

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.)
	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.)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1965, n° 1 (janv.-mars)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1965

Collation	1 vol. (57 p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	84
Cote	INDNAT (70)
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.70

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.

L'INDUSTRIE NATIONALE

S. E. I. N.

*Comptes rendus et Conférences
de la Société d'Encouragement
pour l'Industrie Nationale*

*Publiés avec le concours
du Centre National de la Recherche Scientifique*



Revue trimestrielle
1965 - N° 1

- *Grand Prix de la Société*
- *La traction ferroviaire (1)*

N° 1 - JANVIER-MARS 1965

SOMMAIRE

Grand Prix de la Société d'Encouragement h.-texte.

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES.

LA TRACTION FERROVIAIRE MODERNE - RAISONS DE L'EVOLUTION.

- I. - La Traction Diesel, par M. R. BRUN p. 1
- II. - Les Locomotives Electriques, par M. R. BOILEAU p. 33

Publication sous la direction de M. Jean LECOMTE

Membre de l'Institut, Président, avec le concours du Secrétariat de la Société.

Les textes paraissant dans *L'Industrie Nationale* n'engagent pas la responsabilité de la Société d'Encouragement quant aux opinions exprimées par leurs auteurs.



Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale

fondée en 1801, reconnue d'utilité publique

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

Abonnement annuel : 28 F.

le n° : 7,50 F.

C.C.P. Paris, n° 618-48

ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ

Président d'Honneur : M. A. CAGNOT, Membre de l'Institut.
Anciens Présidents : MM. G. DARRIEUS, Membre de l'Institut.
G. CHAUDRON, Membre de l'Institut.

Président :
M. Jean LECOMTE, Membre de l'Institut.

L'INDUSTRIE NATIONALE

ANNÉE 1965

Agent général :
M. J. PAPILLON.

PRÉSIDENCE DES COMITÉS

MM. CHAUDRON, Membre de l'Institut (Arts Chimiques) ; PRESSINET (Construc-
tions et Beaux-Arts) ; GIGNOUX, Membre de l'Institut (Arts - Économiques) ;
LEAUTE, Membre de l'Institut (Arts Physiques) ; de LEIRIS (Arts mécaniques) ;
PETIT (Fonds) ; VASSIERE (Agriculture).

ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ

Président d'Honneur : M. A. CAQUOT, Membre de l'Institut.

Anciens Présidents : MM. G. DARRIEUS, Membre de l'Institut.
G. CHAUDRON, Membre de l'Institut.

Président :

M. Jean LECOMTE, Membre de l'Institut.

Vice-Présidents :

MM. BARATTE.
CHAMPETIER, Membre de l'Institut.
POMMIER.
de ROUVILLE.

Secrétaire général :

M. CARPENTIER.

Trésorier :

M. Marcel PETIT.

Censeur :

M. ROGER-PETIT.

Agent général :

M. J. PAPILLON.

●

PRÉSIDENCE DES COMITÉS

MM. CHAUDRON, Membre de l'Institut (Arts Chimiques) ; FRESSINET (Constructions et Beaux-Arts) ; GIGNOUX, Membre de l'Institut (Arts Economiques) ; LEAUTE, Membre de l'Institut (Arts Physiques) ; de LEIRIS (Arts mécaniques) ; PETIT (Fonds) ; VAYSSIERE (Agriculture).

*La Société d'Encouragement
pour l'Industrie Nationale
vient d'attribuer un Grand Prix*

Le Prix de 10.000 F (un million d'anciens francs), dont la création avait été décidée par l'Assemblée Générale du 5 mars 1964, vient d'être attribué.

Une des caractéristiques de cette attribution réside dans le fait que le Jury était composé en majorité de lauréats antérieurs de la Grande Médaille et du Grand Prix Lamy que décerne chaque année la Société.

Le choix du Jury s'est porté sur :

M. Robert WARNECKE,

Directeur du Centre de Physique Corpusculaire de la Division Tubes Electroniques de la Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil,

Chairman of the Board of the Warnecke Electron Tubes, inc., Illinois (U.S.A.).

M. Robert WARNECKE

Né en 1906 à Tours, Docteur de l'Université de Paris en 1933, Robert Warnecke a débuté dans l'industrie de l'Électronique, alors naissante, en 1927, en qualité d'ingénieur au Laboratoire d'étude de lampes d'émission de la Société La Radiotechnique.

Chef de Laboratoire du Département Lampes de la Société française radio-électrique en 1933, Robert Warnecke prit la direction du Laboratoire Tubes électroniques de la C.S.F. en 1940 : c'est ce laboratoire qui, sous son impulsion et sa conduite, devait devenir le Centre de Recherches qu'il dirige actuellement.

Robert Warnecke a été associé, dès leur début, aux études de base qui ont fait des tubes électroniques ce qu'ils sont maintenant. Durant ses 33 ans d'activité, il a apporté une contribution marquante à beaucoup de chapitres de la physique et de la technique des radiotubes et des dispositifs connexes.

Après des travaux de physique sur l'émission électronique secondaire des métaux (dont les résultats demeurent classiques trente ans après avoir été effectués), qui furent suivis par l'élaboration de nombreuses théories et techniques, M. Warnecke, dès 1940, a tourné

son activité vers les tubes spéciaux pour les très hautes fréquences : klystrons, magnétrons tout d'abord, tubes à ondes progressives, ensuite. C'est sous sa direction que furent créés les types originaux dits « T.P.O.M. » (tubes à propagation d'onde magnétrons) et « carcinotrons » (tubes hyperfréquences à onde inverse accordable électronique sur une large plage de fréquences), qui, actuellement, classent la technique française à l'avant-garde du progrès pour l'équipement des radars et des brouilleurs de radar.

M. Warnecke est l'auteur ou le co-auteur de près de 100 publications scientifiques et techniques, de plus de 60 brevets d'invention étendus à l'étranger ; il est également co-auteur d'un ouvrage sur les tubes à modulation de vitesse (tubes pour hyperfréquences) qui fait autorité en la matière. Il prépare actuellement un ouvrage théorique et technique sur les accélérateurs linéaires de particules.

Tout en assumant la responsabilité d'un organisme de recherches groupant plus de 600 personnes (comptant 80 physiciens et ingénieurs dont certains ont acquis une réputation internationale) et un groupe d'usines de produc-

tion d'un effectif de 2.000 employés, M. Warnecke n'en continue pas moins son activité scientifique, activité qui est actuellement axée vers la physique des plasmas et celle des accélérateurs de particules à très haute énergie. L'activité de ces laboratoires, poursuivie depuis plus de vingt ans sur le plan international, a incontestablement contribué à faire connaître à l'étranger les réalisations françaises ; l'appréciation de ces résultats s'est traduite par la notification de nombreux contrats de recherche de la part d'organismes anglo-saxons de premier plan. Il convient aussi de noter que cette activité s'est traduite par l'extension à l'étranger de très nombreux brevets dont le montant des redevances représente des sommes importantes, utilisables au financement de la recherche et du développement en France.

En 1954, à titre personnel, M. War-

necke s'est vu décerner le prix « Morris Liebmann » de l'Institute of Radio Engineers (distinction qu'il est le seul Français à posséder). Puis il a été fait, en 1948, Docteur *Honoris causa* du Polytechnic Institute of Brooklyn.

Membre de la Société Française de Physique, de la Société Française des Electriciens et de la Société Française des Radioélectriciens et des Electroniciens, ancien Président et Membre du Comité d'Honneur de la Société des Ingénieurs et Techniciens du Vide, M. Warnecke est aussi titulaire du Prix Ancel de la Société Française des Electriciens (1933), du Prix Henri Becquerel de l'Académie des Sciences (1945), de la Médaille Blondel (1951), du Prix d'Aumale de l'Académie des Sciences (1952), et enfin de la Médaille Bourdon de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (1960).

necke s'est vu décerner le prix «Moritz Liebmann» de l'Institut of Radio Engineers (distinction qu'il est le seul Français à posséder). Puis il a été fait, en 1948, Docteur Honoris causa du Polytechnic Institute of Brooklyn.

Membre de la Société Française de Physique de la Société Française des Électriciens et de la Société Française des Radiotechniciens et des Électroniciens, ancien Président et Membre du Comité d'Honneur de la Société des Techniciens du Vide, M. Warnecke est aussi titulaire du Prix de la Société Française des Électriciens et de la Société Française des Radiotechniciens et des Électroniciens (1951), du Prix de la Médaille Blondel (1951), du Prix d'Année de l'Académie des Sciences (1952), et enfin de la Médaille Bourdon de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (1960).

En 1954, à titre personnel, M. Warnecke a été nommé à la direction de la recherche de la part de l'État, des anglo-américains de premier plan, conviendrait aussi de noter que cette nomination a été faite par le Comité d'Honneur de la Société des Techniciens du Vide, dont le montant des redevances représente des sommes importantes utilisées au financement de la recherche et du développement en France.

Premier numéro consacré à

LA TRACTION FERROVIAIRE MODERNE

Contenu du prochain numéro :

Les locomotives à turbines à gaz.

LA TRACTION FERROVIAIRE MODERNE RAISONS DE L'ÉVOLUTION

La France est un pays de transports qui ne peut se passer de ceux-ci. Qu'en soient la nature et le débit et quelles que soient les fluctuations de ce dernier, l'éventail de ces fluctuations se déploie, en fait, depuis les spasmes quotidiens du transport voyageurs de banlieue jusqu'au rush des transports agricoles saisonniers en passant par les convulsions des départs en vacances. La S.N.C.F. doit, se faisant, satisfaire l'opinion publique et rendre compte au gouvernement, lequel lui fixe les possibilités d'avenir.

Dans le domaine de la Traction, qui est celui au sein duquel j'ai l'honneur de servir, la situation s'apparente :

d'une part, à celle d'un chef d'état-major qui n'a pas le droit de perdre une bataille, quelles que soient les conditions dans lesquelles elle est engagée ;

d'autre part, à celle d'un industriel soucieux de son prix de revient qui achète de l'énergie et vend du kilomètre.

Le charbon fut, durant près d'un siècle, la seule énergie permettant un che-

minage à grande échelle. Il fut la seule énergie qui permit de faire passer le train de la traction à vapeur à la traction électrique. Il fut la seule énergie qui permit de faire passer le train de la traction à vapeur à la traction électrique. Il fut la seule énergie qui permit de faire passer le train de la traction à vapeur à la traction électrique.

Il fut la seule énergie qui permit de faire passer le train de la traction à vapeur à la traction électrique. Il fut la seule énergie qui permit de faire passer le train de la traction à vapeur à la traction électrique. Il fut la seule énergie qui permit de faire passer le train de la traction à vapeur à la traction électrique.

Il fut la seule énergie qui permit de faire passer le train de la traction à vapeur à la traction électrique. Il fut la seule énergie qui permit de faire passer le train de la traction à vapeur à la traction électrique. Il fut la seule énergie qui permit de faire passer le train de la traction à vapeur à la traction électrique.

(1) Conférence faite le 26 février 1964 à la S.N.C.F. nationale.

LA TRACTION FERROVIAIRE MODERNE
RAISONS DE L'ÉVOLUTION

Les locomotives à traction à gaz.

La traction diesel (1)

par M. RAYMOND BRUN,

Chef des Etudes de locomotives et moteurs thermiques de la S.N.C.F.

La Société Nationale des Chemins de Fer Français est un service public et, à ce titre, a mandat d'assurer tous les transports qui lui sont demandés, quels qu'en soient la nature et le débit et quelles que soient les fluctuations de ce dernier : l'éventail de ces fluctuations se déploie, en fait, depuis les spasmes quotidiens du transport voyageurs de banlieue jusqu'au rush des transports agricoles saisonniers en passant par les convulsions des départs en vacances. La S.N.C.F. doit, ce faisant, satisfaire l'opinion publique et rendre compte au gouvernement, lequel lui fixe les possibilités d'avenir.

Dans le domaine de la Traction, qui est celui au sein duquel j'ai l'honneur de servir, la situation s'apparente :

- d'une part, à celle d'un Chef d'Etat Major qui n'a pas le droit de perdre une bataille, quelles que soient les conditions dans lesquelles elle est engagée ;
- d'autre part, à celle d'un industriel soucieux de son prix de revient qui achète de l'énergie et vend du kilomètre.

Le charbon fut, durant près d'un siècle, la seule énergie permettant au che-

minot industriel de vendre du kilomètre : il s'en servit avec un rendement lamentable pour faire bouillir de l'eau. Les responsables de cette situation déplorable furent les techniciens du XVIII^e siècle qui méconnurent l'intérêt de l'expérience de combustion interne réussie par le physicien hollandais Huyghens ; en 1670, celui-ci avait fait fonctionner, dans un immeuble qui est aujourd'hui le musée du Louvre, un moteur brûlant spontanément de la poudre à canon, combustible qui allie un haut indice de cétane et un faible Conradson.

Durant 100 ans, on brûla dans la machine à vapeur des charbons de haute qualité, du charbon cokéifiable dont la sidérurgie avait le plus grand besoin et qui faisait particulièrement défaut à la sidérurgie française.

Dès qu'apparurent les nouvelles formes d'énergie : électricité, puis pétrole, la locomotive à vapeur, ce monstre magnifique, était condamnée. L'échéance de sa disparition dépend d'un certain nombre de facteurs, au premier rang desquels figurent les impératifs financiers. Le bilan des rentabilités des tractions électrique et diesel se présente

(1) Conférence faite le 20 février 1964 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

sous la forme représentée en fig. 1 ; en ordonnées, sont portées les dépenses annuelles totales de traction (y compris les charges d'intérêt et d'amortissement du capital engagé) ; en abscisses, est la densité du trafic exprimée en consommation annuelle d'énergie par kilomètre de ligne.

En traction autonome (vapeur, diesel) les dépenses d'installations fixes sont pratiquement inexistantes ; le prix d'acquisition du parc de locomotives et les dépenses annuelles d'exploitation (énergie, conduite, entretien) sont sensiblement proportionnelles au trafic. Les droites représentatives partent donc presque de l'origine : celle de la vapeur est plus inclinée que celle du diesel, celui-ci est donc toujours plus rentable que la vapeur.

En traction électrique, les dépenses relatives aux installations fixes (caténaires, sous-stations, lignes Haute-Tension) étant, en gros, proportionnelles au kilomètre de ligne, s'avèrent importantes même pour un trafic voisin de 0 et la ligne représentative part de B qui correspond aux charges de capital et d'entretien des dites installations fixes ; mais en revanche, dans certaines conditions économiques, les dépenses proportionnelles au trafic (charges de capital, énergie, conduite, entretien), peuvent être inférieures à celles de la traction diesel, du fait, en particulier, de la grande puissance et des possibilités de surcharge de la locomotive électrique ; la droite représentative en conséquence est faiblement inclinée.

Pour tout trafic supérieur à Os_1 , l'électricité est plus rentable que la vapeur ; au-dessus de Os_2 , elle l'est plus que le diesel. En économie française actuelle, ces seuils se situent respectivement à l'équivalent charbon d'environ 300 et 400 tonnes de charbon/km/an, soit 175 et 225 kwh/km/an, soit encore à 40 et 50 m³ de combustible diesel/km/an. Ces valeurs sont évidemment fonction, tant des conditions de géographie physique (lignes à nombreux tunnels,...) et

humaine que du prix et de l'incidence du facteur énergie puisque les dépenses qui le concernent représentent, en France, de 30 à 50 % des dépenses de traction.

Notons :

- 1° que la S.N.C.F., avec son réseau maillé et ses dessertes fréquentes, est un excellent client pour le fournisseur d'énergie électrique, en raison de la régularité des appels de puissance ; il ne l'est pour l'industrie pétrolière que dans la mesure où il ne s'écarte pas trop des prix courants ;
- 2° la traction diesel, mieux encore que la traction vapeur, permet de déplacer un contingent d'engins de traction pour faire face à des pointes saisonnières de trafic régional.

Toute comparaison objective entre les deux modes de traction ne peut donc être que très nuancée.

D'aucuns, à ce sujet, s'arrogent la vocation de vaticiner sur les désastres que ne manquera d'engendrer la prétendue opposition foncière entre les tenants de la traction électrique et les tenants de la traction diesel ; dans un domaine voisin d'autres trublions, encore plus mélancoliques et parfois dépourvus d'amateurisme, inondent de leur fiel noir les rapports entre le rail et la route.

Ils paraissent ignorer, les uns et les autres, que dans les deux domaines des hommes de bonne volonté travaillent avec bonne conscience à l'amélioration du transport tant ferroviaire que routier. Leurs divergences de vues techniques, inévitables et d'ailleurs marginales, leur procurent, outre un constant mobile d'émulation, l'occasion de souscrire à l'un des Propos sur le bonheur énoncé par Alain, « Le plus grand plaisir humain est sans doute un travail difficile et libre, fait en coopération » ; elles leur permettent même, parfois, d'accéder à la joie suprême : celle de comprendre.

Les mécaniciens savent depuis longtemps combien il est dangereux de laisser vagabonder une force à la recherche d'un point d'application. Les diesélistes ont appris, souvent à leurs dépens, que, puisque les masses croissent plus vite que les surfaces d'appui, les structures doivent s'alléger et se simplifier au fur et à mesure que les accélérations augmentent et que, par surcroît, les températures s'élèvent. Ces axiomes connaissent un renouveau de prospérité avec l'électronique et on constate que le dieséliste, rompu aux lois de la propagation et de la dégradation de l'énergie, se conjugue maintenant avec l'électronicien qui lui propose de suggestives analogies.

Les Chemins de Fer Français adoptèrent la traction électrique pour leurs lignes à haut trafic, lesquelles, rappelons-le, rayonnent pour la plupart depuis Paris comme un céphalopode (fig. 2) ; l'électrification fut d'abord réalisée en courant continu 1 500 V, puis en monophasé 25 000 V 50 Hz. Les locomotives électriques, capables de développer une puissance massique supérieure à 60 chevaux par tonne, ont accompli de remarquables performances ; rappelons le double record du monde de vitesse pure porté en 1955 à plus de 330 kilomètres à l'heure par deux locomotives très voisines de types, construites en série par deux firmes françaises concurrentes et les rafales de 30 à 40 trains roulant à

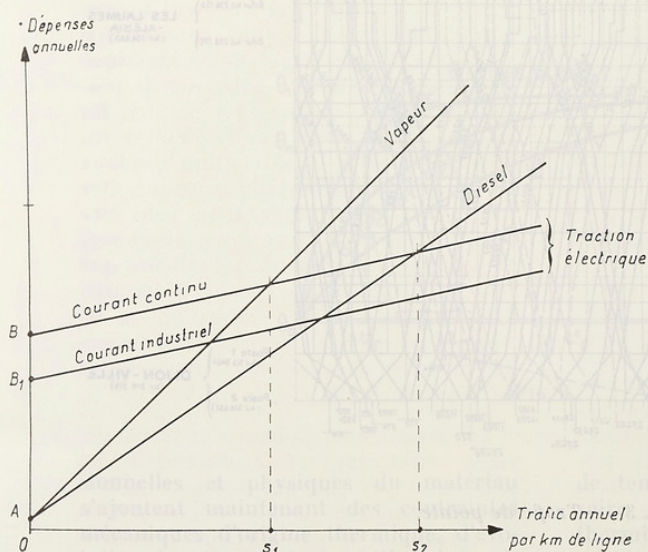


FIG. 1. — Domaines de rentabilité.

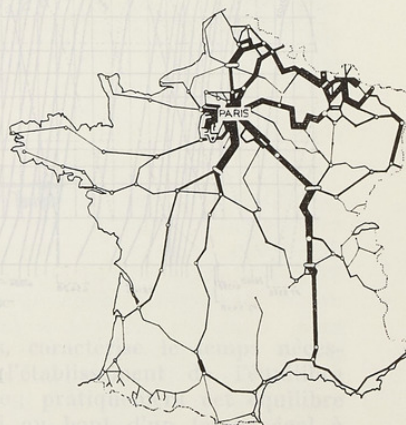


FIG. 2. — Importance des lignes S.N.C.F.

120 km/h de moyenne et se suivant à intervalles de 3 à 5 minutes (fig. 3).

Tous ces services sont assurés avec une ponctualité presque absolue ; cette régularité permet aux locomotives élec-

La qualité du service et la régularité du trafic qu'assure une locomotive électrique est due en grande partie à l'aptitude qu'elle possède de surmonter des difficultés temporaires de traction. Cette

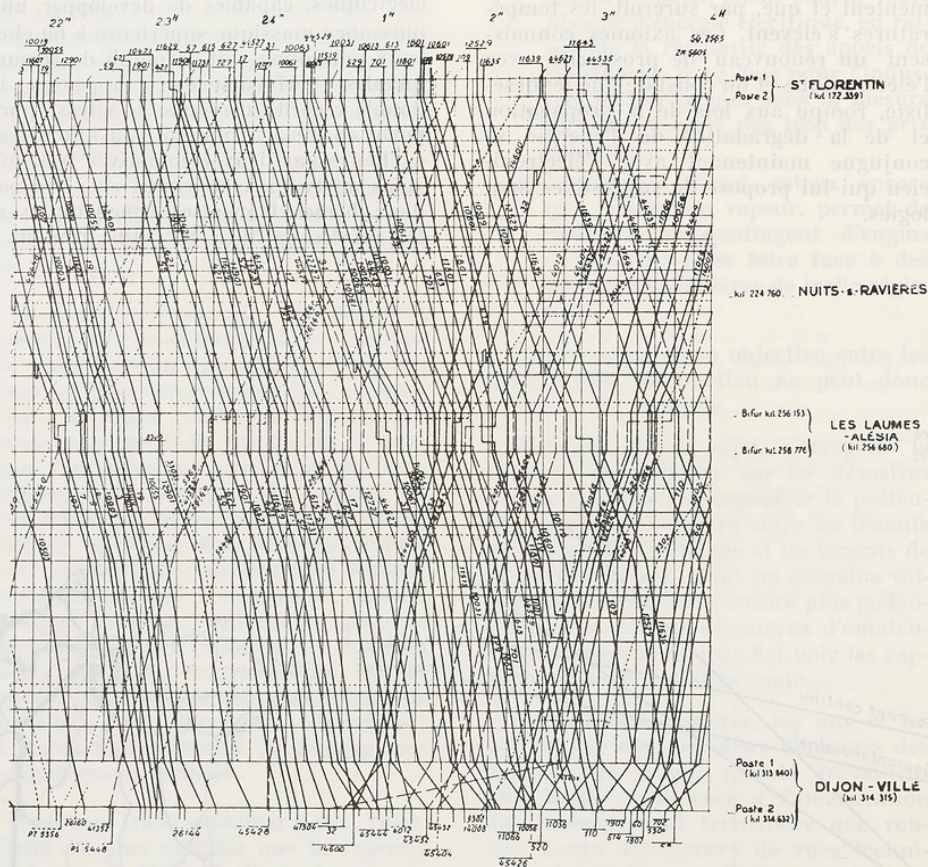


FIG. 3. — Trafic de pointe.

triques d'atteindre des kilométrages mensuels de 50 000 kilomètres, le record étant 440 000 kilomètres parcourus en 220 jours.

aptitude provient de la valeur élevée de la constante de temps figurant dans l'équilibre thermique des machines tournantes.

Lorsque les ingénieurs remplacèrent l'ogre crachant son feu par des locomotives possédant un rendement énergétique élevé, un obstacle nouveau s'est, inéluctablement, manifesté. Aux sujétions nées des températures se sont surimposées les difficultés provoquées par la propagation de la chaleur ; ainsi, aux conséquences bien connues des variations des caractéristiques dimen-

La mise en œuvre d'un moteur thermique ou d'un organe de transmission de puissance provoque, en chacun de leurs points, une augmentation de la température initiale θ_0 ; celle-ci croît et tend vers une température d'équilibre

θ_1 en suivant une loi en $(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

(fig. 4), dans laquelle τ , dite constante

ECHAUFFEMENTS CARACTERISTIQUES EN FONCTION DE τ

τ représente approximativement le temps nécessaire pour atteindre les 2/3 de l'échauffement correspondant à l'équilibre, lequel est pratiquement atteint au bout de 4 à 5 τ .

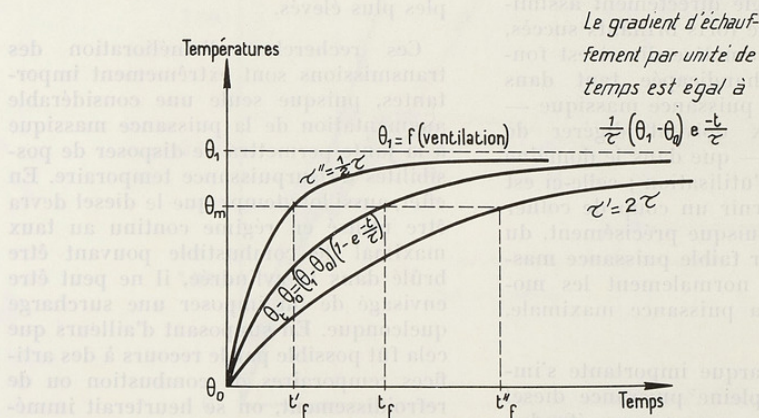


FIG. 4.

sionnelles et physiques du matériau s'ajoutent maintenant des contraintes mécaniques d'origine thermique, d'évolution beaucoup plus subtile ; les raisonnements basés sur des règles de trois plus ou moins intuitives n'ont plus cours et la maîtrise plus ou moins parfaite que l'on peut acquérir de ces phénomènes conditionne, au premier chef, la qualité du service que l'on en peut espérer.

de temps, caractérise le temps nécessaire à l'établissement de l'équilibre thermique ; pratiquement cet équilibre est établi au bout d'un temps égal à 4 ou 5 τ . Si la puissance développée ou transmise est telle que la température d'équilibre θ_1 est supérieure à la température θ_m maximale de fonctionnement tolérée par l'un des points de l'engin considéré, le temps t_r durant lequel est

permis le fonctionnement de l'engin doit être limité à une valeur d'autant plus faible que la valeur de τ est elle-même plus faible.

Dans le cas des machines électriques, il est relativement facile :

- d'augmenter θ_m en jouant sur les qualités mécaniques et électriques des isolants ;
- d'abaisser θ_1 en jouant sur la ventilation afin d'augmenter l'élimination calorifique par convection.

C'est la puissance massique élevée des locomotives électriques modernes qui leur permet de surmonter à grande vitesse une difficulté temporaire de traction en développant, durant un temps court, une importante surcharge.

Cette circonstance a permis à la locomotive électrique, disposant abondamment d'une énergie directement assimilable, de glaner de forts brillants succès, tandis que la locomotive diesel est fondamentalement handicapée tant dans le domaine de la puissance massique — car ses chevaux doivent digérer de l'avoine sauvage — que dans le domaine de la souplesse d'utilisation ; celle-ci est incapable de fournir un coup de collier supplémentaire puisque précisément, du fait même de leur faible puissance massique, on utilise normalement les moteurs diesel, à la puissance maximale, c'est-à-dire à θ_m .

Mais, une remarque importante s'impose (1) : cette pleine puissance diesel est disponible sur une gamme étendue de vitesses, ce qu'est loin de pouvoir réaliser la traction vapeur. Les locomotives diesel permettent donc, particulièrement dans les services à arrêts fréquents, des performances de trafic très supérieures à celles obtenues par des locomotives à vapeur, dont la définition de puissance est égale, voire supérieure (fig. 5). Il faut également ne pas perdre de vue qu'une locomotive électrique, lorsqu'elle s'approche de sa vitesse

maximale, subit un abattement de puissance disponible qui amenuise, parfois sérieusement, la supériorité manifestée, à mi-vitesse, sur la locomotive diesel.

La puissance massique à la jante d'une locomotive diesel à transmission électrique ne peut guère dépasser 30 chevaux par tonne, dans les conditions actuelles de la technique ; en transmission hydraulique on a pu, en version française sur laquelle nous reviendrons plus tard, dépasser 40 ch/t. dans les locomotives de 4 800 ch installés, mais en recourant à l'emploi de deux moteurs diesel à 16 cylindres 1 500 tours/minute. La transmission mécanique, grâce à son meilleur rendement, permettra de faire mieux lorsqu'elle sera capable, ce qui ne saurait tarder, de transmettre des couples plus élevés.

Ces recherches d'amélioration des transmissions sont extrêmement importantes, puisque seule une considérable augmentation de la puissance massique à la jante permettra de disposer de possibilités de surpuissance temporaire. En effet, aussi longtemps que le diesel devra être utilisé en régime continu au taux maximal de combustible pouvant être brûlé dans la cylindrée, il ne peut être envisagé de lui imposer une surcharge quelconque. En supposant d'ailleurs que cela fût possible par le recours à des artifices temporaires de combustion ou de refroidissement, on se heurterait immédiatement à des pressions dangereuses aux coussinets de tête de bielle.

Les rendements globaux des transmissions électrique et hydraulique ne paraissant pas pouvoir être substantiellement améliorés, toute augmentation de la puissance par litre de cylindrée sera, en conséquence, la bienvenue. L'augmentation de la vitesse de rotation et la suralimentation ont permis de très gros progrès dans ce domaine ; il semble

(1) En réalité cette remarque fut exposée en réponse à une interpellation de M. Esnol, Directeur technique du M.T.E.

que cette évolution doive se poursuivre. Au prochain congrès de la FISITA, M. Chaffiotte exposera l'importance de la contribution de la technique française dans les perspectives d'avenir de la

La traction diesel a pris son essor, il y a trente ans, dans les services de manœuvre où la rentabilité $\frac{\text{diesel}}{\text{vapeur}}$ est

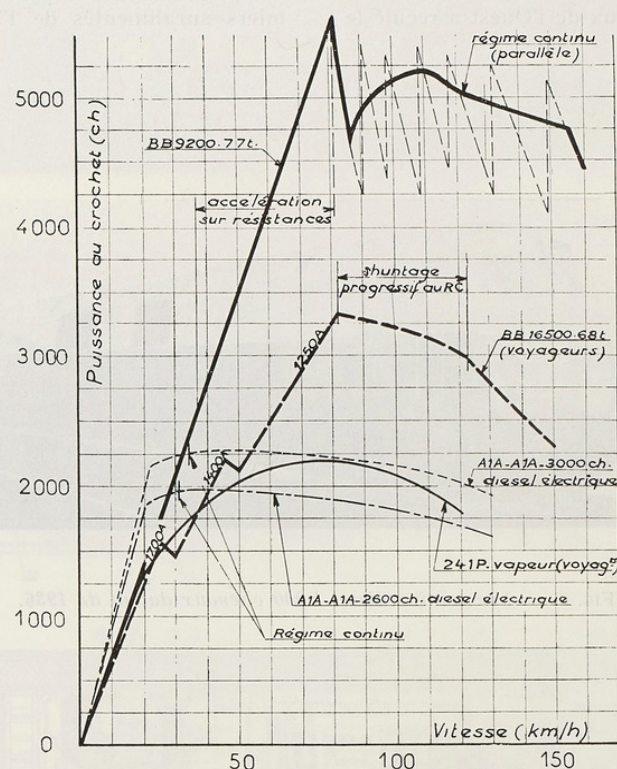


FIG. 5. — Puissances comparées de quelques locomotives S.N.C.F. modernes

suralimentation ; d'autres réalisations, également en cours, en France, doivent permettre d'améliorer la qualité de l'injection, donc l'évolution de la combustion.

maximale ; citons à titre d'exemple que quatre locomotives diesel de 600 chevaux, consommant chacune 21 kilogrammes de gas-oil à l'heure, y peuvent remplacer sept locomotives à vapeur de

1 400 chevaux, consommant chacune 400 kilogrammes de charbon par heure.

A la même époque la traction électrique puissante supplantait déjà la traction vapeur sur les artères à grand trafic. La fulgurante accession que la traction diesel de ligne a connu aux U.S.A. tendrait, certes, à apporter la démonstration inverse ; mais il faut observer que le caractère filiforme des lignes des réseaux de l'Ouest a reculé le

engins les plus puissants de leur époque ; d'un poids de 225 tonnes, elles étaient composées de deux caisses (fig. 6) reposant chacune sur deux bogies encastrant trois essieux moteurs ; elles assuraient des trains de voyageurs entre Paris et la Côte-d'Azur, à la vitesse maximale de 140 km à l'heure, grâce à leurs deux moteurs 4 temps, 12 cylindres suralimentés (peut-être les premiers suralimentés de l'histoire ferro-

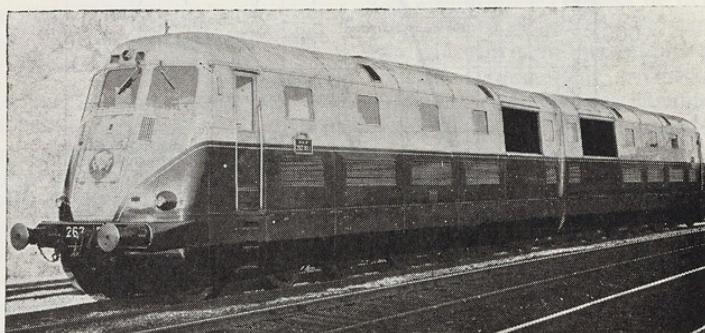


Fig. 6. — Locomotive diesel 4 000 chevaux datant de 1936.

seuil de la rentabilité de leur électrification et que les besoins urgents de moyens de traction moderne, après le désastre de Pearl-Harbour, ont provoqué la création d'une puissante industrie de construction de locomotives diesel équipées d'un moteur diesel marin, deux temps, semi-rapide.

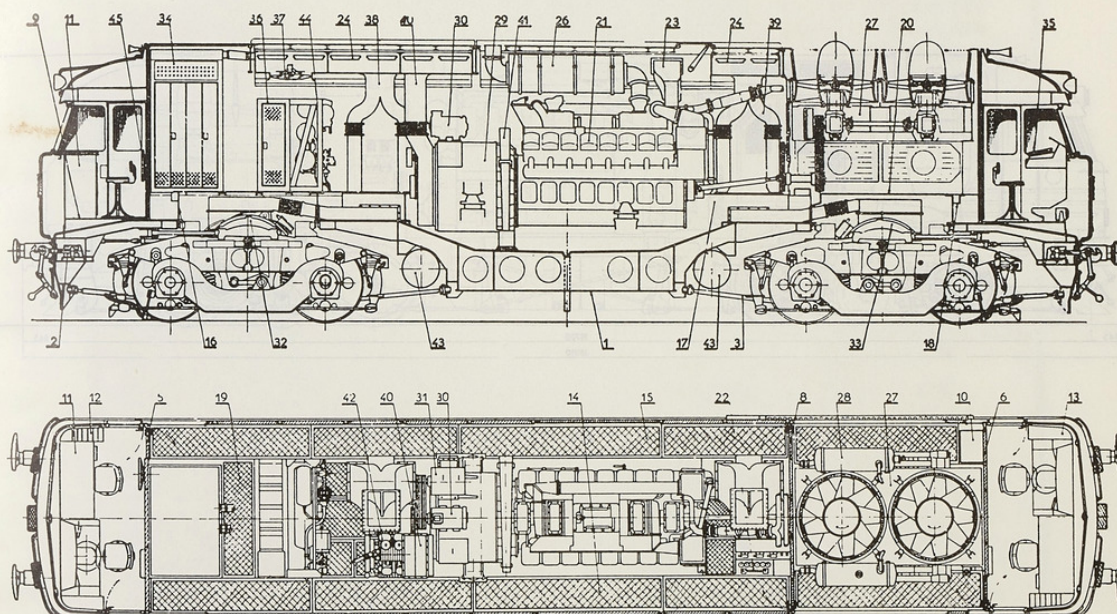
En France, la traction diesel puissante de ligne se manifesta, dès 1936, sous forme de deux locomotives de 4 000 ch., qui étaient probablement les

viaire), tournant à moins de 700 tours par minute.

A vrai dire, les puissances des moteurs équipant les deux nouveaux types de locomotives de ligne monodiesel et à transmission électrique, actuellement construites en série pour les Chemins de Fer Français, ne sont pas beaucoup supérieures à celles de 1936 ; mais c'est la locomotive qui est moins lourde. En effet, pour des puissances respectives de 2 400 et 2 700 chevaux, les masses de



Coupe longitudinale et plan



1. Ensemble du châssis - 2. Montage choc et traction - 3. Montage de la traction basse - 4. Parois latérales - 5. Cloison pare-feu cabine I - 6. Cloison pare-feu cabine II - 7. Charpente de cabine - 8. Cloison étanche - 9. Plancher de cabine - 10. Armoire à habits - 11. Meuble de cabine - 12. Casier à plis - 13. Coffrage d'angle - 14. Caniveau pneumatique - 15. Caniveau électrique - 16. Superstructure avant - 17. Superstructure centrale - 18. Superstructure arrière - 19. Trappes sur superstructure - 20. Superstructure plastique - 21. Moteur S.E.M.T. 16 PA 4 - 22. Armoire diesel - 23. Gaine d'aspiration d'air du diesel - 24. Caissons et filtres - 25. Caissons et filtres - 26. Ensemble de l'échappement - 27. Bloc de refroidissement - 28. Vase d'expansion - 29. Génératrice principale - 30. Statodyne - 31. Excitatrice - 32. Moteur de traction du bogie I - 33. Moteur de traction du bogie II - 34. Armoire électrique - 35. Pupitre - 36. Armoire à accus - 37. Ventilateur du compartiment machines - 38. Ventilateur du moteur de traction I - 39. Ventilateur du moteur de traction II - 40. Gaine d'aspiration d'air de la G.P. - 41. Gaine de refoulement d'air de la G.P. - 42. Compresseur - 43. Réservoirs principaux - 44. Bloc frein - 45. Frein à main

FIG. 7 ET DIAG. A. — Locomotive BB 67000.

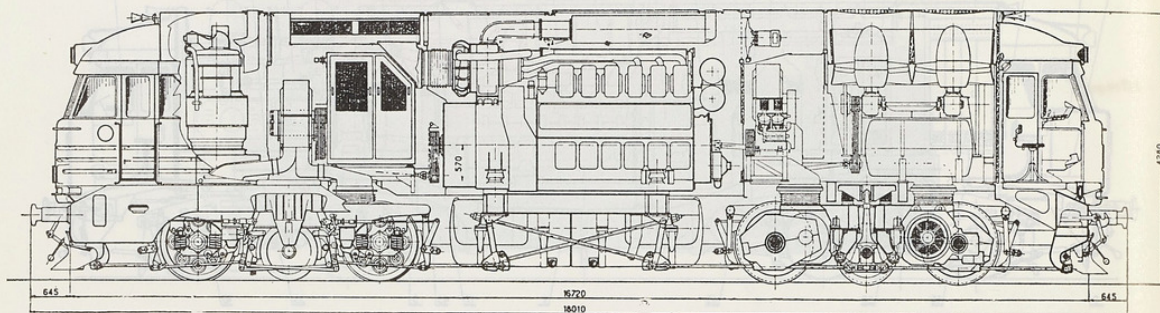
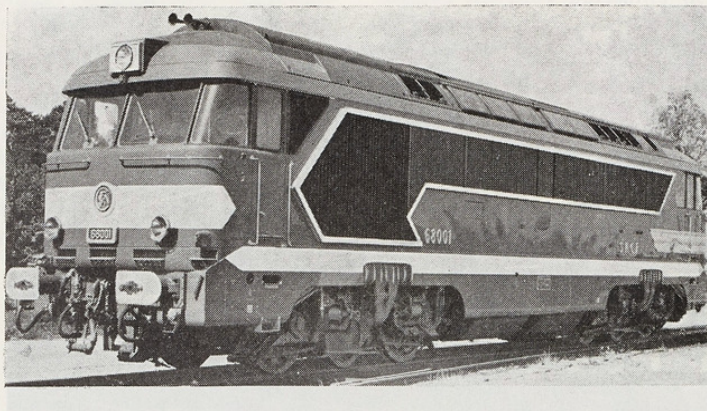


FIG. 8 ET DIAG. B. — Locomotive A1A-A1A 68000.

nos BB 67000 (fig. 7 et diagramme A) et de nos A1A.A1A.68000 (fig. 8 et diagramme B) ne sont que 80 et 106 tonnes.

Soulignons que dans ces 106 tonnes

figurent 10 tonnes pour le chauffage à vapeur de la rame.

Une remarque préalable s'impose : les constructeurs européens sont fidèles aux moteurs 4 temps. Il apparaît que, cons-

cients des difficultés fondamentales à juguler les charges thermiques du 2 temps à régime variable, ils préfèrent rechercher l'accroissement de la puissance massique et de la puissance volumique par l'augmentation tant de la pression moyenne effective que de la vitesse de rotation plutôt que par l'adoption du cycle à 2 temps, si séduisant en première analyse. L'expérience tend à

prouver que leur position n'est peut-être pas mauvaise ; en effet, les moteurs de fabrication française équipant ces locomotives, moteurs suralimentés autant que le permettent les possibilités offertes par le refroidissement de l'air en application ferroviaire, présentent les caractéristiques principales rassemblées dans le tableau C (fig. 9, 10, 11).

TABLEAU C

Type de moteur	A (fig. 9)	B (fig. 10)	C (fig. 11)
Type de locomotive	A1A A1A 68 000	A1A A1A 68 000	BB 67 000 BB 69 000 (1) CC 70 000 (1)
Puissance nominale UIC (2) en chevaux	2 700	2 700	2 400
Nombre de cylindres	12 (V à 50°)	12 (V à 50°)	16 (V à 90°)
Alésage et Course en millimètres	240 × 280	230 × $\left\{ \begin{array}{l} 220 \text{ côté} \\ \text{bielles} \\ 230 \text{ côté} \\ \text{biellettes} \end{array} \right.$	185 × 210
Vitesse de rotation	1 050	1 350	1 500
Cylindrée (dm ³)	152	112,2	90,2
Pression moyenne effective kg/cm ²	15,2	16,1	16
Consommation au régime nominal (g par ch)	171	160	172
Vitesse moyenne de piston (m/sec)	9,8	9,92/10,35	10,5
Vitesse périphérique du maneton (m/sec)	10,7	10,6	10
Pression max. sur coussinet de bielle (kg/cm ²)	286	151	257
Puissance par litre de cylindrée (ch)	17,7	24	26,6
Poids par ch (kg)	5,3	4,44	2,94
Volume par ch (dm ³)	7,7	5,12	3,55

(1) Ces locomotives, bimoteurs, seront décrites plus loin.

(2) UIC : Union Internationale des Chemins de Fer dont le siège est à Paris.

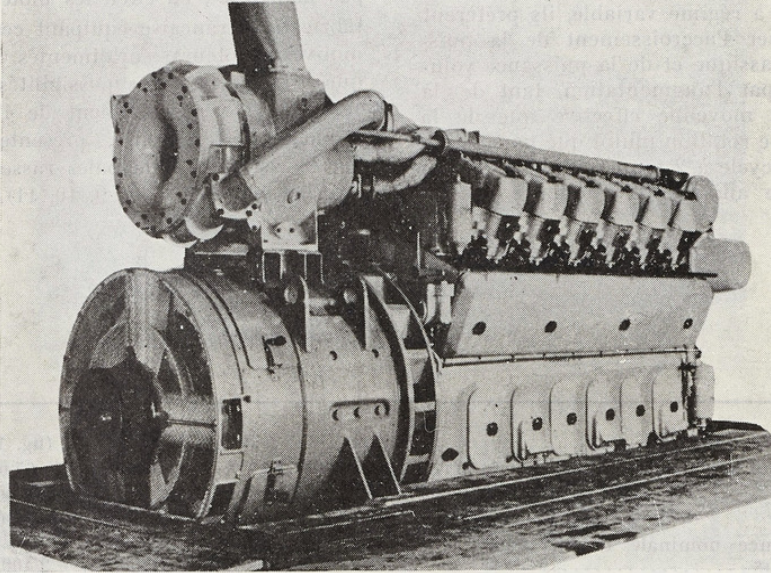


FIG. 9. — Moteur type A.

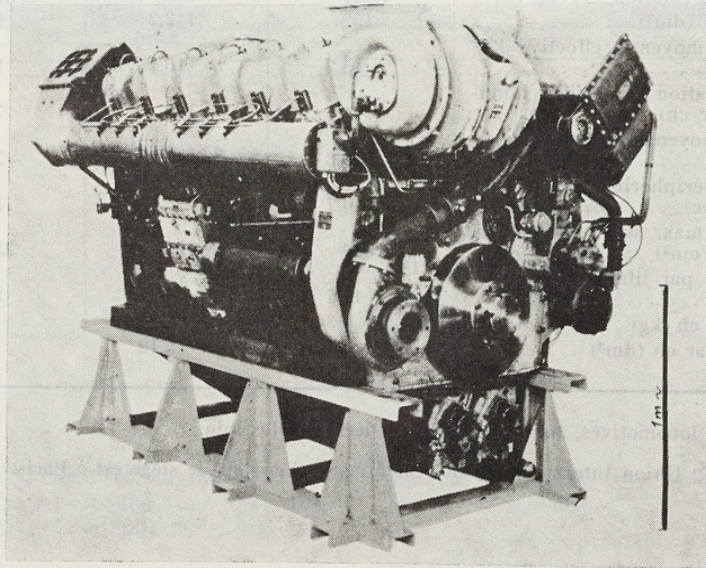


FIG. 10. — Moteur type B.

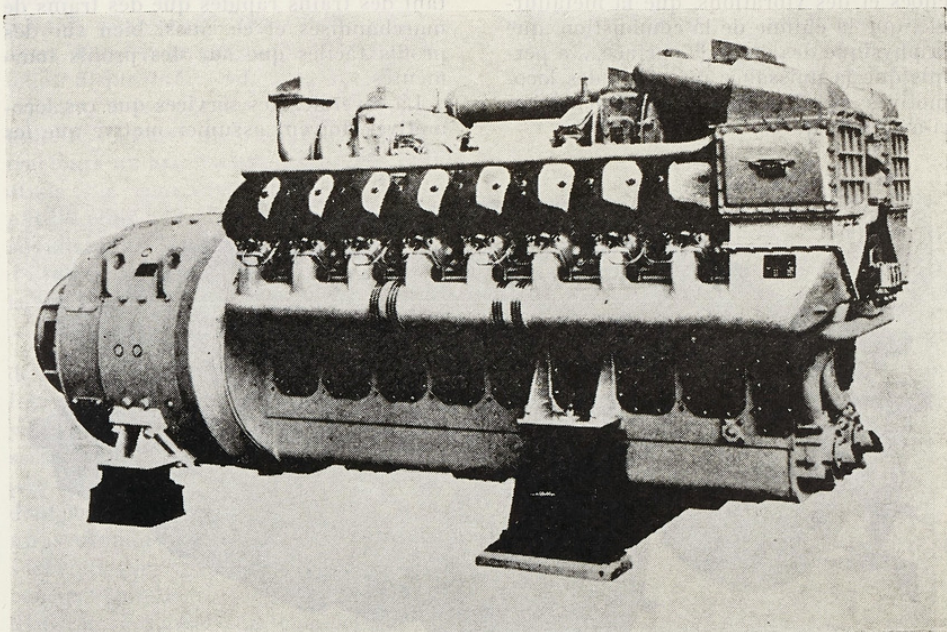


FIG. 11. — Moteur type C

Les progrès continus réalisés dans les processus de combustion ont permis à des moteurs de plus en plus rapides, en particulier ceux à injection directe, d'atteindre des consommations spécifiques voisines de celles des moteurs lents, ces moteurs au sein desquels la combustion a le temps de se mieux parfaire ; ces faibles consommations sont particulièrement appréciées dans les moteurs à fort alésage d'où les calories libérées par unité de volume de chambre ne peuvent être évacuées par les parois qu'au prix d'un flux thermique intense, puisque le rapport $\frac{\text{volume de la chambre}}{\text{surface des parois}}$ est inversement proportionnel à l'alésage.

Concurremment la meilleure connaissance de la structure intime de la matière, et en particulier, de ses déformations élastico-visqueuses, a permis de

réduire les contraintes mécaniques nées des variations du champ thermique des moteurs diesel à régime variant rapidement : les matériaux à faible coefficient de dilatation, telle la fonte — sous réserve qu'elle soit à structure fine et de préférence aciérée afin de jouir d'un module d'élasticité élevé — prirent le pas sur l'aluminium dont seule est favorable la meilleure conductivité thermique ; remarquons d'ailleurs que ce dernier avantage est, par surcroît, minimisé en champ de température non stationnaire du fait de la moindre chaleur spécifique par unité de volume : la légèreté devient alors un handicap.

La conjugaison harmonieuse des progrès fondamentaux et technologiques obtenus dans des branches aussi disparates que la mécanique et la thermique des flammes, que l'aérodynamique supersonique, que la mécanique des

choes et des vibrations, que la métallurgie, que la chimie de la combustion, que la physique des états de surface..., a permis que la puissance massique des locomotives diesel connaisse l'augmentation ci-avant évoquée.

tant des trains rapides que des trains de marchandises et ce aussi bien sur des profils faciles que sur des profils tourmentés.

La diversité des services que ces locomotives doivent assumer motive que les

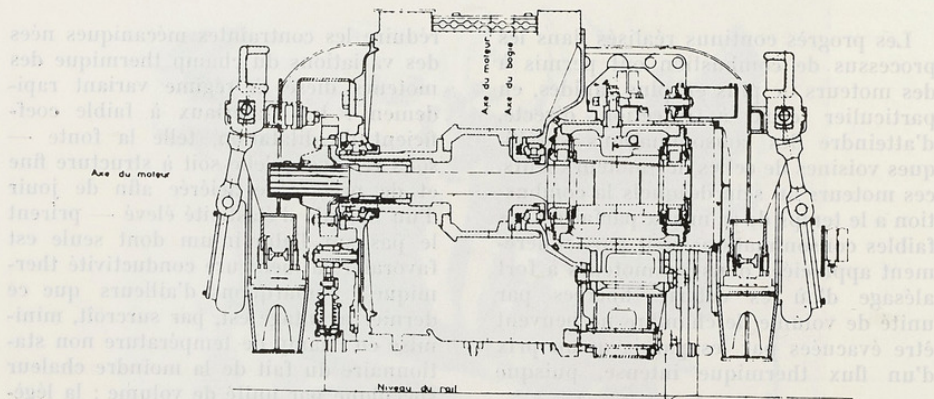
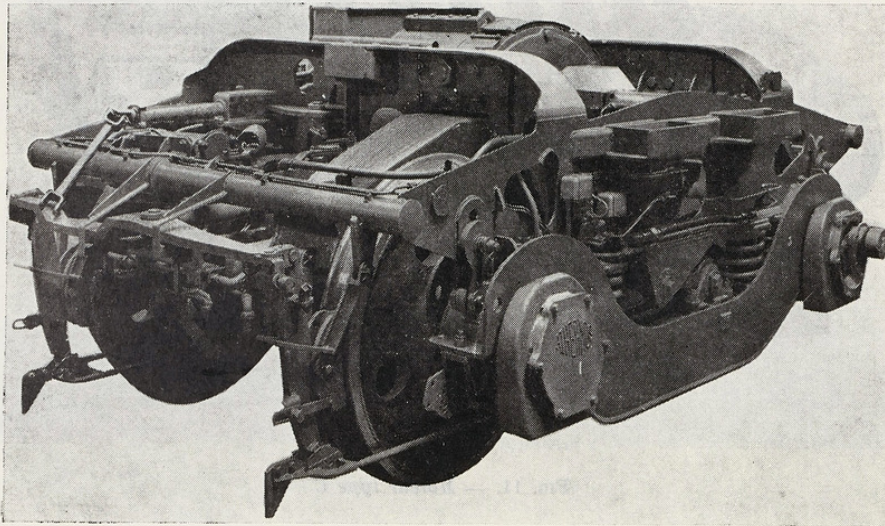


FIG. 12 ET DIAG. D. — *Bogie de 67000*

Parallèlement, l'évolution des machines électriques tournantes rendait ces locomotives mieux aptes à remorquer

responsables de leur conception soient ceux-là mêmes qui fixent les performances qu'elles doivent réaliser. En consé-

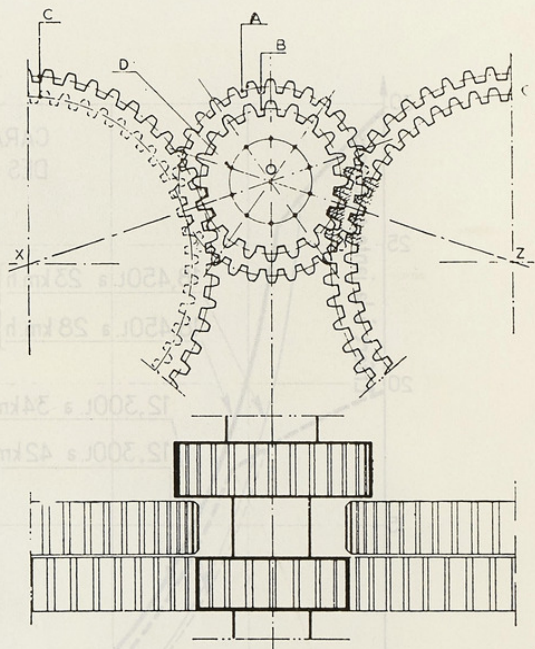
quence, les Bureaux d'Etudes de la S.N.C.F. établissent une étude générale assez détaillée par laquelle ils imposent telles dispositions, telles solutions, tels organes, telles normes. La Direction de la S.N.C.F., lance auprès des divers constructeurs un appel d'offres basé sur cette étude ; le constructeur retenu accomplit les études d'exécution lesquelles sont soumises à l'approbation des bureaux d'Etudes du Chemin de Fer, avant que la fabrication soit lancée.

Il s'ensuit que nos locomotives, fruits de la coopération utilisateur + constructeur, possèdent un certain nombre de particularités spécifiques des deux pensées. Ainsi la locomotive 67000 est équipée avec un bogie (fig. 12 + diag. D), dont les deux essieux sont entraînés par un seul moteur électrique entièrement suspendu ; les engrenages de liaison sont conçus de telle sorte qu'ils permettent d'opérer à l'arrêt un changement de vitesse par simple translation de l'arbre moteur portant deux pignons sans point mort. L'induit du moteur électrique 1 est calé sur un arbre creux 2 qui entraîne l'arbre moteur 3 par un manchon 4 et un plateau 5 à moyeu cannelé. L'autre extrémité de l'arbre moteur est portée dans un palier 6 coulissant dans le boîtier 7 du bâti 8 de transmission mécanique ; les deux couronnes de chaque pignon 9 et 10 ont leur nombre de dents (respectivement 20 et 30) choisis pour :

- 1° offrir les rapports de réduction convenables (fig. 13) ;
- 2° posséder un nombre de dents en coïncidence égal au plus grand commun diviseur, soit 10.

La translation de ces deux couronnes séparées par un espace légèrement supérieur à une largeur de denture, s'effectue dans l'une des 10 positions de coïncidence, position obtenue, le cas échéant, en déplaçant légèrement la locomotive.

Chacune des deux roues intermédiaires, liant le pignon moteur aux deux roues dentées principales de 69 dents attaquant les essieux par une transmis-



A. Pignon de grand régime, 30 dents (position de translation) -
B. Pignon de petit régime, 20 dents (position de translation) -
C. Roues réceptrices, 53 dents chacune - OX, OZ. Ligne des centres - D. 10 positions de coïncidence

FIG. 13. — Changement de régime à l'arrêt.

Schéma de principe

sion à cardan, conçue par un Ingénieur de la Division des Etudes de Traction Electrique de la S.N.C.F., est composée elle-même de deux couronnes de 53 dents (l'une de module 12, l'autre de module 13,5), dont la plus petite engrène en permanence avec la susdite roue de 69 dents.

On dispose donc :

- d'un rapport « Régime voyageurs »
de $\frac{69}{30} = 2,3$,
- d'un rapport « Régime marchandises » de $\frac{69}{20} = 3,45$.

Précisons que deux crans de shuntage à 48 et 66,5 % de réduction de champ permettent de transmettre la puissance du moteur diesel presque jusqu'à la vitesse maximale (fig. 14).

La suspension primaire du bogie comporte des ressorts hélicoïdaux entre châssis et balanciers, complétés par qua-

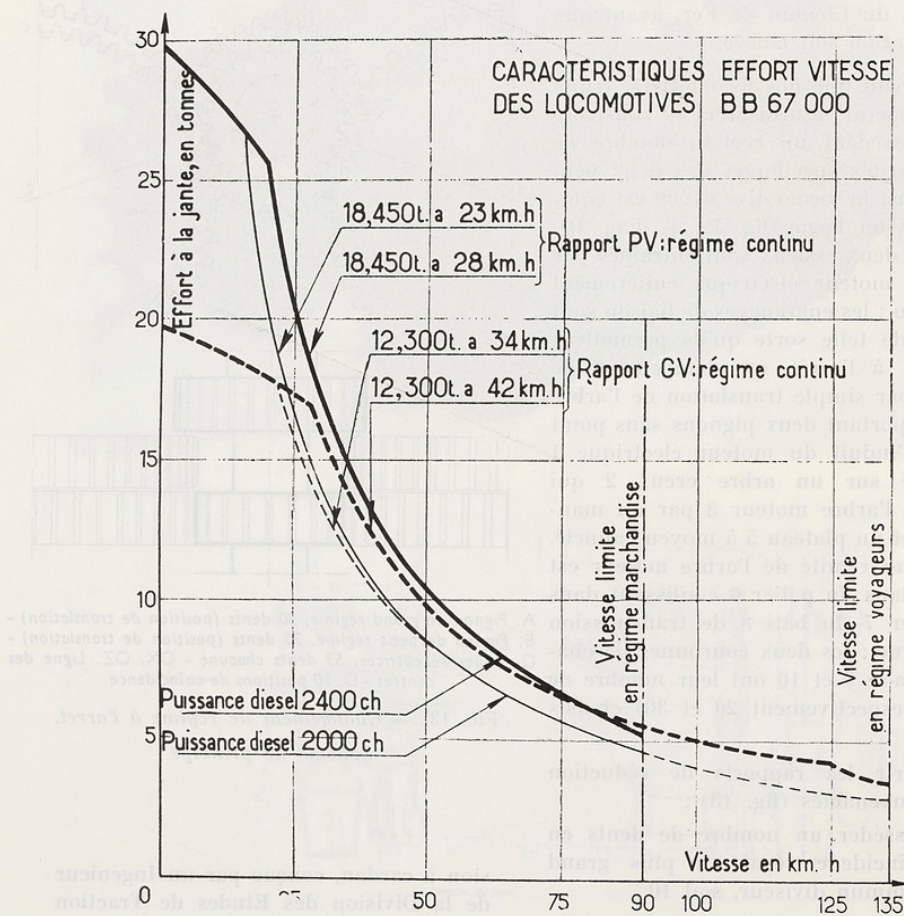


FIG. 14.

Le deuxième rapport permet d'obtenir un effort au régime continu égal à 23 % du poids adhérent.

tre amortisseurs et deux bielles de guidage longitudinal à articulations à silent-blocs. La suspension secondaire est

pendulaire : les bielles sont attachées à leur partie inférieure sur des appendices de caisse et pendues au milieu de balanciers longitudinaux par un système à rotule qui permet la libre rotation du

plété par les barres de traction basse reliant le dessous de caisse à la partie inférieure des bogies, permet d'éviter le naguère classique pivot de bogie.

Ce bogie pesant, tout équipé, 19 000 kg

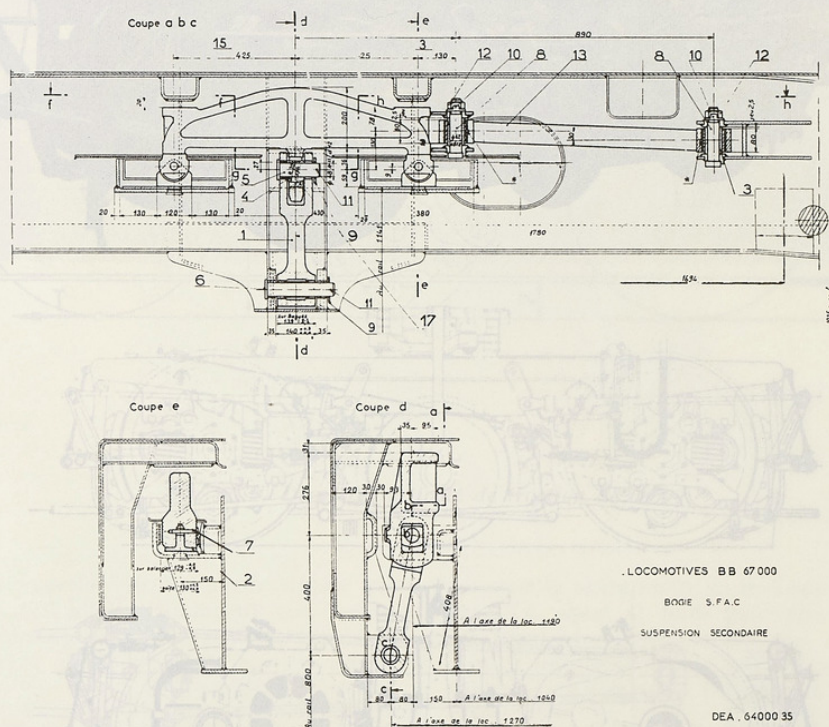


FIG. 15. — Suspension de caisse sur bogie 67000.

bogie (fig. 15). Ces balanciers de suspension transmettent leur charge à quatre lisoirs qui se déplacent chacun sur une plaque d'usure placée à l'intérieur de bacs faisant partie des brancards du bogie. Ce système de suspension, com-

s'apparente étroitement à un bogie de locomotive de grande vitesse pouvant être alimentée indifféremment soit en courant continu 1 500 V, soit en courant mono 16 Hz $2/3$, soit en courant mono 50 Hz.

Le bogie de la locomotive 68000 (fig. 16 et diagramme E) présente lui aussi des dispositions foncièrement originales. L'impératif de devoir circuler sur des

mettre de ne prévoir que 80 tonnes d'adhérence. L'adoption d'un bogie du type A1A moins cher, moins encombrant et à moindre rayon de giration

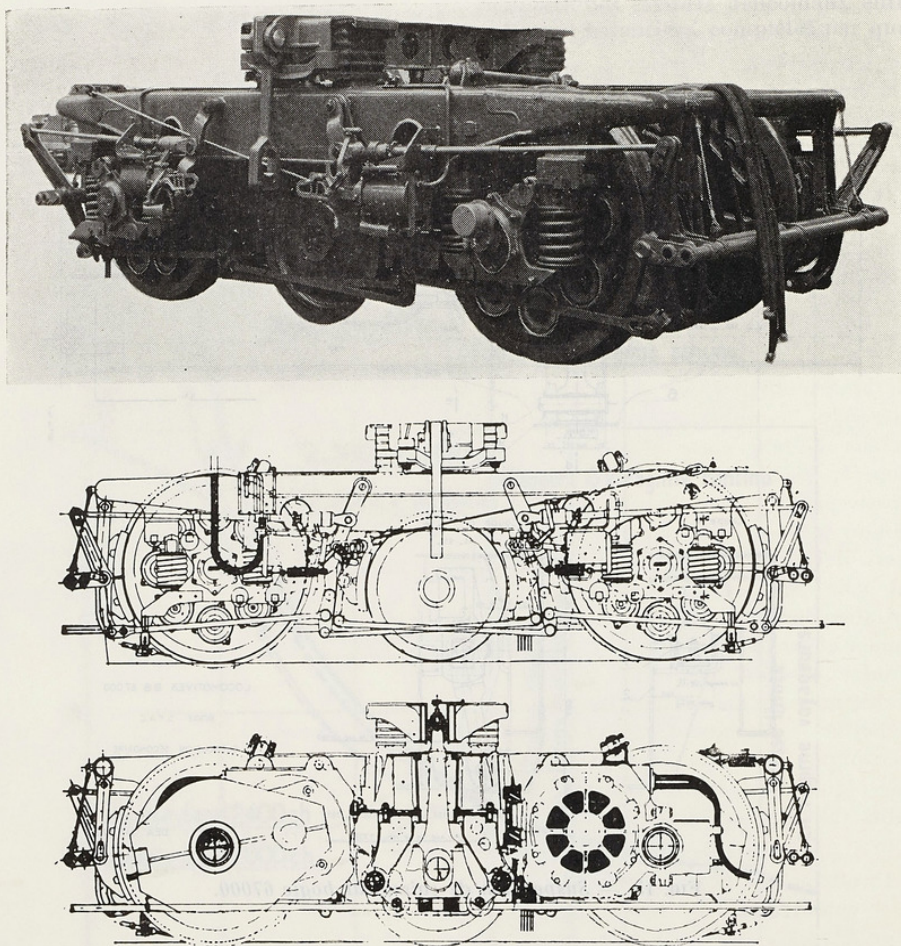


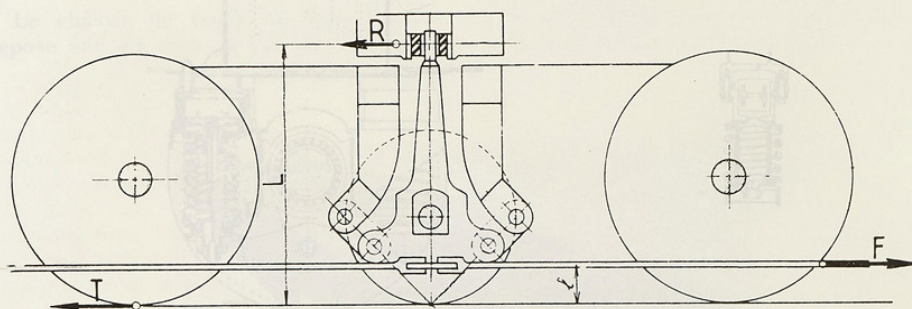
FIG. 16 ET DIAG. E. — Bogie de locomotive 68000.

voies n'admettant pas une charge par essieu supérieure à 18 tonnes a conduit à l'adoption de bogies à 3 essieux. Mais l'effort exigé au démarrage pouvait per-

qu'un bogie C classique était donc séduisant sous réserve que des dispositions soient prises pour tirer la quintessence du poids adhérent des essieux moteurs.

Au dispositif de traction basse, dispositif généralisé par les matériels S.N.C.F. qui minimise les délestages d'essieux AV sous l'effet du cabrage du bogie en abaissant le point d'application de l'effort de traction, fut adjoint un dispositif articulé reportant fictivement ce point au niveau du rail (fig. 17). Le point d'accro-

groupes de deux jumelles formant entre elles un angle dont le sommet est situé au niveau du rail. L'analyse de l'équilibre statique des forces mises en jeu sous l'influence de l'effort de traction montre que le couple de cabrage F_l susceptible de délester l'essieu avant est exactement contrebalancé par le couple



$$\sum \times l = R \times L$$

FIG. 17. — Dispositif articulé de traction de 68000

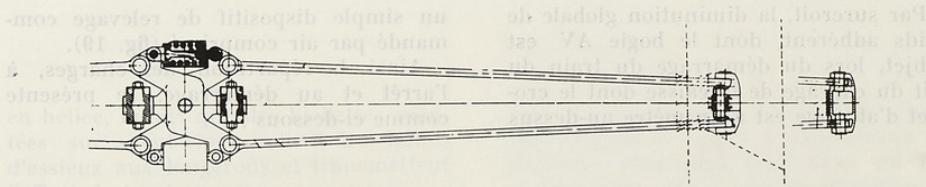


FIG. 18. — Dispositif de traction basse de 68000

chage de la traction basse se situe à la partie inférieure d'une béquille pivot encadrant largement l'essieu porteur ; l'extrémité supérieure de cette béquille émerge du châssis de bogie dans un logement cylindrique de la traverse de charge, tandis que l'extrémité inférieure est reliée au socle de traction par deux

antagoniste de rappel R.L., exercé par le pivot de traction sur le châssis de bogie et tout se passe comme si l'effort de traction F était exercé au niveau du rail. Deux palonniers en X articulés sur le tourillon du pied de la béquille-pivot entraînent quatre tiges de traction reliant le bogie à la caisse (fig. 18) ; ainsi

le bogie reste libre de s'orienter et de se déplacer latéralement ; des biellettes élastiques montées avec tension initiale relient les extrémités des palonniers ; leur présence améliore la progressivité des efforts de traction.

du rail, est compensée par une diminution de la charge supportée par l'essieu porteur du bogie en question : chacune des boîtes étant munie de deux ressorts en hélice concentriques ; il est possible d'annuler l'effet du ressort intérieur par

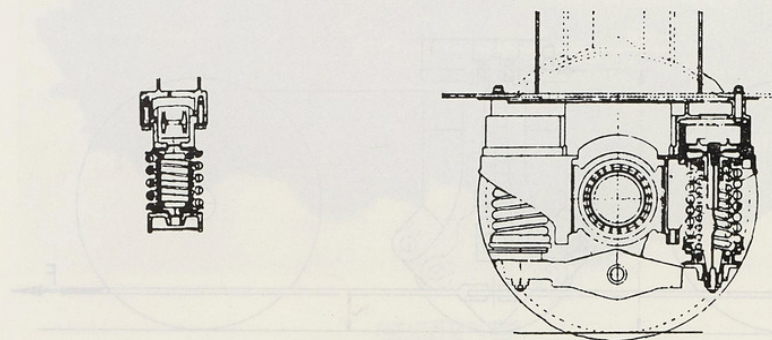


FIG. 19. — Délestage de l'essieu porteur de 68000

Par surcroît, la diminution globale de poids adhérent, dont le bogie AV est l'objet, lors du démarrage du train du fait du cabrage de la caisse dont le crochet d'attelage est à un mètre au-dessus

un simple dispositif de relevage commandé par air comprimé (fig. 19).

Ainsi la répartition des charges, à l'arrêt et au démarrage, se présente comme ci-dessous :

Ordre de l'essieu	Bogie AV			Bogie AR		
	1	2	3	4	5	6
A l'arrêt	17 640	16 660	17 640	17 640	16 660	17 640
Au démarrage						
sans compensation	16 370	15 830	16 370	18 910	17 490	18 910
avec compensation	18 330	11 910	18 330	18 910	17 490	18 910

Au total, au démarrage la 68000, locomotive dont la charge nominale par essieu est de 17 640 kg, possède une charge effective de 4 fois 18 330 kg, égale à celle d'une locomotive classique de 19 600 kg de charge nominale par essieu.

Les moteurs de traction sont semi-suspendus sur un arbre creux qui entraîne l'essieu par l'intermédiaire d'éléments en caoutchouc logés dans des boîtiers ménagés dans les voiles de roues.

Le châssis de bogie du type en H repose sur les essieux par des ressorts

Les déplacements transversaux des caisses de 67000 et 68000 par rapport à leur bogie sont respectivement de ± 30 et ± 60 millimètres.

Les caisses des deux types de locomotives sont de conception différente. La caisse de la 67000 est essentiellement composée d'un châssis formant une poutre d'inertie variable dont les brancards tubulaires s'épanouissent au centre pour former réservoir à combustible (fig. 20). Les superstructures concourent assez peu à la résistance d'ensemble ; la toi-

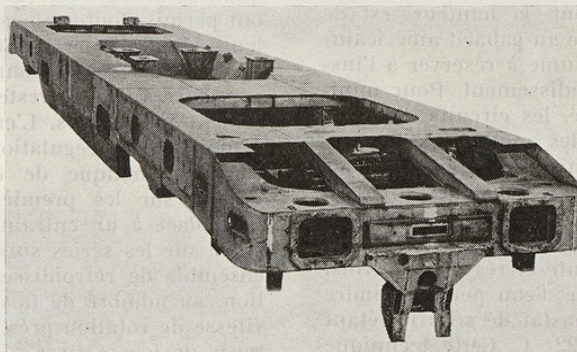


FIG. 20. — Châssis de locomotive 67000

en hélice, tandis que des biellettes montées sur silent-blocs relient les boîtes d'essieux aux longerons et transmettent l'effort de traction.

La caisse repose sur chaque bogie par deux bielles suspendues à une traverse de charge, laquelle est reliée au châssis de caisse par des biellettes longitudinales. Entre cette traverse de charge et le châssis de bogie sont interposés des blocs de caoutchouc dont la flexibilité verticale assure la suspension de la caisse et dont l'élasticité transversale permet le pivotement du bogie ; des patins de frottement amortissent les mouvements de lacet.

ture est entièrement démontable. On a fait largement appel à l'utilisation de matières plastiques tant dans un but d'allègement qu'en vue de simplifier la fabrication des pièces dont les formes non développables se prêtaient mal à l'emploi de l'acier : au total, sans nuire aux qualités de résistance, 8 tonnes d'acier sont remplacées par 4 tonnes de matières plastiques et d'alliages légers ; en particulier les faces, les portes et la toiture des cabines de conduite sont exécutées en un complexe (polyester + fibre de verre) teinté dans la masse.

La même cabine, avec les mêmes portes et les mêmes larges glaces, a été

adoptée pour les 68000 dont la charpente de caisse est constituée par un châssis et des parois travaillantes entretoisées à leur partie supérieure (fig. 21).

L'insonorisation de ces cabines est très appréciée, particulièrement celle de la 68000 montée sur plots de caoutchouc qui l'isolent du châssis : à pleine vitesse le niveau sonore ne dépasse pas 80 dBA, c'est-à-dire qu'il se situe à plus de 10 dB au-dessous des niveaux sonores des locomotives précédentes.

L'une des difficultés majeures auxquelles on se heurte lorsqu'on procède à l'avant-projet d'une locomotive puissante, légère et devant respecter le gabarit européen (dont la hauteur est de 317 mm inférieure au gabarit américain) réside dans le volume à réserver à l'installation de refroidissement. Pour minimiser la difficulté, les circuits d'eau de refroidissement des moteurs sont soumis à une pression statique pouvant aller jusqu'à 3 atmosphères absolues, pression fournie par l'air du frein et appliquée dans le vase d'expansion au moyen d'un ensemble de détente et régulation. Ainsi la température de l'eau peut atteindre 115° C, un thermostat de sécurité étant alors réglé sur 122° C. Cette technique permet de réduire d'une quantité appréciable l'importance des radiateurs (1) et la puissance absorbée par les ventilateurs ; par surcroît, elle affranchit des si dangereuses formations de poches de vapeur prenant naissance lors des mises au ralenti brutales et amenuise d'une façon considérable (voire totalement) les corrosions dynamiques de chemises et bâtis ; enfin, elle diminue l'énergie calorifique évacuée par cheval et par unité de temps jusqu'à diminuer la consommation spécifique de 2 grammes au cheval/heure. Les moteurs diesel évoqués ci-avant ont systématiquement subi leurs essais officiels dans de telles conditions de pression statique.

Les ventilateurs des radiateurs ont été

spécialement conçus pour diminuer le bruit ; leurs pales sont élaborées en résine stratifiée : elles possèdent donc une fréquence propre plus faible et un coefficient d'amortissement beaucoup plus élevé que les classiques pales en alliage d'aluminium ; ce coefficient d'amortissement est, lui-même, augmenté par le fait que ces pales sont montées sur des attaches oscillantes qui jouent le rôle d'un encastrement imparfait (fig. 22) ; par ailleurs, pour diminuer le bruit de sirène, la répartition angulaire des pales est légèrement dissymétrique et leur nombre est premier avec le nombre des aubages directeurs du stator ; enfin les qualités aérodynamiques du profil retenu ont permis, toutes choses égales par ailleurs, de diminuer la vitesse de rotation. Les diffuseurs amont et aval, en complexe verre polyester, sont intérieurement insonorisés. L'entraînement mécanique avec régulation par coupleur électromagnétique de ces ventilateurs, adopté sur les premières locomotives, fera place à un entraînement hydrostatique sur les séries suivantes. Le même ensemble de refroidissement et ventilation, au nombre de faisceaux près et la vitesse de rotation près, équipe les deux types de locomotives.

L'insonorisation externe a été d'autant plus soignée que les débits d'air traversant, par seconde, la locomotive, sont considérables, atteignant pour la 68000, 55,9 m³/sec., soit :

- 34,50 m³/sec. pour la ventilation des radiateurs que nous avons évoquée ci-dessus ;
- 3,55 m³/sec. pour le moteur diesel ;
- 6,50 m³/sec. pour la ventilation de la génératrice principale ;
- 8,40 m³/sec. pour la ventilation des moteurs de traction ;

(1) A titre d'exemple les 36 faisceaux de radiateurs, prévus en solution classique, pour l'équipement d'origine des locomotives 67000 furent ramenés à 28 lorsque l'augmentation de 2 000 à 2 400 chevaux de la puissance des moteurs eût imposé l'adoption de la mise sous-pression.

- 2,50 m³/sec. pour la ventilation du compartiment moteur ;
- 0,45 m³/sec. pour l'alimentation de la chaudière.

de pluie et de neige tout en régularisant, en vitesse, les répartitions globales d'air, ont un effet d'abat-son sur les bruits de basse fréquence. Les bruits de haute fréquence sont étouffés par les filtres en

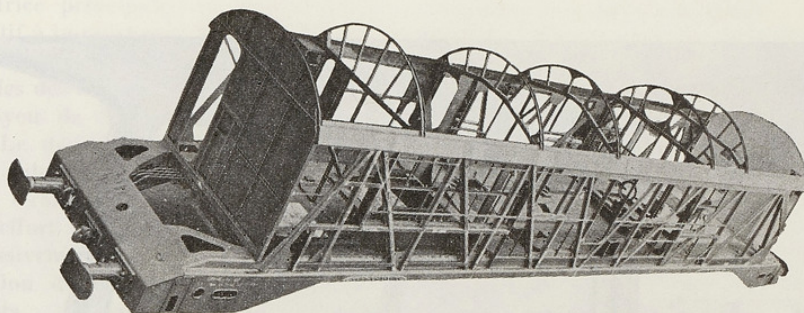


FIG. 21. — Ossature de caisse de locomotive 68000.

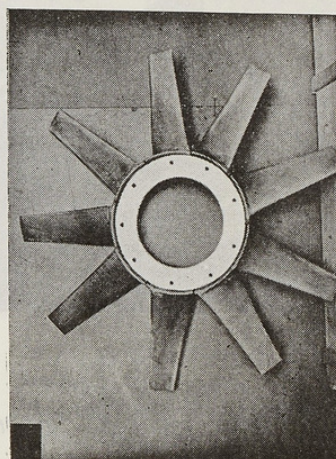
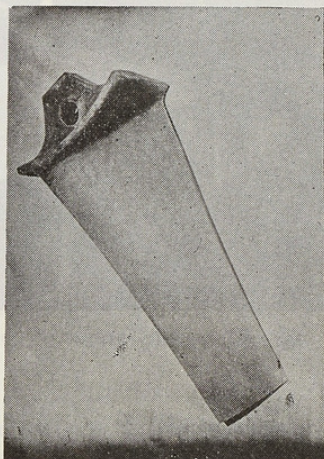


FIG. 22. — Pale et rotor de ventilateur des radiateurs.

Celles des entrées d'air qui doivent s'effectuer dans les parois latérales sont pourvues de persiennes à chicanes verticales ménagées dans les motifs architecturaux latéraux ; ces chicanes, dont le profil a été étudié pour éviter les entrées

matelas poreux de crin néoprène disposés derrière ces persiennes.

L'échappement du moteur est pourvu de silencieux à absorption. La sortie d'air de ventilation de la G.P. s'effectue par le plancher au-dessus du réservoir à

combustible ce qui a pour effet de retarder, par grands froids, la congélation du combustible.

Les pupitres de commande des deux locomotives sont également les mêmes (fig. 23) ; entièrement étudiés par les ser-

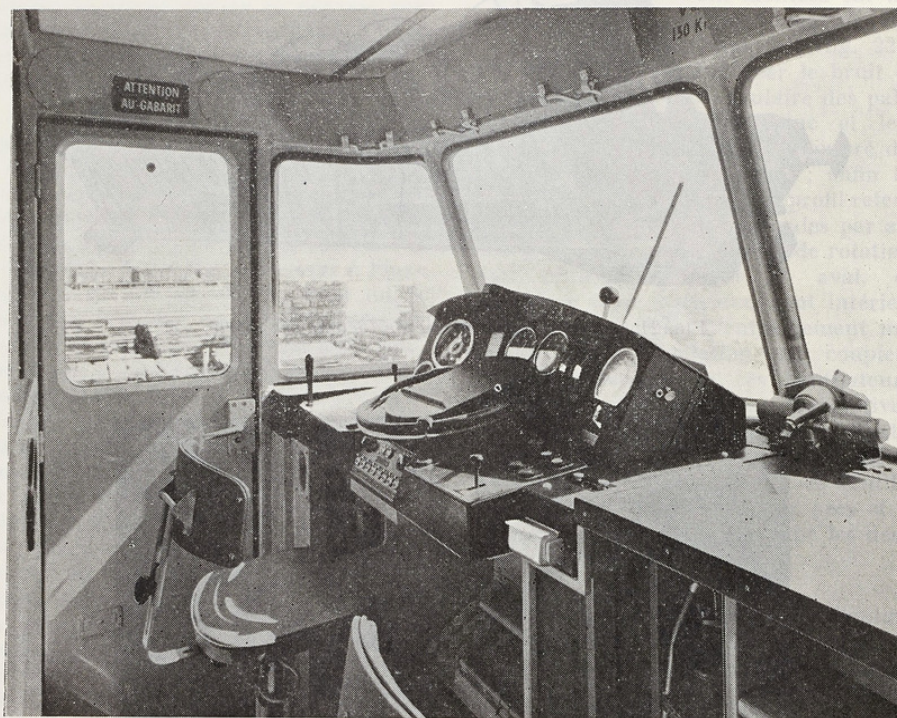


FIG. 23. — Pupitre de commande.

Le résultat global est satisfaisant puisque le bruit émis par ces locomotives s'avère inférieur aux bruits de roulement de la rame qu'elles remorquent.

vices techniques de la S.N.C.F. en collaboration avec son service médical, ils sont fonctionnels : les manettes, voyants, appareils de mesure sont rassemblés

d'une façon logique sous un auvent qui empêche toute réflexion parasite. Le conducteur, qui peut se tenir à volonté assis ou debout, règle la puissance délivrée par le groupe électrogène en fixant la vitesse du moteur diesel (dont le régulateur ajuste l'excitation séparée de la génératrice principale) au moyen d'un dispositif à impulsions (+ vite, — vite) ; ce dispositif permet la marche en unités multiples des locomotives 67000 et 68000 au moyen de 3 fils électriques seulement. Le démarrage du train, entièrement automatique, s'effectue sur le régime « ralenti en charge » du diesel : ainsi l'effort à la jante est appliqué très progressivement et sans à-coup, l'augmentation de l'intensité se faisant en 40 plots ; dès que l'ébranlement est obtenu, on accélère le diesel doucement au fur et à mesure que tend à diminuer l'intensité fournie aux moteurs de traction.

Une différence apparaît dans les dispositifs de shuntage adoptés : sur la 67000, les deux crans de shuntage, à 48 et 66,5 % de réduction de champ, sont commandés par la vitesse du train ; sur la 68000, les deux crans (à 54 et 68 %) le sont en fonction de l'utilisation de la puissance, par le rhéostat de champ à servo-moteur qui, avec ses 40 plots, règle l'excitation de la génératrice principale en fonction de la vitesse de rotation du diesel.

Les quatre moteurs de traction de la 68000 sont des moteurs à excitation série, branchés en parallèle comme il est de pratique courante en traction diesel ; ainsi le patinage de l'un des 4 essieux moteurs modifie très peu les tensions aux bornes et les 3 autres essieux conservent leur couple moteur ; le moteur de l'essieu qui patine, quant à lui, ne s'emballe pas, puisque sa caractéristique effort-vitesse décroît plus rapidement

que le coefficient de frottement (roue, rail), en fonction de la vitesse ; ainsi le démarrage du train étant poursuivi grâce aux trois autres essieux, le moteur perturbé peut rapidement trouver de meilleures conditions d'adhérence dont il profitera sans provoquer d'à-coups. La conjugaison des dispositifs d'anticabrage, de la commande progressive et du groupement en parallèle des 4 moteurs confère à la 68000 des capacités de démarrage très appréciées ; aux essais des coefficients d'adhérence de 0,45 ont été fréquemment obtenus à vitesse nulle sans sablage.

Le couplage mécanique des deux essieux de chaque bogie permet à la 67000 de présenter également de très bonnes qualités d'adhérence.

Le frein automatique, modérable au serrage et au desserrage, est mis en action par un dispositif à commande électrique.

**

La S.N.C.F., tandis qu'elle commandait des séries de ces deux locomotives de type classique, ne perdait pas de vue les nécessités d'avenir et passait deux marchés de chacun deux locomotives étudiées par deux constructeurs concurrents, mais possédant dans une seule caisse 4 800 chevaux, à savoir deux moteurs du type C, c'est-à-dire déjà retenus pour équiper les locomotives 67000.

Deux de ces locomotives prototypes — les 69000 — à transmission hydraulique ont été mises en service au début de 1964 ; les deux autres — les 70000 — à transmission électrique avec alternateur bi-rotor, le seront courant 1964. Les

69000 (fig. 24) sont capables d'une vitesse maximale de 140 kilomètres à l'heure ; elles développent alors un effort de

fèrent dans la réalisation du fait qu'une transmission hydraulique à deux convertisseurs et un coupleur, conçue pour

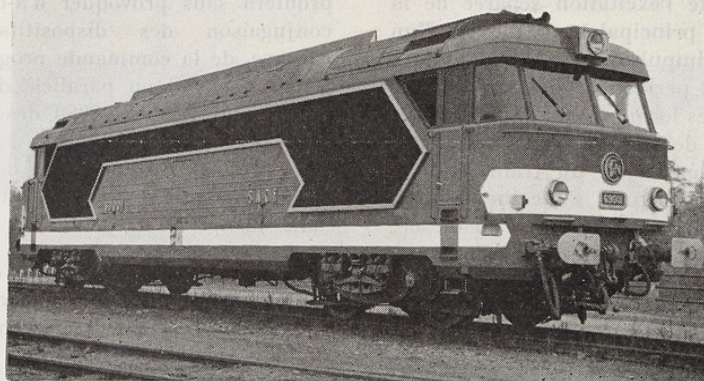


Fig. 24. — Locomotive BB 69000.

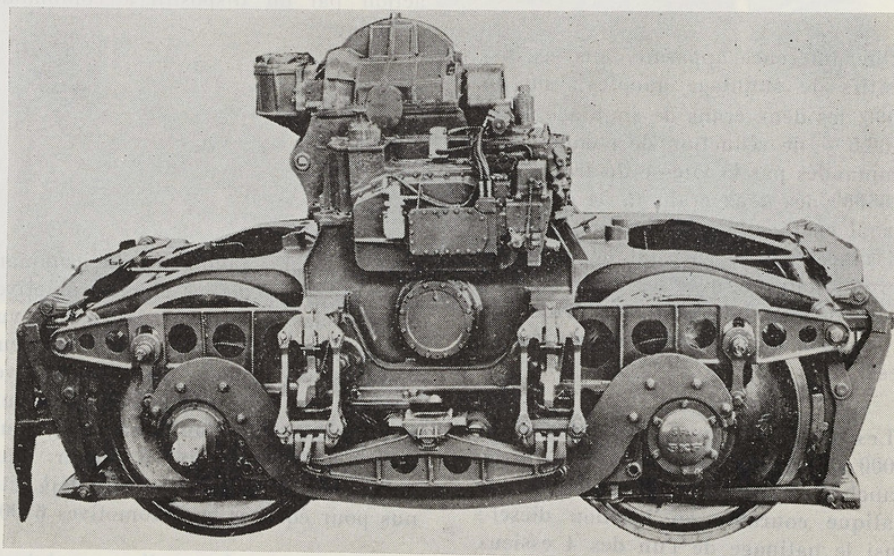


Fig. 25. — Bogie de locomotive 69000.

7 250 kg ; leurs deux bogies s'apparentent étroitement au point de vue conception aux bogies des 67000, mais en dif-

transmettre 2 200 chevaux, a été substituée au moteur électrique (fig. 25). La présence de la transmission au sein du

bogie permet d'entraîner les essieux par engrenages droits depuis la sortie de la boîte ; cette technique française présente donc l'intérêt capital d'affranchir des difficultés inhérentes aux couples élevés que doivent, en solution classique, supporter, lors des démarrages, les arbres à cardan reliant la sortie de boîte

Pour ne pas dépasser la charge par essieu de 21 tonnes — soit 84 tonnes au total, compte étant tenu des 4.500 litres de combustible et des approvisionnements divers — il a fallu réaliser une caisse particulièrement légère tout en restant robuste. La réalisation d'une

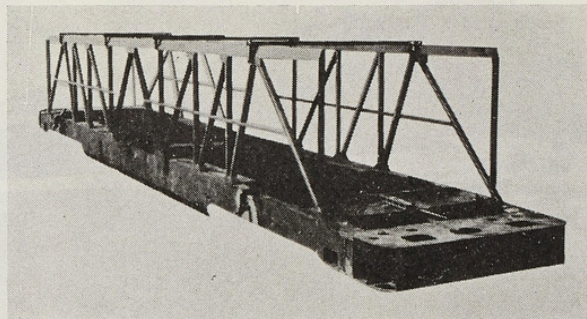


FIG. 26. — Ossature de caisse de 69000.

aux essieux ; dans la locomotive 69000 les arbres à cardan sont situés entre le moteur diesel et l'entrée de la boîte : ils supportent donc au maximum le couple développé par le diesel. Un avantage supplémentaire réside dans la disparition de ponts-moteurs à couple conique non suspendus, lourds et encombrants, du fait que l'entraînement des essieux est du type de celui adopté pour les locomotives 67000.

poutre longue de 19 mètres (fig. 26) ne pesant pas plus de 7 tonnes et résistant à des efforts de compression de 200 tonnes a été une réussite que nous considérons comme exceptionnelle.

Nous augurons que la présence simultanée :

— d'une transmission mécaniquement peu vulnérable aux couples élevés,

— d'une puissance massive permettant des accélérations franches,

favorisera un comportement affranchi des conséquences de la constante de temps caractérisant les transmissions hydrauliques.

Les locomotives 70000 (fig. 27) dont les performances prévues doivent être

des transmissions électriques ; l'excitation séparée de l'excitatrice comporte un rhéostat de champ assurant la régulation externe de la puissance ; un dispositif permet de combiner cette régulation avec la nécessité de marche des deux moteurs diesel, au même couple simultané, de façon telle que le moteur le plus chargé commande la régulation.



FIG. 27. — Locomotive CC 70000.

légèrement supérieures à celles des 69000, jusqu'à 120 km/h, mais inférieures entre 130 et 140, sont de conception entièrement nouvelle en ce qui concerne la transmission. En effet, un groupe électrogène unique comprend les deux moteurs diesel entraînant, l'un, le rotor intérieur (inducteur), l'autre, le rotor extérieur (induit) d'un alternateur birotor ; la vitesse relative de ces deux rotors, tournant en sens inverse au sein d'une virole servant d'entretoise aux deux moteurs diesel est de 3.000 tours par minute. L'alternateur est excité par une excitatrice à trois enroulements lui donnant les caractéristiques habituelles

Le courant produit — du triphasé 200 Hz — redressé par des cellules au silicium alimente deux moteurs de traction à courant continu branchés en parallèle ; chacun est monté dans un bogie dont les trois essieux, attaqués par engrenages, sont moteurs.

Ces deux types de locomotives, à deux moteurs diesel offrent la même esthétique générale que les 67 et 68000 ; elles en possèdent également la cabine et l'équipement pneumatique, ainsi que les dispositifs de filtration. La filtration d'air est réalisée par des cadres plans de matelas poreux au crin néoprène

(fig. 28), assurant, entre autres, l'épuration de l'air destiné au Diesel jusqu'à 10 microns et avec un rendement excellent sans avoir besoin d'être imprégnés d'huile ; la filtration de l'huile-moteur est assurée par un ensemble de deux manchons aux dimensions unifiées, l'un

objet de faciliter les conditions d'entretien.

La S.N.C.F. désire également se rendre compte des possibilités offertes par les transmissions mécaniques ; ces transmissions possédant un rendement supérieur à celui des transmissions élec-

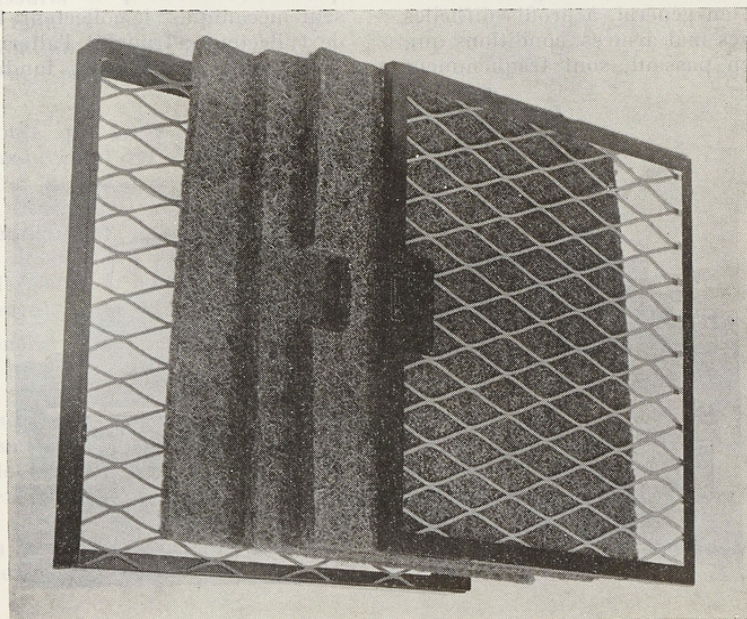


FIG. 28. — Filtre à air.

filtrant à 20 microns toute l'huile du circuit de graissage, l'autre filtrant à 5 microns une partie de l'huile du circuit de refroidissement ; la filtration du combustible est, quant à elle, assurée à 1 micron afin d'éviter toute détérioration des pompes d'injection, donc de la combustion. Ces unifications ont pour

trique et hydraulique améliorent donc très sensiblement la puissance massique à la jante et allègent considérablement les installations de refroidissement et de ventilation ; mais elles sont handicapées dans le domaine de la grosse traction où des couples importants doivent être développés sans rupture

d'effort de traction. A cet effet, la S.N.C.F. a passé commande de locomotives BB 71000 (fig. 29) équipées avec un moteur 12 cylindres développant 640 ch à 1.800 tours/minute, et d'une boîte à huit vitesses ; ces locomotives, dont le poids par essieu peut ne pas dépasser 12 tonnes, sont capables d'une vitesse maximale de 80 kilomètres à l'heure ; elles sont destinées à la desserte voyageurs et marchandises de lignes affluentes, donc, en général, à profils difficiles et aux voies mal armées, conditions qui, soit dit en passant, sont fréquemment

Enfin, nous considérons avec une attention soutenue l'intérêt de locomotives CC équipées avec un seul moteur diesel 16 cylindres, développant au moins 3 600 chevaux. Cette locomotive sera probablement, la plus remarquable des locomotives à un seul moteur. Tout laisse à penser qu'un alternateur y remplacera la classique génératrice à courant continu laquelle n'est, au fond, qu'un alternateur pourvu d'un redresseur mécanique : le collecteur. L'absence de collecteur affranchit l'alternateur de limitations de puissance tandis que le

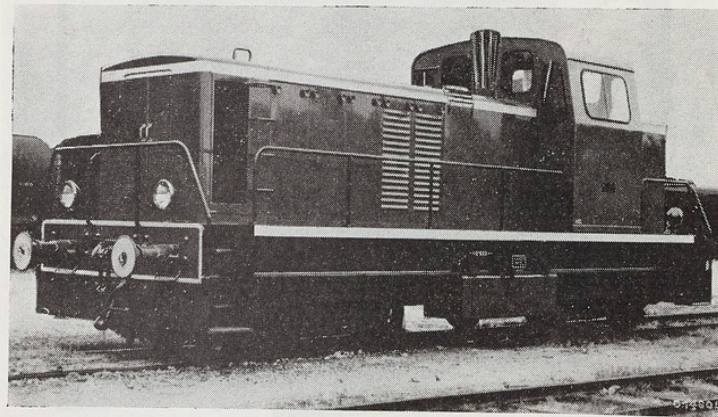


FIG. 29. — Locomotive BB 71000 à transmission mécanique.

celles des lignes de pays en cours de développement. Le comportement en service de ces 30 locomotives nous fixera sur les possibilités et l'intérêt de l'extension de la transmission mécanique à des locomotives équipées avec un diesel de l'ordre de 2 000 chevaux. Soulignons qu'une transmission mécanique est pratiquement affranchie de toute sujétion inhérente à une constante de temps.

poids et le prix au kilogramme diminuent. Mais, jusque naguère, des complications considérables existaient dans l'alimentation des moteurs électriques lesquels, devant développer de gros efforts à faible vitesse, ne peuvent être que des moteurs à courant continu. Rappelons que les moteurs monophasés à collecteur ne peuvent supporter de gros courants à l'arrêt sans destruction des balais et collecteur et que la forme

de couple des moteurs asynchrones les rend peu aptes à la traction. Les progrès réalisés ces dernières années dans les redresseurs statiques autorisent les moteurs à courant continu à être alimentés en courant ondulé sans que leur utilisation soit limitée ou sans que soient augmentés leur complication et leur poids. Ainsi le poids global et le prix total de la transmission sont diminués. Par surcroît, il est possible d'envisager d'assurer le chauffage électrique du train, donc de libérer la locomotive de l'installation lourde et encombrante du chauffage par la vapeur sous pression.

Nul doute que cette locomotive eut enthousiasmé celui qui, durant 30 ans, a formé et a marqué, directement ou non, les diesélistes français et dont la figure pétillante d'intelligence ne quittera pas de si tôt leur mémoire : j'ai nommé le Général Dumanois qui nous a, récemment, quitté.

Le Général Dumanois conservait la nostalgie du diesel deux temps, que, dans sa jeunesse, il avait pratiqué comme sous-marinier avant, conformément à sa boutade, d'être l'X qui avait changé de signe sur l'axe Oz et de devenir Ingénieur général de l'Air. Aussi prêtait-il une attention toute particulière à la locomotive à générateur à pistons libres et aux travaux que menaient

dans ce domaine plusieurs de ses disciples. Il aimait cette invention française d'un diesel qui, libéré du système bielle-manivelle, dégage son énergie utile dans une turbine. L'association « générateur à pistons libres + turbine » permet un compromis heureux entre le diesel et la turbine et remplaçant le classique compresseur axial de la turbine à gaz par un compresseur volumétrique constitué par les pistons du générateur. Le rendement global est supérieur à 33 % sans que la température des gaz admis à la turbine dépasse 500° C ; les aubages de la turbine ne soulèvent donc aucun problème de métallurgie, même si l'on consomme des combustibles de très mauvaise qualité. Je laisse le soin à M. Chaffiotte de vous exposer cette technique dans la causerie qu'il présentera ici même dans quatre semaines.

En témoignage du respect et de la reconnaissance que nous portons tous à la mémoire du Général Dumanois, constructeurs et utilisateurs français continueront à œuvrer dans un climat de confiance et d'estime réciproques. Je forme en leur nom à tous un vœu qui, je le crains fort, restera platonique : que nos travaux se déroulent sur le rythme de Verlaine évoquait dans ses Poèmes Saturniens lorsqu'il chantait :

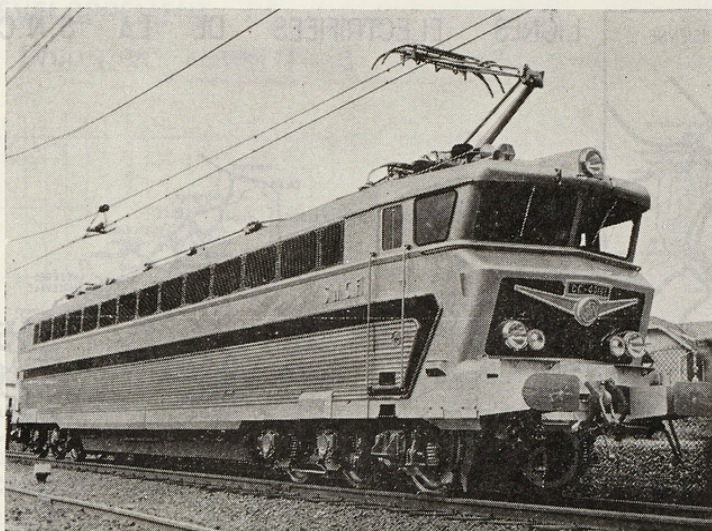
« L'action qu'autrefois réglait le chant des lyres. »

Avant de parler des locomotives électriques, je pense qu'il est utile de situer l'importance de l'électrification dans le réseau ferroviaire français.

La carte de la figure 1 représente les lignes de la S.N.C.F. électrifiées, d'une part en courant continu 1500 V, d'autre part en courant monophasé 25 kV. Ce dernier système d'électrification que la S.N.C.F. a été la première au monde à réaliser sur une grande échelle, et qui constitue maintenant un développement mondial est particulièrement intéressant, puisqu'il permet une économie de plus de 30 % sur les investissements relatifs aux installations fixes : sous-stations, postes de voie et caténaires.

Actuellement, le réseau de la S.N.C.F. comprend 10 000 km de lignes électrifiées, soit le cinquième de la longueur totale des lignes principales. La consommation d'énergie électrique à l'heure des sous-stations a atteint en 1969 5,65 milliards de kWh, soit en moyenne de 1 % de la consommation nationale.

Le graphique de la figure 2 montre le développement chronologique de l'électrification. Il convient de remarquer l'essor considérable du courant monophasé depuis 1953 : 2 600 km de lignes traités en 10 ans. D'autres électrifications sont en cours de réalisation, c'est ainsi que le programme du IV^e Plan



Les locomotives électriques en France

par M. ROBERT BOILEAU,

Ingénieur Principal

à la Division des Etudes de Traction Electrique de la S.N.C.F.

Avant de parler des locomotives électriques, je pense qu'il est utile de situer l'importance de l'électrification dans le réseau ferroviaire français.

La carte de la figure 1 représente les lignes de la S.N.C.F. électrifiées, d'une part en courant continu 1 500 Volts, et d'autre part en courant monophasé 25 kV. Ce dernier système d'électrification que la S.N.C.F. a été la première au monde à réaliser sur une grande échelle, et qui connaît maintenant un développement mondial, est particulièrement intéressant, puisqu'il permet une économie de plus de 30 % sur les investissements relatifs aux installations fixes : sous-stations, postes de voie et caténaires.

Actuellement, les deux tiers du trafic de la S.N.C.F. sont écoulés en traction électrique sur 7 720 km de lignes, soit le cinquième de la longueur totale de nos lignes principales. La consommation d'énergie électrique à l'entrée des sous-stations a atteint, en 1963, 3,52 milliards de kWh, soit un peu moins de 4 % de la consommation nationale.

Le graphique de la figure 2 montre le développement chronologique de l'électrification. Il convient de remarquer l'essor considérable du courant monophasé depuis 1953 : 2 640 km de lignes traités en 10 ans. D'autres électrifications sont en cours de réalisation, c'est ainsi que le programme du IV^e Plan

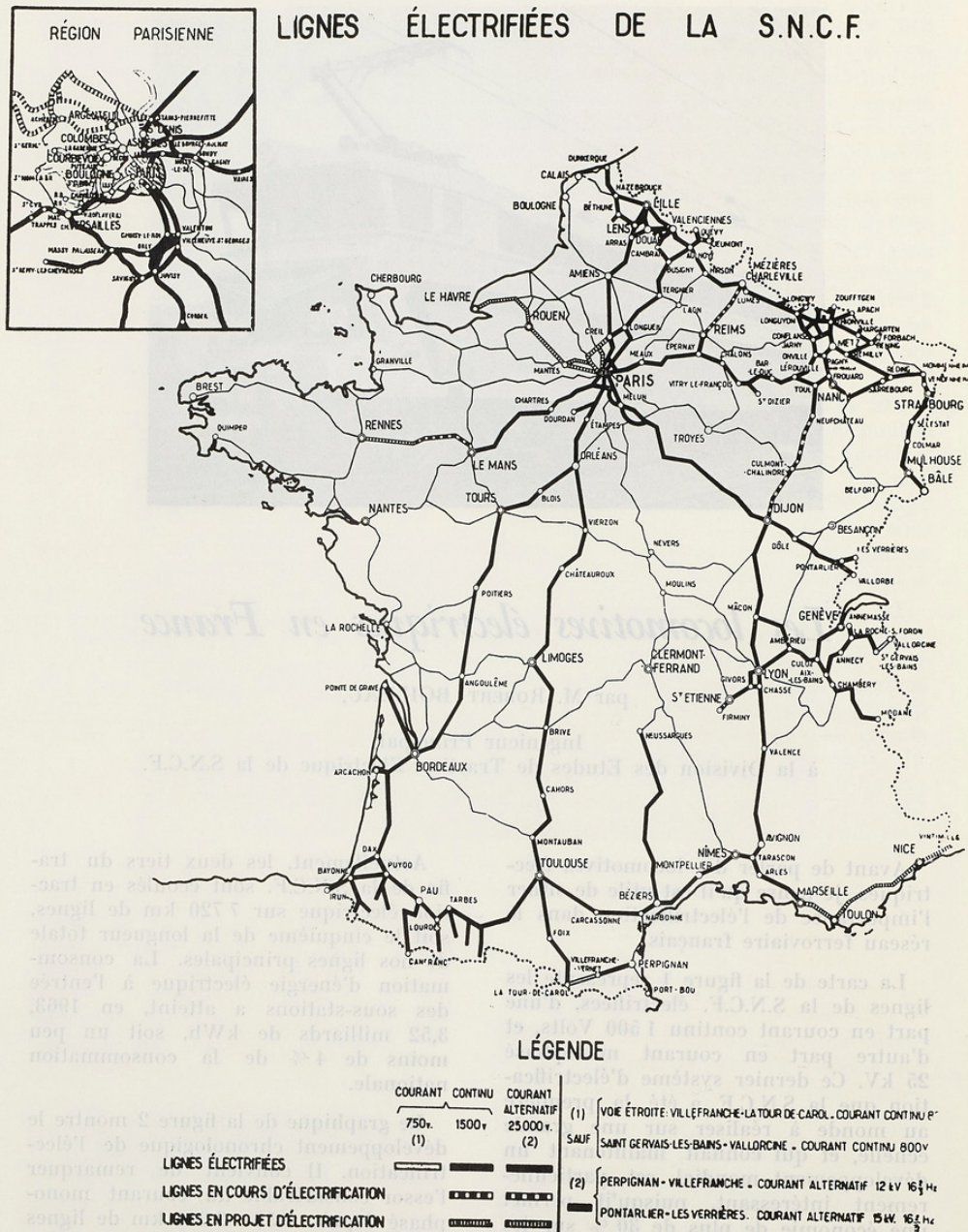


FIG. 1.

DÉVELOPPEMENT DE L'ÉLECTRIFICATION EN FRANCE

ÉVOLUTION KILOMÉTRIQUE ET ÉTAPES PRINCIPALES

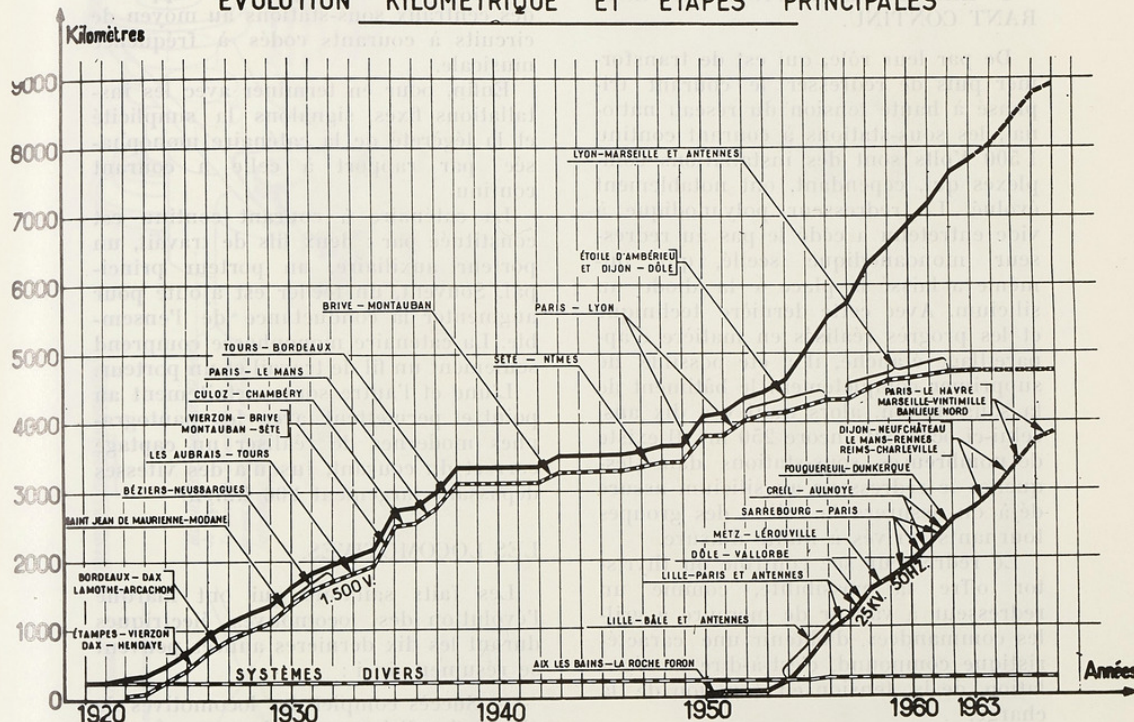


FIG. 2.

prévoit 950 km de lignes à électrifier en courant monophasé, dont Lille-Hazebrouck, Dijon-Neufchâteau, Le Mans-Rennes, Paris-Le Havre, Marseille-Vintimille, Reims-Charleville et une partie de la banlieue Nord.

Le parc de locomotives électriques comprend 1 275 locomotives à courant continu 1 500 Volts, 643 locomotives à courant monophasé 25 kV 50 Hz et 26 locomotives polycourant.

**

Mon excellent collègue et ami, M. Brun, ayant exposé voici quinze

jours l'intérêt économique et énergétique de la traction électrique, nous n'y reviendrons pas. Ajoutons seulement que, dans la configuration actuelle du complexe de production thermique et hydraulique de l'E.D.F., il suffit de brûler 94 kg de charbon maigre sur la grille d'une centrale thermique pour produire en traction électrique le même travail utile qu'avec 1 000 kg de combustible de choix brûlé dans le foyer d'une locomotive à vapeur.

Voyons maintenant l'évolution du matériel de traction électrique au cours des dix dernières années et tout d'abord un bref survol sur les installations fixes de traction.

LES INSTALLATIONS FIXES.

1° LES SOUS-STATIONS A COURANT CONTINU.

De par leur rôle, qui est de transformer puis de redresser le courant triphasé à haute tension du réseau national, les sous-stations à courant continu 1 500 Volts sont des installations complexes qui, cependant, ont notablement évolué. Le redresseur polyanodique à vide entretenu a cédé le pas au redresseur monoanodique scellé, qui lui-même a laissé la place à la diode au silicium. Avec cette dernière technique et les progrès réalisés en matière d'appareillage étanche, il a été possible de supprimer complètement le bâtiment de la sous-station, alors qu'il y a dix ans, celui-ci occupait encore 250 m². Il existe de nombreuses sous-stations dans lesquelles le redresseur au silicium assure déjà ou assurera la relève des groupes tournants arrivés à limite d'usure.

Le redresseur sec contrôlé ou thyristor offre la possibilité, comme un redresseur à vapeur de mercure à grilles commandées, d'obtenir une caractéristique compound, c'est-à-dire la régulation de la tension en fonction de la charge.

2° SOUS-STATION A COURANT MONOPHASE.

Sans revenir sur les avantages maintes fois exposés de la traction à courant monophasé, rappelons que l'un de ceux-ci réside dans la simplicité des sous-stations dont l'organe de conversion se limite au transformateur abaisseur de tension.

L'expérience a montré que l'emploi de transformateurs spéciaux montés en Scott utilisés à l'origine, n'est pas indispensable et que de simples transformateurs monophasés ne créent pas de déséquilibres inacceptables sur le réseau triphasé national en raison de la puissance importante de court-circuit de celui-ci aux points de prélèvement.

Bien entendu, les appareils des sous-stations, tant à courant continu qu'à

courant monophasé, ainsi que ceux des postes de voies, sont télécommandés à partir d'organismes que nous appelons des centraux sous-stations au moyen de circuits à courants codés à fréquence musicale.

Enfin, pour en terminer avec les installations fixes, signalons la simplicité et la légèreté de la caténaire monophasée par rapport à celle à courant continu.

La caténaire à courant continu est constituée par : deux fils de travail, un porteur auxiliaire, un porteur principal. Souvent, un feeder est ajouté pour augmenter la conductance de l'ensemble. La caténaire monophasée comprend seulement un fil de travail et un porteur.

L'une et l'autre sont parfaitement au point et permettent avec les pantographes modernes de réaliser un captage correct du courant, jusqu'à des vitesses dépassant largement 200 km/h.

LES LOCOMOTIVES.

Les faits saillants qui ont marqué l'évolution des locomotives électriques durant les dix dernières années peuvent se résumer ainsi :

— Succès complet des locomotives de vitesse à adhérence totale.

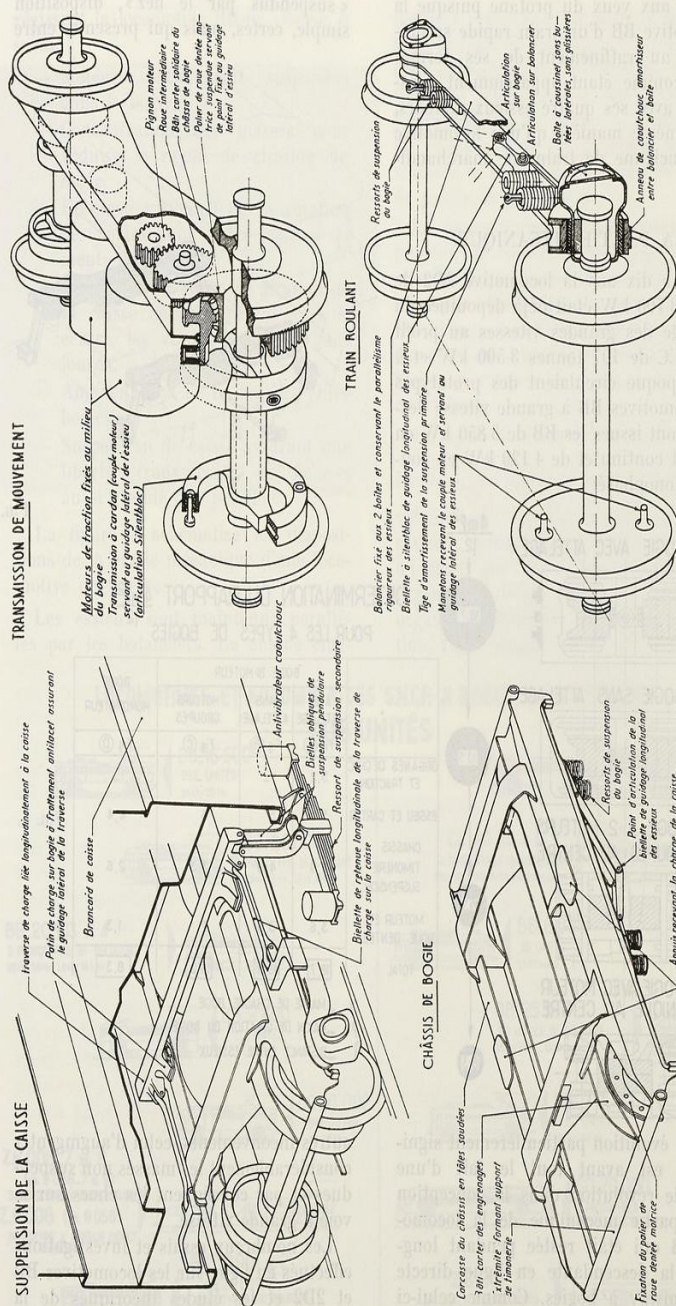
— Développement intensif de l'électrification en courant monophasé 25 kV.

— Triomphe en courant monophasé de la locomotive à redresseurs dont les qualités d'adhérence se sont affirmées dès les premiers essais.

— Apparition des locomotives polycourants.

— Amélioration des performances à la faveur de nombreux progrès techniques et des connaissances nouvellement acquises en matière d'adhérence entre roue et rail. Ceci revient à dire que la locomotive moderne est capable, pour une même masse adhérente, de développer des efforts de traction plus élevés que ses aînées et cela à des vitesses supérieures.

Ces progrès, pour très substantiels qu'ils soient, n'en restent pas moins



cachés aux yeux du profane puisque la locomotive BB d'un train rapide se présente, au raffinement de ses formes près, comme étant apparemment constituée, avec ses quatre essieux moteurs, de la même manière qu'une locomotive plus ancienne de trains de marchandises.

1° LA PARTIE MECANIQUE.

Il y a dix ans la locomotive 2D2 de 142 t, 3 700 kW était déjà dépouillée du privilège des grandes vitesses au profit de la CC de 107 tonnes 3 500 kW et à cette époque circulaient des prototypes de locomotives BB à grande vitesse desquels sont issues les BB de 3 850 kW en courant continu et de 4 120 kW en courant monophasé.

« suspendus par le nez », disposition simple, certes, mais qui présente, entre

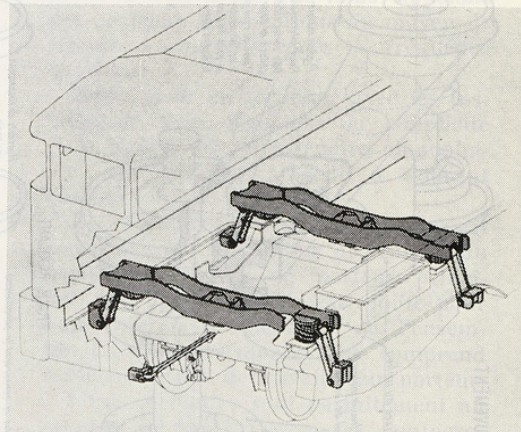
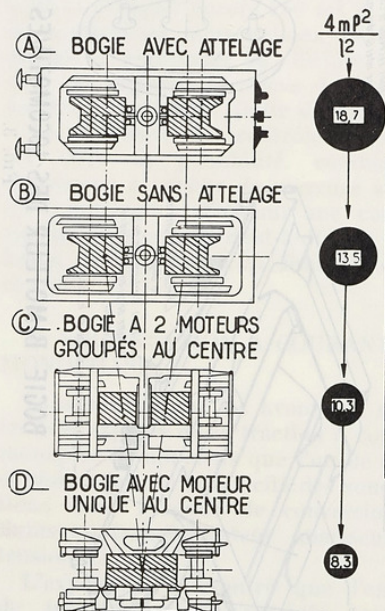


FIG. 4.



DÉTERMINATION DU RAPPORT $\frac{4mp^2}{l^2}$ POUR LES 4 TYPES DE BOGIES

	BOGIE BI-MOTEUR			BOGIE MONOMOTEUR
	AVEC ATTELAGE Fig (A)	SANS ATTELAGE Fig (B)	MOTEURS GROUPÉS Fig (C)	
ORGANES DE CHOC ET TRACTION	5,2	—	—	—
ESSIEU ET CARTER	5	5	5	4,4
CHASSIS TIMONERIE SUSPENSION	4,9	4,9	3,3	2,6
MOTEUR ET ROUE DENTÉE	3,6	3,6	2	1,3
TOTAL	18,7	13,5	10,3	8,3

FIG. 5.

m — MASSE DE CHAQUE BOGIE
p — RAYON DE GIRATION DU BOGIE
l — DISTANCE ENTRE ESSIEUX

Cette évolution particulièrement significative est avant tout le fait d'une véritable révolution dans la conception de la partie mécanique de la locomotive BB qui était restée pendant longtemps la descendante en ligne directe du tramway à bogies. Comme celui-ci elle comportait des bogies avec pivot central équipés de moteurs de traction

autres inconvénients, celui d'augmenter considérablement les masses non suspendues et par conséquent les chocs sur la voie à grande vitesse.

Les nombreux essais et investigations effectués en ligne sur les locomotives BB et 2D2 et les études théoriques de la dynamique des véhicules ont permis de dégager les principes directeurs qui

régissent la locomotive BB de vitesse, à savoir :

- Moteurs entièrement suspendus dans le bogie,
- Concentration des masses pour réduire le rayon de giration du bogie,
- Freinage rationnel de la rotation des bogies pour éviter les mouvements de lacets,
- Réduction du rayon de giration de la caisse en concentrant vers le centre les équipements les plus lourds,
- Augmentation de la distance entre bogies,
- Suspension de caisse assurant une liberté transversale de celle-ci aussi grande que possible.

La figure 3 schématise les dispositions de la partie mécanique d'une locomotive de vitesse.

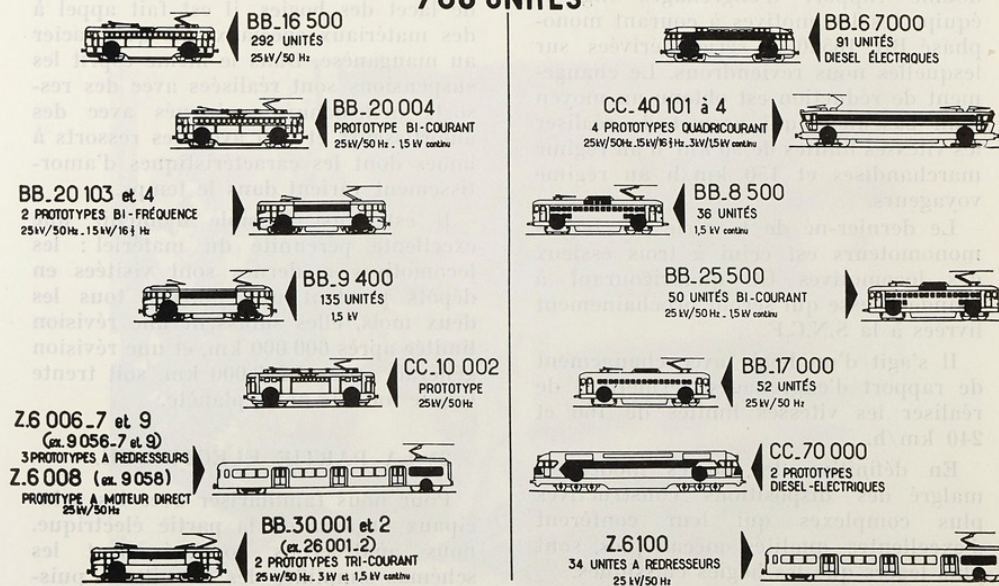
Les essieux sont maintenus parallèles par les balanciers. La chaîne ciné-

matique comprend : le moteur de traction, le train d'engrenages, l'arbre creux avec articulations à cardan. Le châssis de bogie repose sur les balanciers par l'intermédiaire de ressorts hélicoïdaux. La caisse repose sur le bogie par une traverse de suspension pendulaire munie de patins de glissement.

La figure 4 représente une autre disposition de liaison caisse-bogie réalisée avec les bogies monomoteurs, le moteur n'est pas représenté. La caisse s'appuie sur le bogie par l'intermédiaire de deux traverses de suspension pendulaire avec bielles à rotules et pivots à cônes en caoutchouc.

La figure 5 montre comment varie le terme $\frac{4m\varphi^2}{l^2}$ représentant la masse équivalente qui, appliquée au droit des essieux, produirait les mêmes effets d'inertie que les masses réelles des organes du bogie. m est la masse des organes du bogie, φ son rayon de giration, l son empattement.

LOCOMOTIVES ET AUTOMOTRICES SNCF A BOGIES MONOMOTEURS 706 UNITÉS



au 31 Décembre 1964

FIG. 6.

Le bogie à moteur unique au centre s'avère particulièrement favorable. Pour cette raison et pour d'autres encore, dont nous reparlerons, le bogie monomoteur a fait l'objet de nombreuses réalisations ainsi que le montre le tableau de la figure 6.

L'expérience a confirmé la théorie et c'est effectivement avec les engins à bogies monomoteurs que les efforts transversaux exercés sur la voie à grande vitesse sont les plus faibles.

La figure 7 représente le bogie monomoteur de locomotives BB 9400 à courant continu. C'est de celui-ci que dérive le bogie à changement de rapport d'engrenages par translation des locomotives diesel-électriques BB 67000 présentées récemment ici même par M. Brun.

On retrouve, également, cette version bi-rapport sur les locomotives tri-courant BB 30001 et 30002 avec vitesses limites de 100 et 150 km/h et sur cinq locomotives BB 9500 capables de vitesses limites de 120 et 180 km/h.

Un autre type de bogie monomoteur à double rapport d'engrenages (fig. 8) équipe les locomotives à courant monophasé BB 16500 et séries dérivées sur lesquelles nous reviendrons. Le changement de réduction est obtenu au moyen d'un basculeur qui permet de réaliser les vitesses limites de 90 km/h au régime marchandises et 150 km/h au régime voyageurs.

Le dernier-né de la série des bogies monomoteurs est celui à trois essieux des locomotives CC quadricourant à grande vitesse qui seront prochainement livrées à la S.N.C.F.

Il s'agit d'un bogie avec changement de rapport d'engrenages permettant de réaliser les vitesses limites de 160 et 240 km/h.

En définitive, les bogies modernes, malgré des dispositions constructives plus complexes qui leur confèrent d'excellentes qualités mécaniques, sont plus légers que les bogies classiques.

Parmi les facteurs de l'évolution de la partie mécanique citons :

— la généralisation de la construction par emboutis assemblés par soudage, favorisée par l'expérience déjà acquise et les possibilités offertes par l'extensométrie pour les mesures de contraintes dans les organes ;

— les progrès accomplis dans le tailage des engrenages qui permettent désormais de transmettre avec de meilleurs rendements des couples plus élevés à égalité de fatigue et de dimensionnement.

— la suppression dans tous la mesure du possible des organes sujets à usure par frottement afin d'éviter que les jeux qui en résulteraient ne modifient les qualités mécaniques de l'engin. Les articulations ne nécessitant qu'un déplacement angulaire réduit sont réalisées au moyen de bagues élastiques avec intermédiaire caoutchouc. C'est ainsi, en particulier, que les transmissions de l'effort moteur à l'essieu, soit du type à cardans, soit à anneaux dansants, ne comportent que des articulations à caoutchouc. Dans les cas où il est nécessaire de conserver un frottement, par exemple, pour freiner les mouvements de lacet des bogies, il est fait appel à des matériaux spéciaux tels que l'acier au manganèse. Dans le même esprit les suspensions sont réalisées avec des ressorts hélicoïdaux conjugués avec des amortisseurs et non avec des ressorts à lames dont les caractéristiques d'amortissement varient dans le temps.

Il est ainsi possible d'obtenir une excellente pérennité du matériel : les locomotives modernes sont visitées en dépôts pendant une journée tous les deux mois, elles subissent une révision limitée après 600 000 km, et une révision générale après 1 200 000 km, soit trente fois le tour de notre planète.

2° LA PARTIE ELECTRIQUE.

Pour nous familiariser avec les principaux organes de la partie électrique, nous analyserons sommairement les schémas simplifiés des circuits de puissance de deux séries de locomotives, choisies parmi celles reprises à la fig. 9

donnant les caractéristiques générales des locomotives monocourant. Considérons, par exemple, les BB 9200 et 16000.

Le schéma de la locomotive à courant continu est classique : le démarrage

s'effectue par élimination progressive des résistances du rhéostat de démarrage, les crans de marches économiques sont réalisés par changement de couplage des moteurs de traction et, pour

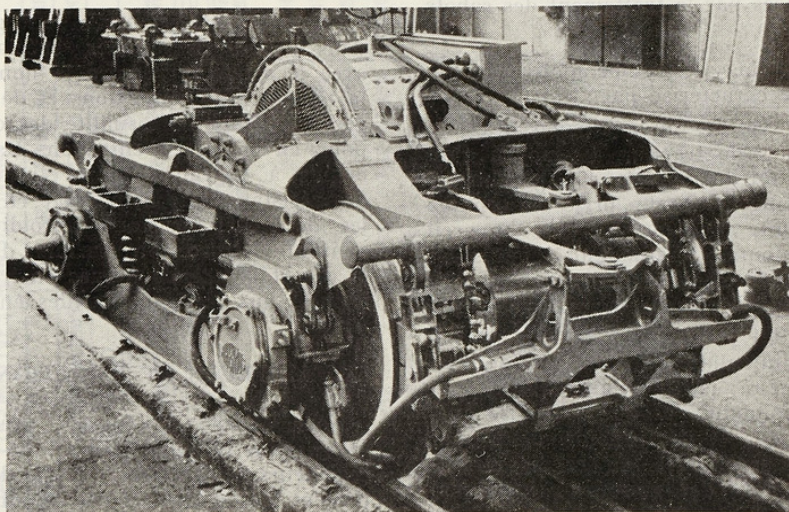


FIG. 7.

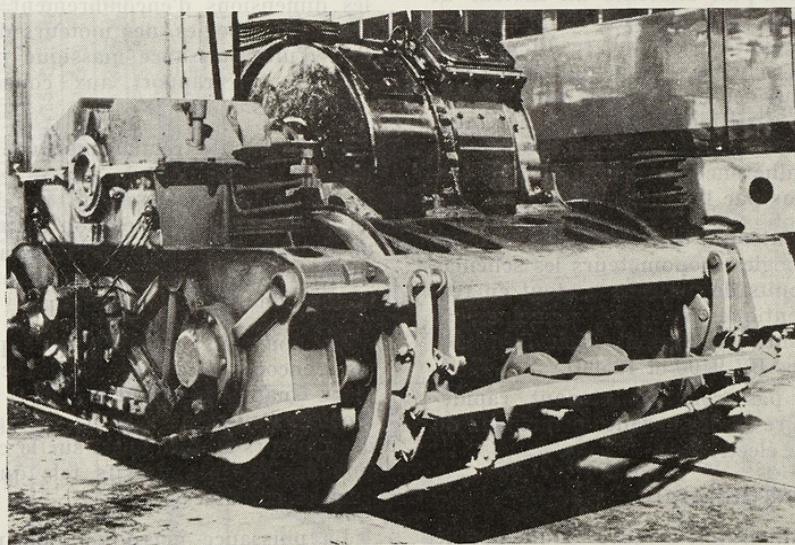


FIG. 8.

chaque couplage, par shuntage des inducteurs de ces derniers..

Les locomotives BB 9263 à 9292 sont équipées du freinage rhéostatique, particulièrement intéressant aux grandes vitesses puisqu'il permet de soustraire les roues aux contraintes thermiques provoquées par le frottement des sabots de frein.

Le schéma de la locomotive monophasé se caractérise par :

- le réglage de la tension des moteurs de traction au moyen d'un auto-transformateur à gradins, le changement de prise en charge étant effectué par un appareil dénommé graduateur. Toutes les positions du graduateur constituent des crans de marche économique ;
- l'alimentation des moteurs de traction à partir d'un enroulement secondaire unique, à prise médiane, du transformateur par l'intermédiaire de redresseurs à vapeur de mercure (ignitrons) montés en push-pull et de selfs de lissage destinées à limiter l'ondulation du courant redressé. Chaque push-pull alimente un moteur de traction. Outre les simplifications d'appareillage qui résultent d'un tel schéma, l'alimentation en permanence en parallèle des moteurs de traction est particulièrement avantageuse du point de vue de l'adhérence ainsi que nous le verrons par la suite.

Bien entendu, dans le cas de locomotives à bogies monomoteurs les schémas des circuits de puissance, tout en restant identiques dans les principes, se simplifient notablement (Voir fig. 9 locomotives BB 9400 et 16500).

Nous passerons maintenant rapidement en revue les organes principaux de la partie électrique.

LES PANTOGRAPHES.

Le pantographe à cadre unique appelé vulgairement « unijambiste » présente

de meilleures qualités de captage pour une masse de 192 kg isolateurs compris contre 360 kg pour un pantographe classique.

L'APPAREILLAGE.

Les différents appareils sont groupés dans des blocs étudiés spécialement avec le souci de réduire le nombre et la longueur de connexions et de ménager une bonne accessibilité des organes pour en faciliter l'entretien. Dans les engins à courant continu l'utilisation des résistances de démarrage en lamelles de métal résistant refroidies par ventilation forcée a permis d'alléger le rhéostat de trois tonnes environ par rapport aux anciennes grilles en fonte.

LES MOTEURS DE TRACTION.

Nous avons mis l'accent précédemment sur le rôle primordial joué par les ingénieurs mécaniciens dans le développement de la locomotive à adhérence totale. Ces efforts auraient été vains, si, parallèlement les ingénieurs électriciens n'étaient pas parvenus à réaliser, dans les dimensions d'encombrement permises par les bogies, des moteurs de traction d'une puissance massique presque doublée par rapport aux conceptions antérieures.

Le moteur de traction moderne est un moteur rapide, dont la vitesse périphérique du collecteur atteint ou dépasse 50 m/sec. et dont l'isolation est réalisée au moyen de matériaux admettant des échauffements élevés et présentant une bonne conductibilité thermique.

De nouveaux et substantiels progrès sont encore possibles avec les conducteurs émaillés résistant à 300° C récemment mis au point. L'effort d'allègement des moteurs a porté aussi sur la conception des organes passifs tels que flasques et carcasses.

La puissance massique d'un moteur augmente avec sa puissance nominale

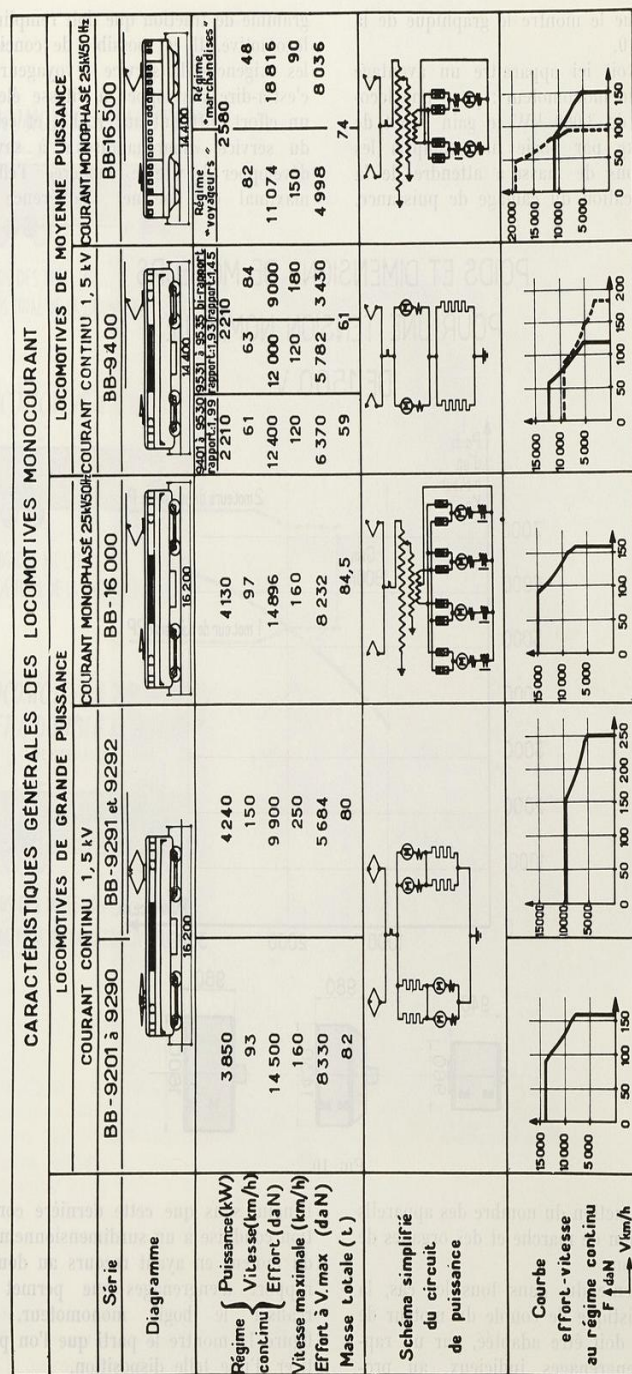


Fig. 9.

ainsi que le montre le graphique de la figure 10.

On voit ici apparaître un avantage du bogie monomoteur : pour une locomotive de 3 000 kW le gain serait de 1 800 kg par bogie non compris les réductions de masse à attendre de la simplification du câblage de puissance,

gramme de traction que doit remplir la locomotive. Il est possible de concilier les exigences du service « voyageurs » c'est-à-dire développer à vitesse élevée un effort suffisant au crochet et celles du service « marchandises » à savoir développer à vitesse modérée l'effort maximal que permet l'adhérence de

POIDS ET DIMENSIONS DE MOTEURS POUR UNE TENSION NOMINALE DE 1500 V

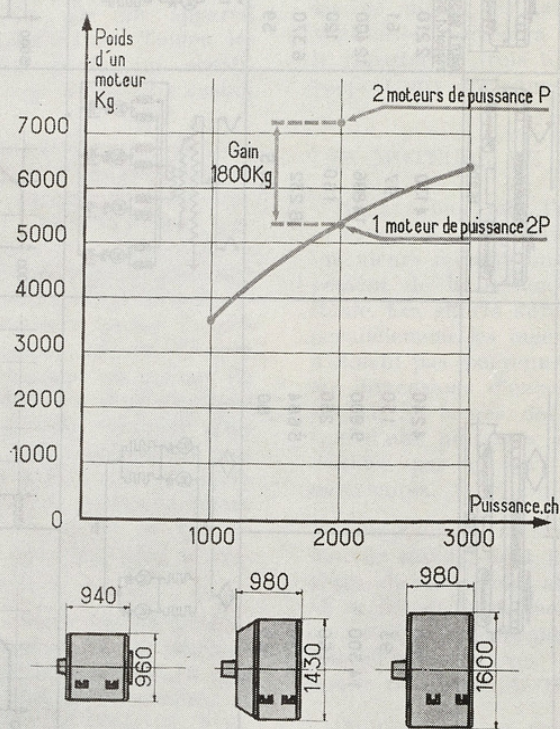


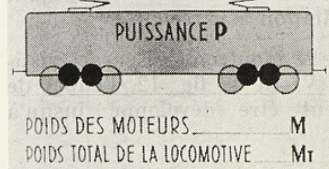
FIG. 10.

de la réduction du nombre des appareils d'inversion de marche et des organes de ventilation.

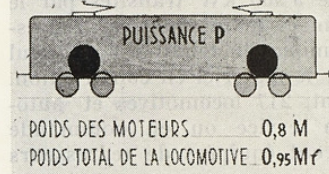
Bien entendu, dans tous les cas, la caractéristique de couple du moteur de traction doit être adaptée, par un rapport d'engrenages judicieux, au pro-

l'engin, sans que cette dernière condition conduise à un surdimensionnement du moteur en ayant recours au double rapport d'engrenages que permet de réaliser le bogie monomoteur. La figure 11 montre le parti que l'on peut tirer d'une telle disposition.

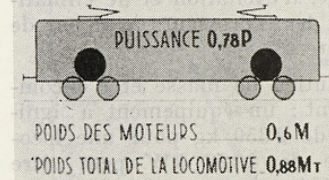
LOCOMOTIVE A 4 MOTEURS



LOCOMOTIVE A 2 MOTEURS



LOCOMOTIVE A 2 MOTEURS ET A DOUBLE RÉDUCTION A PERFORMANCES ÉGALES



COURBES EFFORT-VITESSE

au régime continu

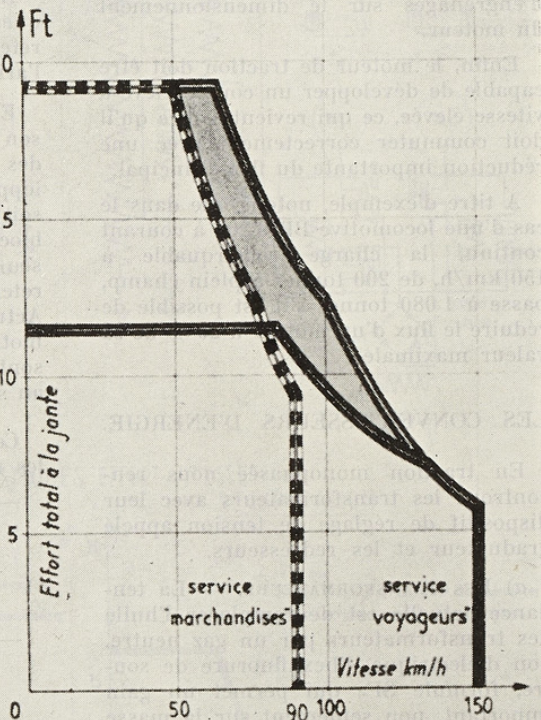


FIG. 11.

Si M_t est la masse de la locomotive de puissance P à quatre moteurs, celle de l'engin à bogie monomoteur est 0,95 M_t avec un seul rapport d'engrenages et 0,88 M_t avec double rapport d'engrenages. La partie hachurée entre les caractéristiques représente le gain apporté par le changement de rapport d'engrenages sur le dimensionnement du moteur.

Enfin, le moteur de traction doit être capable de développer un couple élevé à vitesse élevée, ce qui revient à dire qu'il doit commuter correctement avec une réduction importante du flux principal.

A titre d'exemple, notons que dans le cas d'une locomotive BB 9 200 à courant continu, la charge remorquable à 150 km/h, de 200 tonnes à plein champ, passe à 1 080 tonnes s'il est possible de réduire le flux d'un moteur à 29 % de sa valeur maximale.

LES CONVERTISSEURS D'ENERGIE.

En traction monophasée nous rencontrons les transformateurs avec leur dispositif de réglage de tension appelé gradateur et les redresseurs.

a) LES TRANSFORMATEURS. — La tendance actuelle est de remplacer l'huile des transformateurs par un gaz neutre, bon diélectrique, l'hexafluorure de soufre, formule SF_6 qui permet un gain important, non seulement sur la masse du fluide de refroidissement, mais aussi sur le cuivre des enroulements puisqu'il est ainsi possible de réaliser un bobinage de transformateur isolé classe H atteignant en service 180° C.

Un transformateur de ce genre est déjà en service et ceux des locomotives quadricourant seront également refroidis par hexafluorure de soufre.

b) LES REDRESSEURS. — 350 locomotives sont pourvues de redresseurs à vapeur de mercure du type ignitron dans lesquels la tache cathodique est allumée à chaque alternance de conduction au moyen d'une électrode spéciale appelée igniter. Par ailleurs, 95 locomotives

BB 16 500, équipées de tubes excitrons à tache cathodique entretenue, fonctionnent, soit en redresseurs pour la marche en traction, soit en onduleurs pour réaliser le freinage par récupération, les moteurs de traction travaillant alors à excitation séparée.

Ainsi que le montrent les caractéristiques $E=f(V)$ de la fig. 12, l'effort de retenue peut être développé jusqu'à l'arrêt.

En 1958, la diode au silicium a fait son apparition sur une automotrice ; dès 1959, la locomotive BB 20103 développait aux essais 5 500 kW à la jante, soit plus de 5 900 kW transités par le bloc silicium et maintenant le redresseur à semi-conducteurs est le seul retenu pour le matériel en construction. Actuellement, 217 locomotives et automotrices en service ou en commande sont ou seront équipées de redresseurs au silicium.

Celui-ci s'est imposé en traction pour les raisons ci-après :

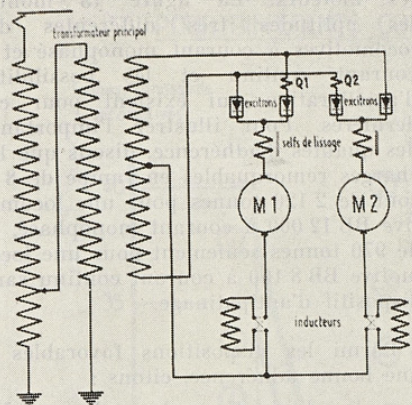
- Simplification des installations par la suppression des dispositifs d'allumage, d'excitation et de climatisation des redresseurs à vapeur de mercure.
- Diminution de masse et d'encombrement : un équipement à ignitrons de 2 350 kg pour une locomotive de 4 120 kW peut être remplacé par des redresseurs au silicium de 800 kg.
- Très grande sécurité de fonctionnement.
- Meilleur rendement : la chute de tension au régime nominal est de l'ordre de 20 Volts avec les ignitrons, de 17 Volts avec les excitrons et de 8 à 12 Volts seulement avec les redresseurs au silicium suivant le nombre de cellules en série.

Les diodes au silicium sont caractérisées par leur tension inverse ou P.I.V. et leur courant direct moyen. Celles

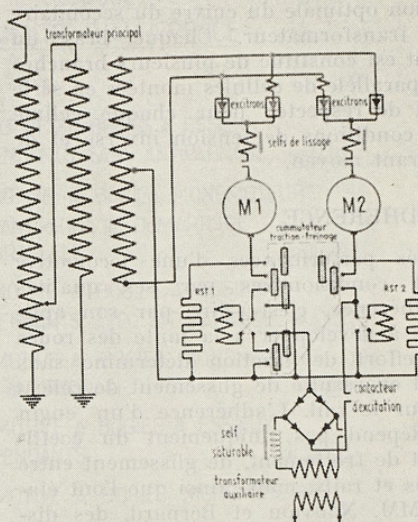
LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES BB-16500

SCHEMAS DE PUISSANCE

TRACTION

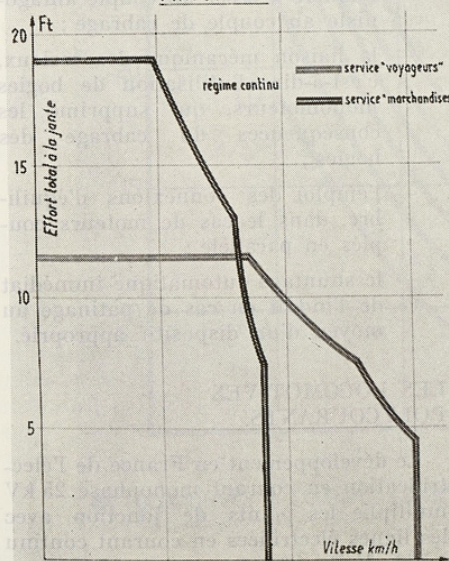


RÉCUPÉRATION



CARACTÉRISTIQUES "EFFORT-VITESSE"

TRACTION



RÉCUPÉRATION

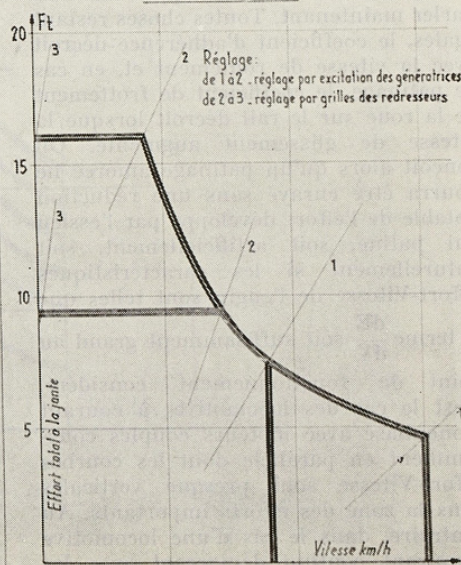


FIG. 12.

que nous utilisons sont du type P.I.V. 1 000 ou 1 200 Volts, moyen : 175 à 250 ampères.

Les redresseurs au silicium sont montés en pont de Graetz, qui permet l'utilisation optimale du cuivre du secondaire du transformateur. Chaque bras du pont est constitué de plusieurs branches en parallèle de cellules montées en série afin de respecter pour chaque cellule les conditions de tension inverse et de courant moyen.

L'ADHERENCE.

Les performances d'une locomotive sont conditionnées par ses qualités d'adhérence, c'est-à-dire par son aptitude à développer à la jante des roues un effort de traction déterminé sans qu'il en résulte de glissement de celles-ci sur le rail. L'adhérence d'un engin ne dépend pas uniquement du coefficient de frottement, de glissement entre roues et rails, mais, ainsi que l'ont établi MM. Nouvion et Bernard, des dispositions constructives mécaniques et électriques de l'engin considéré ; c'est pourquoi nous croyons opportun d'en parler maintenant. Toutes choses restant égales, le coefficient d'adhérence décroît avec la vitesse de roulement et, en cas de patinage, le coefficient de frottement de la roue sur le rail décroît lorsque la vitesse de glissement augmente. On conçoit alors qu'un patinage amorcé ne pourra être enrayé sans une réduction notable de l'effort développé par l'essieu qui patine, soit artificiellement, soit naturellement si les caractéristiques Effort-Vitesse de l'engin sont telles que le terme $\frac{dE}{dV}$ soit suffisamment grand au

point de fonctionnement considéré. C'est le cas des locomotives à courant monophasé avec moteurs couplés constamment en parallèle dont les courbes Effort-Vitesse sont presque verticales dans la zone des efforts importants. Au contraire, dans le cas d'une locomotive à courant continu démarrante avec les moteurs couplés en série, tout patinage d'un essieu, s'il n'est pas immédiate-

ment combattu, se traduit par l'emballement de celui-ci et une réduction très sensible de l'effort développé par les autres essieux, en raison de la diminution d'intensité qui affecte tous les moteurs. La figure 13 montre les aptitudes très différentes des locomotives à courant monophasé et à courant continu et les possibilités d'amélioration qui existent pour ces dernières. Pour illustrer l'importance des qualités d'adhérence, disons que les charges remorquables en rampe de 8 ‰ sont de 2 120 tonnes pour une locomotive BB 12 000 à courant monophasé, et de 970 tonnes seulement pour une locomotive BB 8 100 à courant continu sans dispositif d'antipatinage.

Parmi les dispositions favorables à une bonne adhérence, citons :

- la diminution du cabrage des bogies à essieux indépendants au moyen du dispositif dit de traction basse, qui consiste à disposer le point d'application de l'effort de traction sur le bogie, aussi près que possible du plan des rails, de manière à créer un couple antagoniste au couple de cabrage ;
- la liaison mécanique des essieux, c'est-à-dire l'utilisation de bogies monomoteurs, qui supprime les conséquences du cabrage des bogies ;
- l'emploi des connexions d'équilibre, dans le cas de moteurs couplés en parallèle ;
- le shuntage automatique immédiat de l'induit en cas de patinage au moyen d'un dispositif approprié.

LES LOCOMOTIVES POLY-COURANTS.

Le développement en France de l'électrification en courant monophasé 25 kV multiplie les points de jonction avec les lignes électrifiées en courant continu 1 500 Volts et aux points frontières avec les réseaux des pays étrangers. C'est ainsi que, dès maintenant, le

CHARGES DÉMARRABLES PAR TONNE DE LOCOMOTIVE EN FONCTION DU PROFIL CORRIGÉ POUR DIFFÉRENTS COEFFICIENTS D'ADHÉRENCE

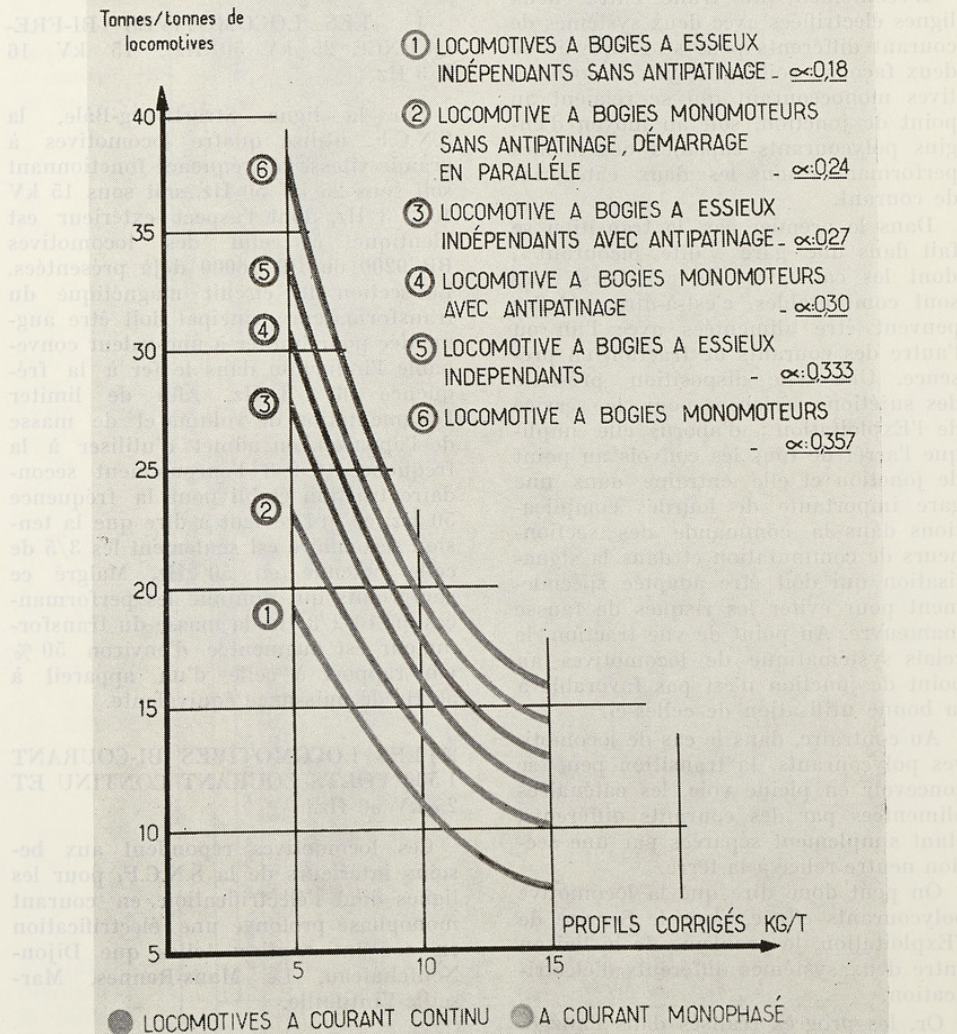


FIG. 13.

25 kV français voisine avec le 3 000 Volts continu à la frontière belge, avec le 15 kV 16 2/3 Hz à la frontière suisse à Bâle et à Genève en attendant qu'il retrouve ce même courant à la frontière allemande et le 3 000 Volts italien à Vintimille.

L'écoulement du trafic entre deux lignes électrifiées avec deux systèmes de courant différents peut se concevoir de deux façons : soit au moyen de locomotives monocourant qui se relaient au point de jonction, soit au moyen d'engins polycourants capables des mêmes performances sous les deux catégories de courant.

Dans le premier cas, la transition se fait dans une gare « dite bicourant », dont les caténaires de certaines voies sont commutables, c'est-à-dire qu'elles peuvent être alimentées avec l'un ou l'autre des courants de traction en présence. Une telle disposition présente des sujétions sérieuses pour le service de l'Exploitation : d'abord, elle implique l'arrêt de tous les convois au point de jonction et elle entraîne dans une gare importante de lourdes complications dans la commande des sectionneurs de commutation et dans la signalisation qui doit être adaptée spécialement pour éviter les risques de fausse manœuvre. Au point de vue traction, le relais systématique de locomotives au point de jonction n'est pas favorable à la bonne utilisation de celles-ci.

Au contraire, dans le cas de locomotives polycourants, la transition peut se concevoir en pleine voie, les caténaires alimentées par des courants différents, étant simplement séparées par une section neutre reliée à la terre.

On peut donc dire que la locomotive polycourants efface, pour le Service de l'Exploitation, le problème de la liaison entre deux systèmes différents d'électrification.

Or, les progrès réalisés dans l'allègement des parties mécaniques, de l'appareillage, des moteurs de traction et l'apparition des redresseurs secs au silicium ont permis de réaliser des locomotives polycourants répondant aux dif-

férents problèmes qui se posent sans que leur masse par essieu dépasse les limites fixées par le Service de la Voie. Voyons maintenant ce que sont les locomotives polycourants dont les caractéristiques générales sont indiquées par la figure 14.

1° LES LOCOMOTIVES BI-FREQUENCE 25 kV 50 Hz ; 15 kV 16 2/3 Hz.

Sur la ligne Strasbourg-Bâle, la S.N.C.F. utilise quatre locomotives à grande vitesse bi-fréquence fonctionnant soit sous 25 kV 50 Hz, soit sous 15 kV 16 2/3 Hz, dont l'aspect extérieur est identique à celui des locomotives BB 9200 ou BB 16000 déjà présentées. La section du circuit magnétique du transformateur principal doit être augmentée pour limiter à une valeur convenable l'induction dans le fer à la fréquence 16 2/3 Hz. Afin de limiter l'augmentation de volume et de masse de l'appareil, on admet d'utiliser à la fréquence 16 2/3 l'enroulement secondaire traction établi pour la fréquence 50 Hz, ce qui revient à dire que la tension secondaire est seulement les 3/5 de celle obtenue en 50 Hz. Malgré ce compromis qui diminue les performances en 16 2/3 Hz, la masse du transformateur est augmentée d'environ 50 % par rapport à celle d'un appareil à 50 Hz de puissance équivalente.

2° LES LOCOMOTIVES BI-COURANT 1 500 VOLTS COURANT CONTINU ET 25 kV 50 Hz.

Ces locomotives répondent aux besoins intérieurs de la S.N.C.F. pour les lignes dont l'électrification en courant monophasé prolonge une électrification en courant continu telles que Dijon-Neufchâteau, Le Mans-Rennes, Marseille-Vintimille.

En gros, la conception d'un tel engin à partir d'une locomotive monophasée consiste à prévoir :

- un pantographe spécialisé pour chaque type de courant ;

[illegible]

FIG. 14.

- un équipement à courant continu : disjoncteur, rhéostat, contacteurs, appareils de couplage des moteurs et de commutation des circuits ;
- des groupes auxiliaires avec moteur à 1 500 Volts, pouvant être alimentés, soit par la caténaire en courant continu, soit par un pont de redresseurs sous courant monophasé ;
- un dispositif de relais, dits de palpage, détectant la nature du cou-

de puissance BB 25200, dérivées de la BB 16000, dont elles possèdent le même diagramme, la même partie mécanique et les mêmes moteurs de traction.

- des locomotives bi-courant de moyenne puissance BB 25500, engins à bogies monomoteurs à double rapport d'engrenages, dérivés des BB 16500, mais comportant des moteurs de traction à 1 500 Volts, afin de réaliser les

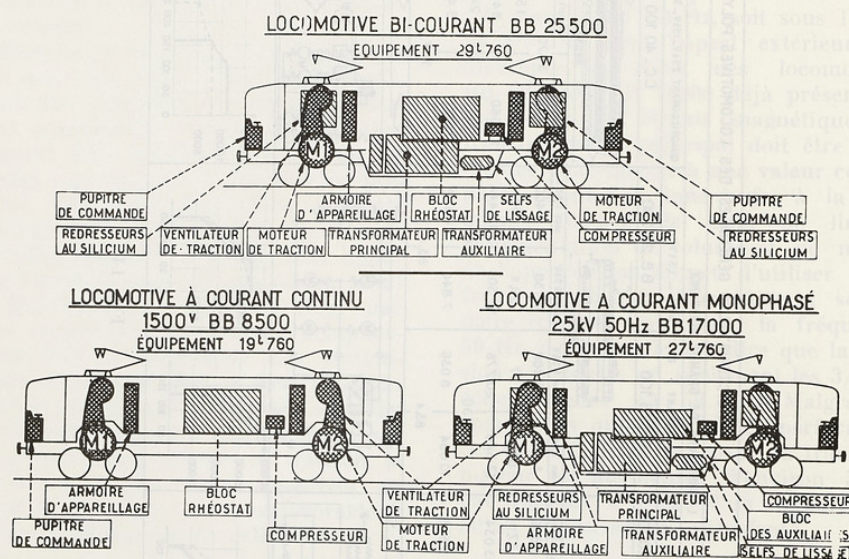


FIG. 15.

rant d'alimentation. Cette information et la position de certains appareils de commutation des circuits conditionnent la fermeture du disjoncteur correspondant au courant capté, afin d'éviter toute fausse manœuvre.

Nous avons actuellement en cours de construction :

- des locomotives bi-courant à gran-

mêmes performances sous les deux modes de courant.

La locomotive bi-courant étant la synthèse d'un engin à courant monophasé et d'un engin à courant continu, il paraît logique que l'un ou l'autre de ces derniers puisse se déduire d'une locomotive bi-courant. C'est ce que nous avons fait avec la BB 25500, ainsi que le montre la fig. 15.

La version « monophasé » est numérotée BB 17 000 et celle à courant continu BB 8 500.

3° LES LOCOMOTIVES TRI-COURANT 1 500 VOLTS ET 3 000 VOLTS CONTINU ET 25 kV 50 Hz.

Les locomotives BB 30001-30002 ont été construites pour les relations avec la Belgique et les Pays-Bas sans arrêt aux frontières. Depuis le 1^{er} septembre 1963 ces engins assurent concurremment avec les locomotives tri-courant de la S.N.C.B. les liaisons directes rapides Paris-Bruxelles.

Les BB 30001-30002 à bogie monomoteur et double rapport d'engrenages dérivent directement des locomotives à courant continu BB 9400, elles ont le même diagramme et la même caisse ; les moteurs de traction sont conçus pour fonctionner sous courant ondulé. L'ensemble transformateur-redresseur au silicium donne une tension fixe de 1 500 volts ; le démarrage s'effectue donc en courant monophasé comme en courant continu par élimination du rhéostat. Il convient de remarquer la masse de 68 tonnes, valeur particulièrement faible pour un engin tri-courant.

4° LES LOCOMOTIVES QUADRI-COURANT CC 40101 à 40104.

Ces locomotives qui seront mises en service en juin 1964 sont destinées au trafic international ; leur polyvalence les rend aptes à circuler sur toutes les grandes lignes électrifiées d'Europe à écartement normal. Leur double rapport d'engrenages avec vitesses maximales de 160 et 240 km/h réserve l'avenir en matière de grande vitesse. En raison de l'importance de l'équipement électrique d'un tel engin, et de la puissance désirée, la formule BB ne pouvait être envisagée, il fallait, pour rester dans des limites de masse par essieu admissibles

en trafic international, adopter le diagramme CC et prendre toutes mesures propres à diminuer les masses.

Le transformateur principal dimensionné pour fonctionner à la fréquence de $16 \frac{2}{3}$ Hz est refroidi à l'hexafluorure de soufre. Comme pour les engins tri-courants dont nous venons de parler, l'ensemble transformateur-redresseur délivre une tension fixe de 1 500 V et le démarrage s'effectue, dans tous les cas, par élimination du rhéostat. Chaque bogie monomoteur à 3 essieux reçoit un moteur de 1 835 kW comportant sur le même arbre, deux induits à 1 500 V coupables en série.

LES SOLUTIONS NOUVELLES APPORTEES PAR L'ELECTRONIQUE.

L'électronique, cette fée miraculeuse du xx^e siècle, a acquis droit de cité en traction électrique. Elle permet, soit d'apporter une solution nouvelle à un problème déjà résolu par des moyens classiques, soit de résoudre un problème resté jusqu'ici sans solution pratique satisfaisante.

Nous ne nous étendrons pas sur le remplacement des circuits de commande classiques par des circuits logiques, ni sur les dispositifs, cependant très intéressants, de détection rapide de patinage à circuits électroniques analogiques ou digitaux grâce auxquels un patinage, lors d'un démarrage, peut être enrayé en moins d'un demi-tour de roue.

Parmi les solutions nouvelles les plus intéressantes, il convient de citer en premier lieu le réglage continu de tension au moyen des amplificateurs magnétiques ou des redresseurs contrôlés au silicium.

Les uns et les autres ont été expérimentés avec succès, d'abord dans des circuits auxiliaires et ensuite pour la commande du circuit de puissance d'une automotrice.

La figure 16 montre le schéma d'une automotrice avec redresseurs à diodes silicium qui comporte un transducteur auto-saturé de puissance dans deux des branches du pont de Graetz. Ces transducteurs commandés par un ensemble électronique permettent le réglage continu de la tension des moteurs de trac-

ristor lorsque le prix de ce dernier aura diminué.

Celui-ci se présente extérieurement comme une diode, avec en plus la connexion pour l'électrode de commande, dont le rôle est comparable à la grille de commande d'un redresseur à vapeur de mercure.

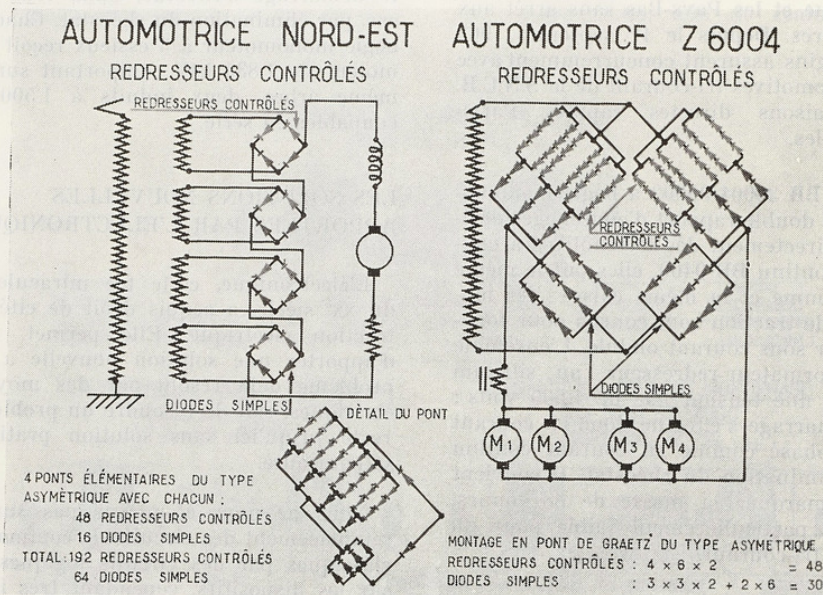


FIG. 16

tion en respectant une consigne d'intensité prédéterminée.

Les amplificateurs magnétiques de puissance sont immergés dans l'huile dans la même cuve que le transformateur principal.

L'amplificateur magnétique constitue une solution valable, mais lourde, qui sera indiscutablement dépassée par le redresseur contrôlé au silicium ou thy-

L'excellente tenue en service des diodes au silicium permet d'augurer un comportement également satisfaisant des thyristors, mais ceux-ci nécessitent des dispositifs de commande électroniques complexes de la bonne pérennité desquels dépendra le succès de cette technique par ailleurs très prometteuse.

Sur l'automotrice déjà équipée d'amplificateurs magnétiques, nous avons

également installé une régulation continue de tension par thyristors dont le schéma est donné par la figure 17.

Les thyristors utilisés ont une tension

indiquées pour des diodes, mais elles sont dès maintenant dépassées par les fabrications très récentes.

Le thyristor peut également être uti-

AUTOMOTRICE Z 6004

SCHEMA DE PRINCIPE DU CIRCUIT DE PUISSANCE ET DU CIRCUIT DE COMMANDE

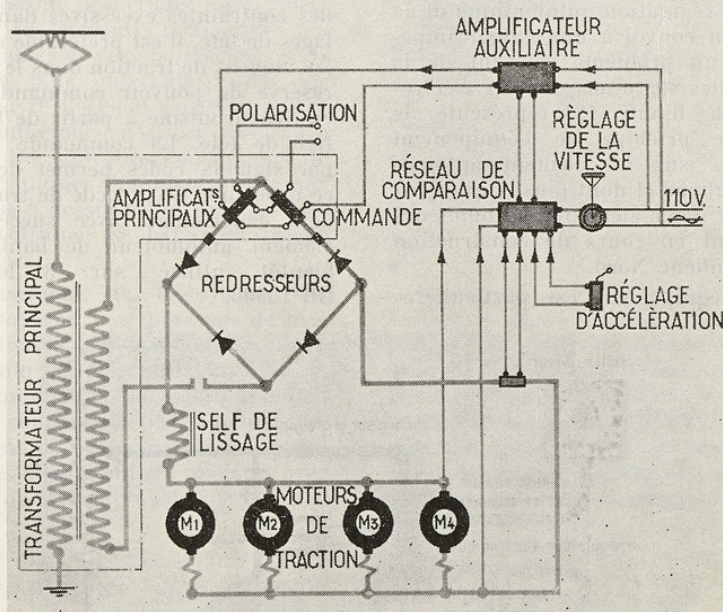


FIG. 17

inverse de 700 volts, une tension disruptive également de 700 volts et un courant moyen nominal de 150 ampères. Ces valeurs sont plus modestes que celles

lisé en courant continu ; comme le redresseur à vapeur de mercure il peut fonctionner en onduleur et permet de créer des courants mono ou polyphasés

à fréquence et tension variables ; peut-être ouvrira-t-il ainsi la voie au moteur asynchrone de traction. Sans anticiper, signalons qu'une locomotive à courant monophasé sera prochainement pourvue d'un équipement de freinage par récupération à thyristors.

Les thyristors permettent aussi de construire des convertisseurs statiques pour courant continu capables de remplacer avantageusement des groupes tournants. Nous venons de mettre en service récemment sur une locomotive un convertisseur-régulateur statique assurant la charge d'une batterie d'accumulateurs de 72 V-80Ah à partir de la tension 1 500 V de la caténaire avec un rendement dépassant 70 % et nous prévoyons d'installer prochainement un autre convertisseur statique 1 500 V/72 V d'une puissance de 3 kW.

Un autre domaine de l'électronique est celui de la régulation automatique de la vitesse d'un convoi à une valeur imposée. C'est un problème relevant de la technique des servo-mécanismes électroniques. La figure 18 représente le schéma de principe de l'équipement expérimenté sur un élément automoteur de banlieue et dont l'installation est prévue sur tous éléments automoteurs actuellement en cours de construction pour la banlieue Nord.

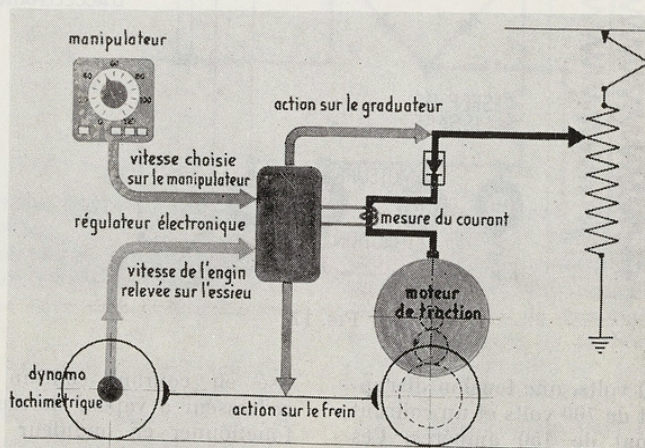
Un tel équipement est particulière-

ment intéressant d'une part en service banlieue où il permet de réaliser automatiquement les conditions optimales de conduite correspondantes à la consommation minimale d'énergie pour un horaire donné et, d'autre part, pour les circulations à très grande vitesse, 200 km/h par exemple, où il convient de réduire la tension nerveuse de l'agent de conduite en le déchargeant du réglage manuel de la vitesse de son convoi.

Bien entendu la vitesse définie par la position du manipulateur pourrait être remplacée par une information transmise par radio ou par balises le long de la voie ou par un programmeur.

Enfin l'électronique apporte une solution rationnelle à la remorque des trains très lourds de marchandises de 3 500 à 4 500 tonnes qui exigent plusieurs unités de traction. Plutôt que de placer celles-ci en tête du convoi ce qui entraînerait des contraintes excessives dans les attelages de tête, il est préférable de répartir les moyens de traction dans le train sous réserve de pouvoir commander ceux-ci en synchronisme à partir de la locomotive de tête. La commande hertzienne par signaux codés permet de résoudre ce problème. Ce procédé de transmission déjà expérimenté avec succès sur un élément automoteur de banlieue, sera bientôt utilisé sur 3 locomotives BB 16500.

FIG. 18



CONCLUSION.

J'en ai terminé avec cet exposé bien incomplet de l'évolution des locomotives électriques en France au cours de la dernière décennie et tout naturellement ma pensée se tourne vers l'avenir : le trafic global de la S.N.C.F. a augmenté en 1963 de 5 % par rapport à 1962 et les économistes prévoient un accroissement du trafic marchandises tel qu'il sera nécessaire, pour l'écouler dans des conditions satisfaisantes d'augmenter à la fois la charge et la vitesse des trains de marchandises, c'est ainsi qu'en première étape la vitesse limite de ceux-ci atteindra 80 km/h en 1970. Par ailleurs, la généralisation en Europe de l'attelage automatique, nettement plus résistant que nos attelages classiques, permettra l'augmentation de la charge des convois.

Il est permis de penser que ces données orienteront nos études vers l'électrification en courant monophasé de nouvelles lignes et vers la conception de locomotives plus puissantes, donc du type CC, car il n'est pas possible, sur le plan de l'adhérence d'exiger davantage de la BB. De nouvelles conceptions de parties mécaniques s'esquissent déjà sur les planches à dessin et les schémas des circuits électriques se bâtissent autour des thyristors.

L'accroissement de la vitesse des trains de voyageurs ne pose pas de problème particulier de traction. M. Brun a bien voulu rappeler que la S.N.C.F. détient, depuis 1955, le record mondial de vitesse sur rails à 331 km/h. Indépendamment de ce record de nombreuses marches d'essai ont été réalisées avec des engins de série à plus de 200 km/h et

nous disposons de locomotives capables de très grandes vitesses. Là encore l'augmentation de vitesse se traduit par une augmentation de puissance qui milite en faveur de la locomotive CC.

Enfin sur un plan plus général, peut-être verrons-nous un jour la traction électrique devenir un mode de traction autonome grâce au développement des sources nouvelles d'énergie et notamment des piles à combustible.

J'évoquais au début de cette causerie le développement mondial de la traction à courant monophasé à 50 Hz mise au point en France. Puisque nous sommes ici les hôtes d'une Société dont la vocation est d'encourager l'Industrie Nationale, qu'il me soit permis de rappeler qu'à la suite des brillants succès technique de la S.N.C.F. constatés par de nombreuses missions étrangères, la traction à courant industriel a été adoptée par de nombreux pays : en Europe : la Grande-Bretagne, le Portugal, le Luxembourg, la Hongrie, et la Yougoslavie ; en Afrique : le Congo ; en Asie : l'U.R.S.S., la Chine, le Japon et l'Inde dont la S.N.C.F. est le Conseiller Technique. Les constructeurs français ont livré du matériel de traction électrique aux Nations suivantes : Portugal, Luxembourg, Hongrie, Congo, U.R.S.S., Chine et Inde.

Souhaitons qu'à l'avenir l'Industrie Française sache se maintenir à la tête du progrès dans l'évolution des techniques nouvelles, qu'elle continue pour le développement de celle-ci, à collaborer efficacement avec la S.N.C.F., les performances réalisées sur le réseau ferroviaire français constituant toujours des références de tout premier ordre.

Le Président de la Société, Directeur de la publication : J. LECOMTE. D.P. n° 1080

Éditions du
CENTRE NATIONAL de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE

15, quai Anatole-France, PARIS-7°
C.C.P. PARIS 9061-11 Tél. 705-93-39

●
Colloque International

N° 125

STRUCTURES FEUILLETÉES

Grenoble 25-30 juillet 1963

Ce colloque a été consacré aux « propriétés globales des systèmes de Pfaff complètement intégrables ».

Sujets traités au cours des conférences :

- Systèmes différentiels ordinaires.
- Equations aux dérivées partielles (systèmes linéaires, systèmes liés au calcul des variations et équations de conservation).
- Variétés feuilletées classiques, étudiées à divers points de vue.
- Théories généralisant directement les variétés feuilletées.
- Systèmes différentiels associés aux connexions (d'ordre supérieur).

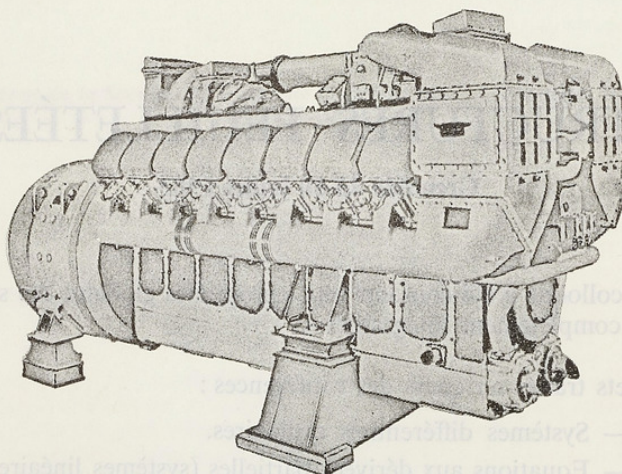
Ouvrage de 276 pages, in-8° raisin, relié 35 F

Les Moteurs Diesel

S.E.M.T - PIELSTICK PA4-185

équipent à la S.N.C.F. :

- Les locomotives Diesel-Électriques BB 66.300 de 1.500 ch
- Les locomotives Diesel-Électriques BB 67.000 de 2.400 ch
- Les locomotives Diesel-Hydrauliques BB 69.000 de 4.800 ch
- Les locomotives Diesel-Électriques CC 70.000 de 4.800 ch



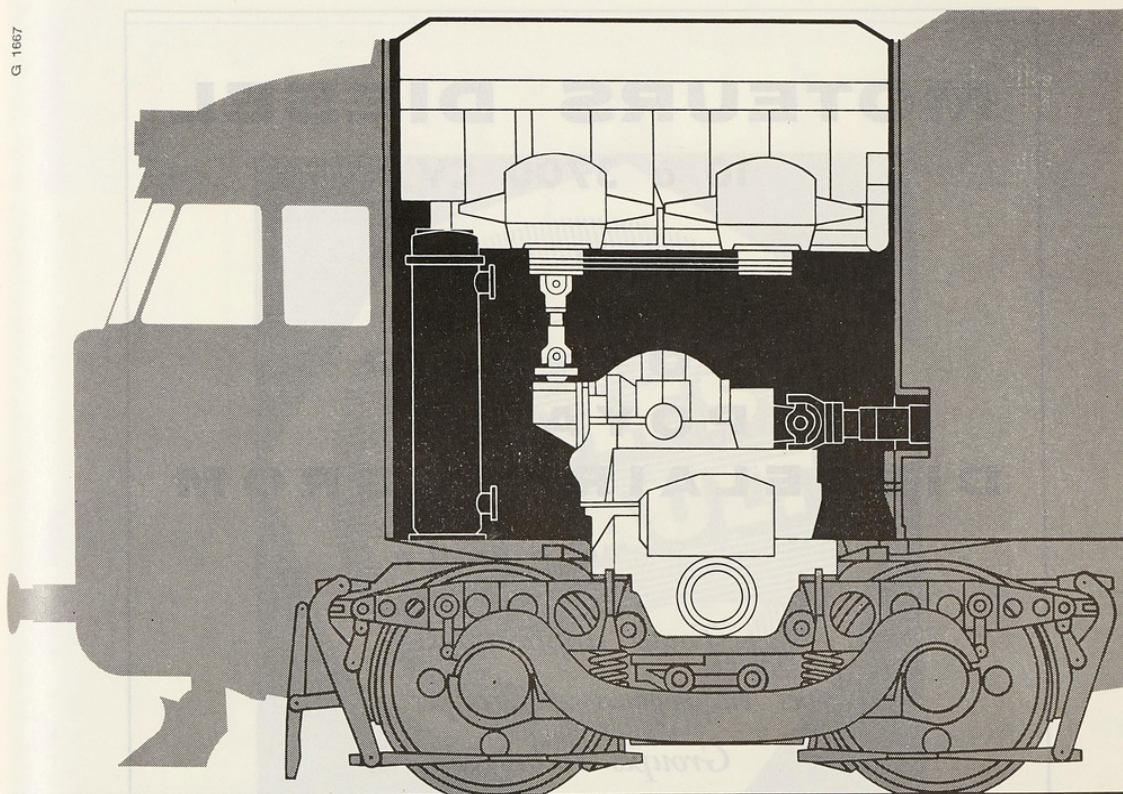
CHANTIERS DE L'ATLANTIQUE

(PENHOËT-LOIRE)

7, RUE AUBER - PARIS

TÉL. R.C. 93-70

DÉPARTEMENT MOTEURS



POUR LOCOMOTIVES DIESEL DE TRÈS GRANDE PUISSANCE

LES TURBO TRANSMISSIONS ET GROUPES DE REFROIDISSEMENT VOITH
AINSI QUE LES BOGIES VOITH-CREUSOT
AVEC PARTIES HYDRAULIQUES INCORPORÉES
PERMETTENT LA RÉALISATION DE LOCOMOTIVES PUISSANTES ET LÉGÈRES

VOITH

et 93, rue de Chezy à Neuilly-sur-Seine - Tél. 722-12-30
Voith-Getriebe KG 792 Heidenheim

MOTEURS DIESEL

10 à 3700 CV



**AGO - MGO
POYAUD
DIESELAIR - AGROM**



*Toutes applications
Groupes électrogènes - Groupes marins
Groupes industriels*



AGENTS GÉNÉRAUX

SOCIÉTÉ GROSSOL

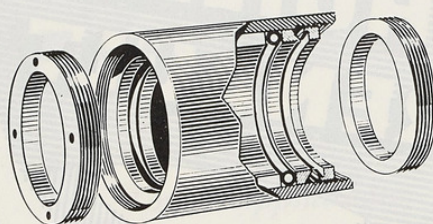
17, Rue Louise-Michel - Levallois-Perret

Tél. 82-90

Télex 27 870

ÉTUDES GROSSHANS ET OLLIER





COUPLOR

colliers
raccords
tuyauteries

Etablissements H. B.

38-40, rue Capitaine Ferber-Issy-les-Moulineaux-Seine-Tél. MIC. 18-01

A 22 CR

SOCIETE MTE

étudie et
vend les
locomotives
construites
par :

S. F. A. C.
(Usines Schneider)

**JEUMONT
SCHNEIDER**



Record du monde
de vitesse en BB
331 Km/heure



Locomotives électriques,
Diesel-électriques, Diesel-
hydrauliques, automotrices
pour réseaux urbains et
suburbains de tous types
et de toutes puissances.

SOCIETE MTE

27, Rue de la Michodière - Paris 2^e
Tél. : 742.63.19 - Câble Matrelect Paris

TRANSMISSIONS

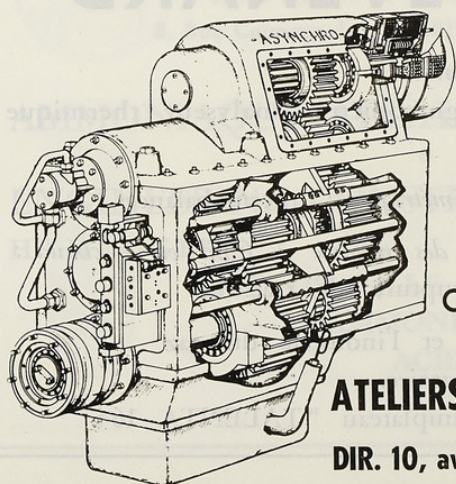
HYDRO-MÉCANIQUES

ASYNCHRO

Toutes Puissances

200 à 1500 W

plus de 350 transmissions
(S.N.C.F. et Etranger)



Rendement élevé
Consommation réduite
Entretien facile
Commande automatique
Conduite en unités multiples

ATELIERS de MONTMIRAIL (Marne)

DIR. 10, av. Friedland, Paris - Tél. 227-14-30

SOCIÉTÉ L'ENGRENAGE

- 62, Rue Eugène MULLER -

SAINT-ÉTIENNE - Tél. 32-38-11

*Les meilleures références en engrenages
de traction élastiques ou rigides*

Denture bateau — Dépouille de sommet
(Denture elliptoïde)

Superfinition des dentures par polissage électrolytique

A. D. A. M. E. L.

4, Passage Louis-Philippe - PARIS-XI^e

construit tous
les appareils

CHEVENARD

- pour l'analyse physico-thermique :
dilatomètres, thermo-magnétomètre, analyseur thermique différentiel.
- pour les essais thermogravimétriques : thermobalances.
- pour les essais mécaniques des métaux à froid et à chaud :
machines de fluage, de rupture, de traction.
- appareils pour les mines et l'industrie du gaz.
- fours électriques de laboratoire.
 - balance analytique uniplateau "TALENTA 164"

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES

Société Anonyme au Capital de 36.160.000 F

56, rue du Faubourg Saint-Honoré - PARIS (8^e)

ENTREPRISES GÉNÉRALES TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENT ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE

Barrages - Usines hydro-électrique et thermiques - Usines - Ateliers
et bâtiments industriels - Travaux maritimes et fluviaux - Aéroports -
Ouvrages d'art - Routes - Chemins de fer - Cités ouvrières -
Édifices publics et particuliers - Assainissement des villes -
Adductions d'eau - Bureaux d'études

Grands postes de transformation
Centrales électriques
Lignes de transport de force

Électrification de voies ferrées
Électrifications rurales
Équipements électriques industriels

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LA GRANDE PAROISSE

AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

Société Anonyme au capital de 19.595.800 F.

8, Rue Cognacq-Jay - PARIS-7^e - Tél INV. 44-30

AMMONIAQUE - ALCALI - ENGRAIS AZOTÉS

•

**ENGINEERING - CONSTRUCTIONS D'USINES
HYDROGÈNE**

**GAZ DE VILLE - GAZ DE SYNTHÈSE
AMMONIAQUE**

ACIDE NITRIQUE

ENGRAIS AZOTÉS

ENTREPRISES

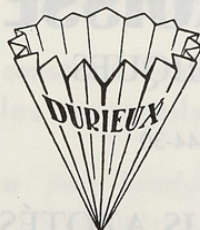
BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17°
ALGER - CASABLANCA

S. E. T. A. O. à ABIDJAN (Côte-d'Ivoire)

TRAVAUX PUBLICS
BÉTON ARMÉ ET PRÉCONTRAIT
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52 x 52

SPECIALITES :

FILTRES SANS CENDRES

N°s 111, 112 et Crêpé N° 113 extra-rapide

Filtres Durcis n° 128 & Durcis sans cendres
n° 114



Cartouches pour extracteurs de tous systèmes

PAPIER " CRÊPÉ DURIEUX "

Toutes Dimensions, pour Filtres-Presses. (Envoi d'échantillons sur demande)

Registre du Comm. de la Seine N° 722-521-2-3 Téléphone : ARChives 03-51

MEDAILLE D'OR de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale
(Juillet 1918)

20, rue Malher, PARIS (4°)

Demandez le Catalogue donnant toutes les explications sur les emplois de mes différentes sortes

**SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE
D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE
et des
ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE**

**ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
ÉTAIN**

SIEGE SOCIAL : 10, RUE DU GENERAL-FOY - PARIS (8^e)
TELEPHONE : EUROPE 31-00
ADRESSE TELEGRAPHIQUE : TROCHIM PARIS

MAISON FONDÉE EN 1895

“ LES ÉLECTRICIENS DE FRANCE ”

Ets JULES VERGER & DELPORTE

Société Anonyme, au Capital de 10.000.000 de F

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES, ÉLECTRONIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

Siège Social, Bureau d'Etudes, Services : 141 bis, 141 ter, rue Saussure, PARIS-17^e
6 lignes « départ » groupées : MAC. 29-56 (3 lignes groupées), CAR. 07-17 (3 lignes groupées),
Usine et Départements : Réparations — Bobinage — Radio — Télévision — Electronique — Automation
53, rue Maurice-Bokanowski, ASNIERES - Tél. GRE. 39-90, 62-28

Département : ELECTRO-VAPEUR - 92, avenue des Ternes, PARIS-17^e - Tél. ETO. 42-70

Agence de VERSAILLES : 1, place Gambetta - Tél. 950-56-50 - Mag. 21, rue d'Anjou - Tél. 950-01-10

MAGASINS DE VENTE : Radio — Télévision — Electro-Ménager — Froid :

92, Avenue des Ternes, PARIS-17^e - Tél. ETO. 42-70

53, Rue Maurice-Bokanowski, ASNIERES - Tél. GRE. 39-90, 62-28.

EN AFRIQUE : SENEGAL - DAKAR

: Bureaux-Magasins : 164, rue Blanchot - B. P. 968 - Tél. 227-26, 227-29.

Ateliers : Km 6,5, route de Rufisque, Hann - Tél. 451-39.

: B. P. 101 - Tél. 51.

: B. P. 4140 - Tél. 553-95.

: B. P. 184 - Tél. 27-76.

: B. P. 68, NOUAKCHOTT : B. P. 3 - Tél. 23-06.

: B. P. 394 - Tél. 23-54 — BOBO DIULASSO : B. P. 334 - Tél. 26.

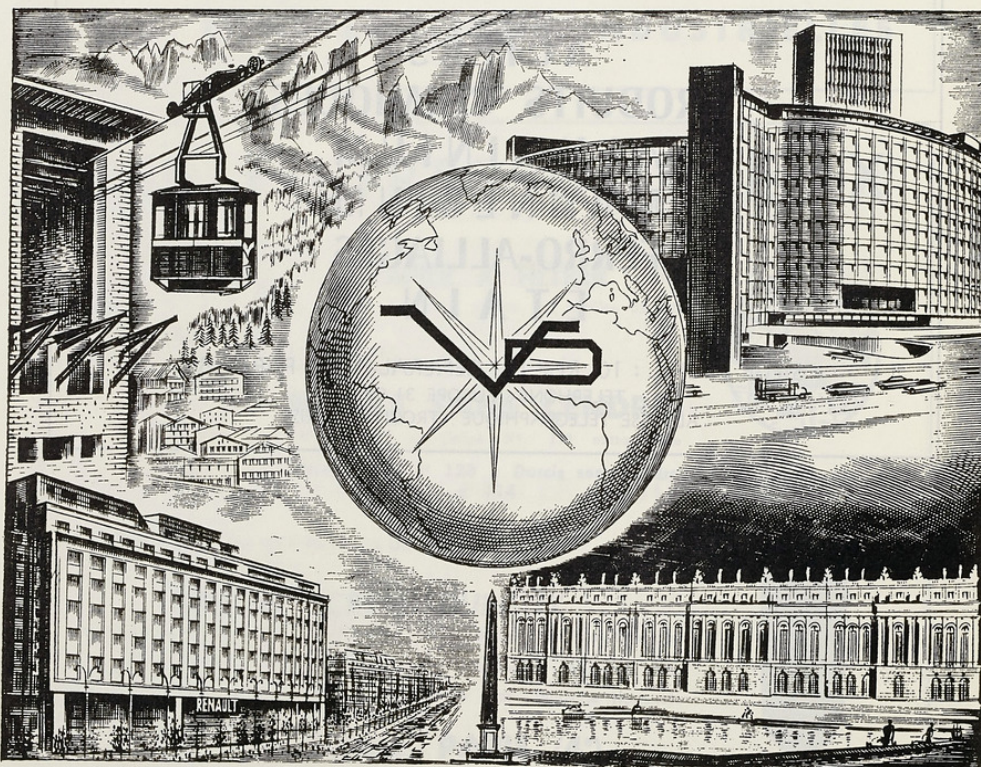
: B. P. 11-72.

SAINT-LOUIS
Côte-d'Ivoire - ABIDJAN
Dahomey - COTONOU
Mauritanie - PORT-ETIENNE
Haute-Volta - OUAGADOUGOU
Togo - LOME

quelques réalisations récentes

VAL D'ISERE - Téléphérique

MAISON DE LA RADIO



RENAULT (Champs-Élysées)

PALAIS DE VERSAILLES

« LES ELECTRICIENS DE FRANCE » SONT JOUR ET NUIT
DIMANCHE ET FETES A LA DISPOSITION DE LEUR CLIENTELE

SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES

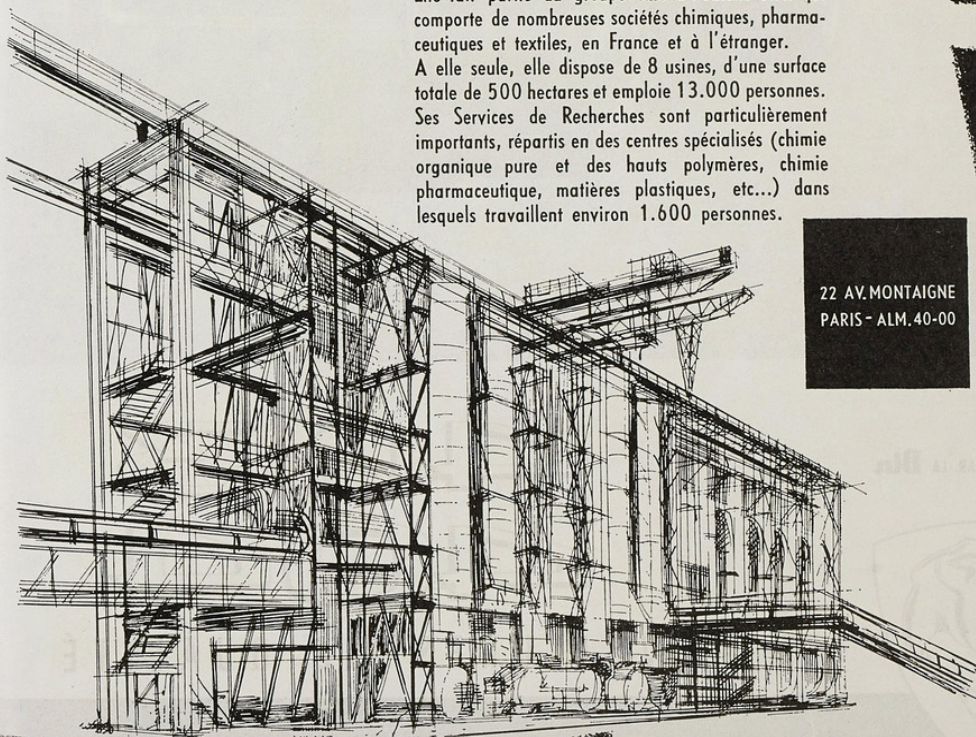
RHÔNE POULENC

- PRODUITS CHIMIQUES ORGANIQUES DE SYNTHÈSE
- PRODUITS MINÉRAUX PURS
- MATIÈRES PLASTIQUES



La Société des Usines Chimiques RHÔNE-POULENC fabrique environ 3.000 produits chimiques : produits organiques industriels, produits minéraux fins, produits pharmaceutiques, matières plastiques, etc... Elle fait partie du groupe Rhône-Poulenc S.A. qui comporte de nombreuses sociétés chimiques, pharmaceutiques et textiles, en France et à l'étranger. A elle seule, elle dispose de 8 usines, d'une surface totale de 500 hectares et emploie 13.000 personnes. Ses Services de Recherches sont particulièrement importants, répartis en des centres spécialisés (chimie organique pure et des hauts polymères, chimie pharmaceutique, matières plastiques, etc...) dans lesquels travaillent environ 1.600 personnes.

22 AV. MONTAIGNE
PARIS - ALM. 40-00





VENTE A CRÉDIT PAR LA **Din**



L.P.F. 0.197

403

404

VOITURES DE QUALITÉ

PEUGEOT

