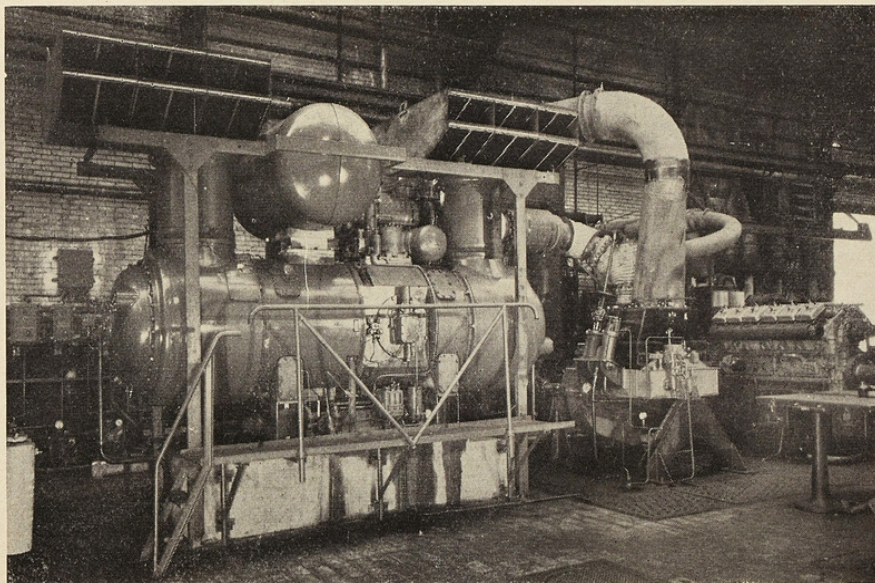


Fig. 10.

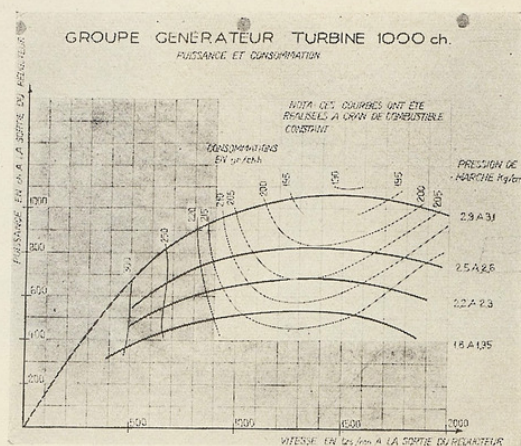


Fig. 11.

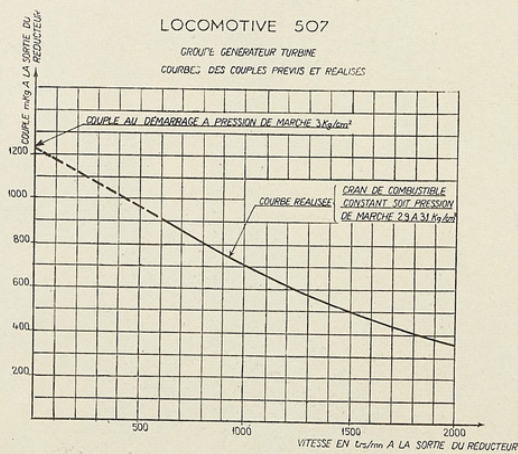


Fig. 12.

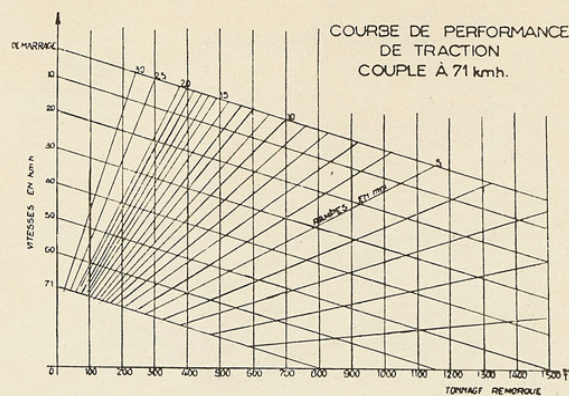


Fig. 13 a.

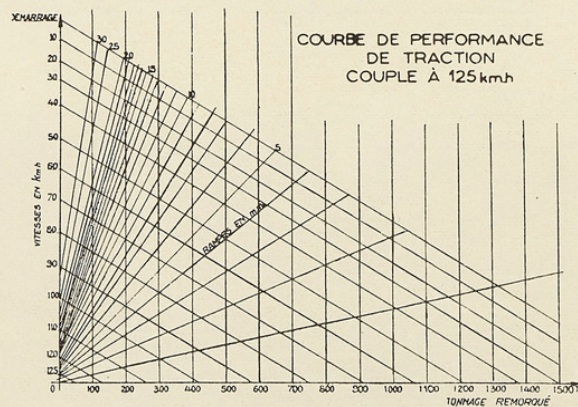


Fig. 13 b.

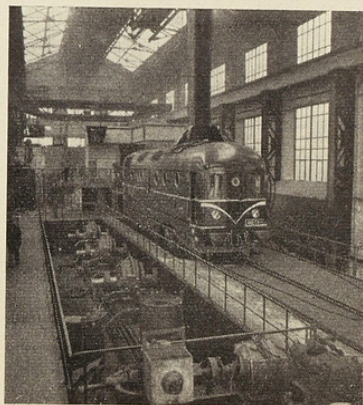


Fig. 14.

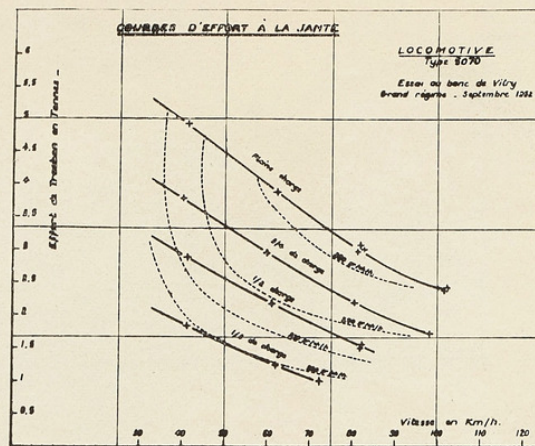


Fig. 15.

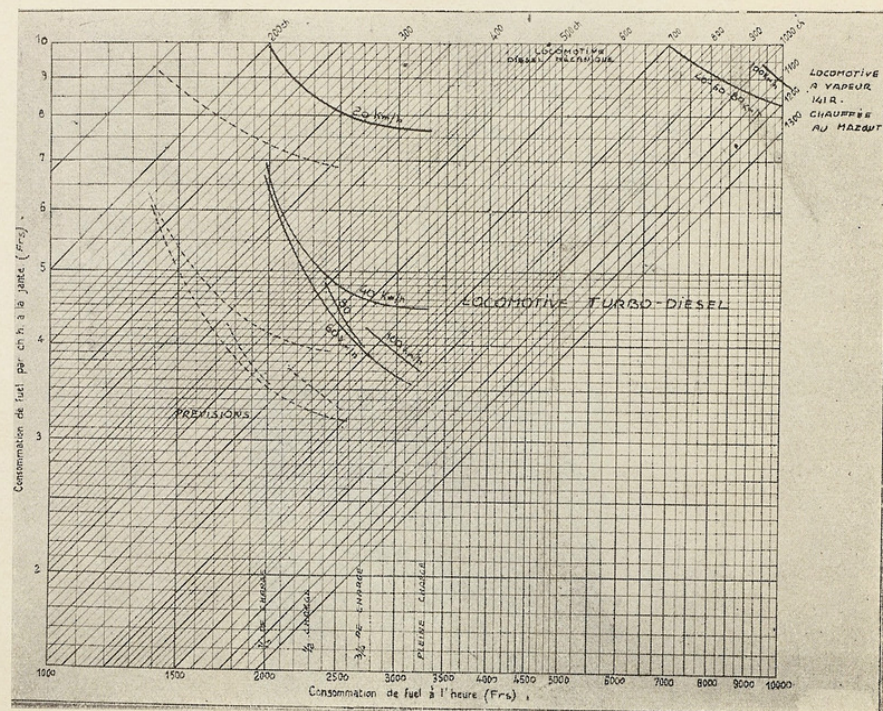


Fig. 16.

Le Président de la Société, Directeur Gérant : A. CAQUOT.

D. P. n° 10803.

Imprimé en France chez BRODARD ET TAUPIN, Coulommiers Paris.

