
LES LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

A GRANDE VITESSE

DE LA COMPAGNIE P.-L.-M.

Par M. Marcel JAPIOT,

INGÉNIEUR EN CHEF ADJOINT
DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION DES CHEMINS DE FER P.-L.-M.

(Pl. VII)

SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE

Essais préliminaires visant exclusivement les besoins de la ligne de Modane

- I. — GÉNÉRALITÉS SUR LES LOCOMOTIVES D'ESSAI.
 - II. — LES LOCOMOTIVES DU TYPE 2 — B + B — 2.
 - III. — PROGRAMME ENVISAGÉ PRIMITIVEMENT POUR LE SERVICE DES RAPIDES SUR LA LIGNE DE MODANE.
-

DEUXIÈME PARTIE

Etude de locomotives répondant à un programme plus général

- I. — NÉCESSITÉ D'ÉLARGIR LE PROGRAMME PRIMITIF : ÉLECTRIFICATION ÉVENTUELLE DES LIGNES DE LA CÔTE D'AZUR.
 - II. — ÉTUDE D'UNE LOCOMOTIVE DU TYPE 2 — C + C — 2.
 - III. — ÉTUDE D'UN MOTEUR PLUS PUISSANT.
 - 1° Programme maximum pour la ligne de Modane.
 - 2° Caractéristiques proposées par le constructeur : examen de ces caractéristiques pour le service de la ligne de Modane.
 - 3° Examen de ces mêmes caractéristiques au point de vue de l'électrification éventuelle des lignes de la Côte d'Azur.
-

TROISIÈME PARTIE

Les locomotives 262-AE.

I. — DESCRIPTION.

1° Les trucks.

2° La transmission.

3° La caisse.

4° Suspension et répartition des charges.

5° Les moteurs de traction.

6° Appareils de prise de courant.

7° Circuit principal.

8° Circuits auxiliaires

9° Circuits à basse tension.

10° Le pupitre de commande.

11° Appareils divers.

II. — TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES LOCOMOTIVES 262-AE.

III. — RÉSULTATS OBTENUS.

IV. — CONCLUSION.

PREMIÈRE PARTIE

Essais Préliminaires visant exclusivement les besoins
de la Ligne de Modane

I. — GÉNÉRALITÉS SUR LES LOCOMOTIVES D'ESSAI.

En vue de procéder, sur la ligne de Modane, à des essais comparatifs de locomotives électriques à grande vitesse, la Compagnie P.-L.-M. avait commandé en 1922, à divers constructeurs, quatre machines différentes.

Deux d'entre elles, du type $2 - B + B - 2$, comportaient une *caisse unique*, reposant sur deux trucks articulés ; les deux autres, appartenant respectivement aux types $1 - C + C - 1$ (ou plus exactement $1 - A + B + B + A - 1$) et $2 - B - 1 + 1 - B - 2$, étaient constituées par *deux unités identiques*, à caisses indépendantes, dont les châssis étaient accouplés par un robuste attelage rigide à rotule sphérique.

La dernière machine possédait, dans chaque caisse, un seul gros moteur avec transmission par *bielles*, tandis que les trois autres étaient munies de moteurs attaquant individuellement les essieux au moyen d'*engrenages*. Sur les deux machines $2 - B + B - 2$, il s'agissait de moteurs jumelés avec transmission par *arbre creux* ; sur la machine $1 - C + C - 1$ au contraire, les moteurs étaient du *type tramway*, avec suspension « par le nez », et engrenages élastiques.

Ces quatre locomotives furent mises à l'essai en 1925 et 1926 sur la ligne de Modane, entre Chambéry et St-Pierre-d'Albigny ; cette section, longue de 25 km, avait été équipée dans ce but avec un rail conducteur à 1 500 volts, à contact supérieur, protégé sur toute sa longueur au moyen d'une gaine en planches (1).

(1) Pour la description du rail conducteur et de sa protection, voir la *Revue Générale* N° de Novembre 1923.

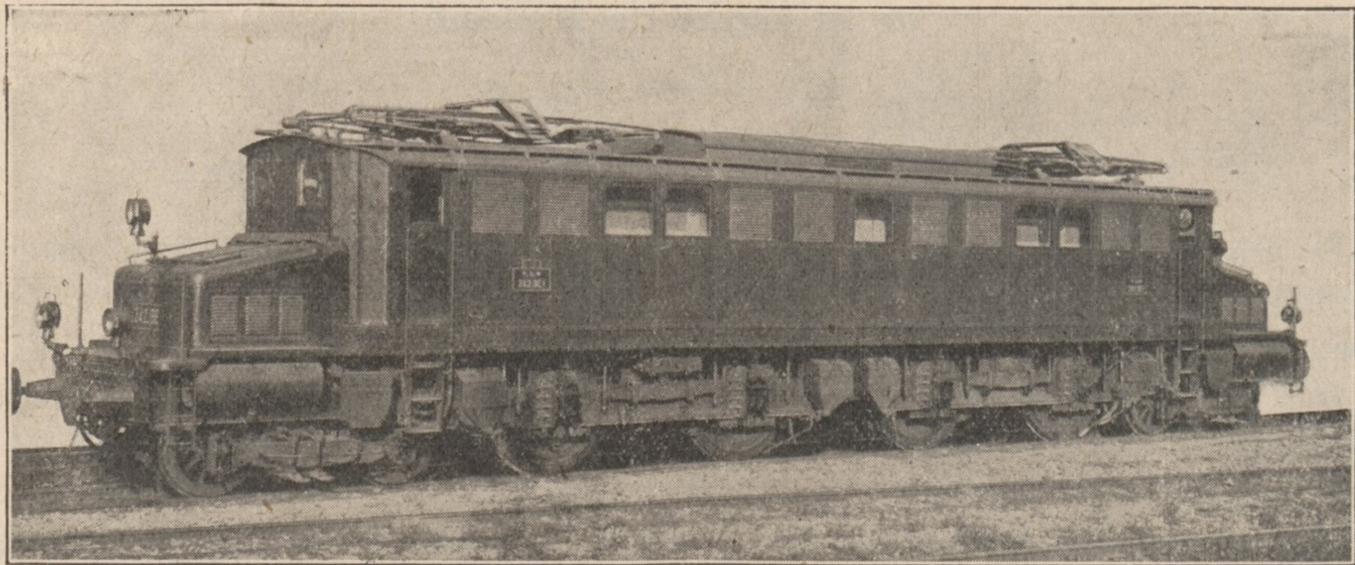
Ces essais conduisirent à donner la préférence aux machines du type $2 - B + B - 2$, à caisse unique, avec moteurs jumelés et transmission par arbre creux.

II. — LES LOCOMOTIVES DU TYPE $2 - B + B - 2$

Les deux locomotives de ce type qui avaient participé aux essais présentaient des différences assez marquées, aussi bien dans la constitution de leur appareillage électrique que dans les dispositifs de transmission des efforts entre arbres creux et roues motrices.

L'une d'elles, n° 242-BE-1 (Fig. 1), dont l'équipement électrique avait été fourni par la Société Oerlikon, tandis que la partie mécanique avait été étudiée par la Société de Construction des Batignolles, et fabriquée par la Compagnie Générale de Construction de Locomotives dans ses ateliers de Nantes, était munie d'un appareillage de contrôle électropneumatique, du type aujourd'hui classique. La seconde machine d'essai, n° 242-AE-1, entièrement étudiée et construite par la Société Alsacienne de Constructions mécaniques, comportait au contraire un appareillage assez différent : les contacteurs de résistances étaient notamment manœuvrés par un arbre à cames commandé par un petit moteur électrique.

Fig. 1. — LOCOMOTIVE D'ESSAI N° 242-BE-1.

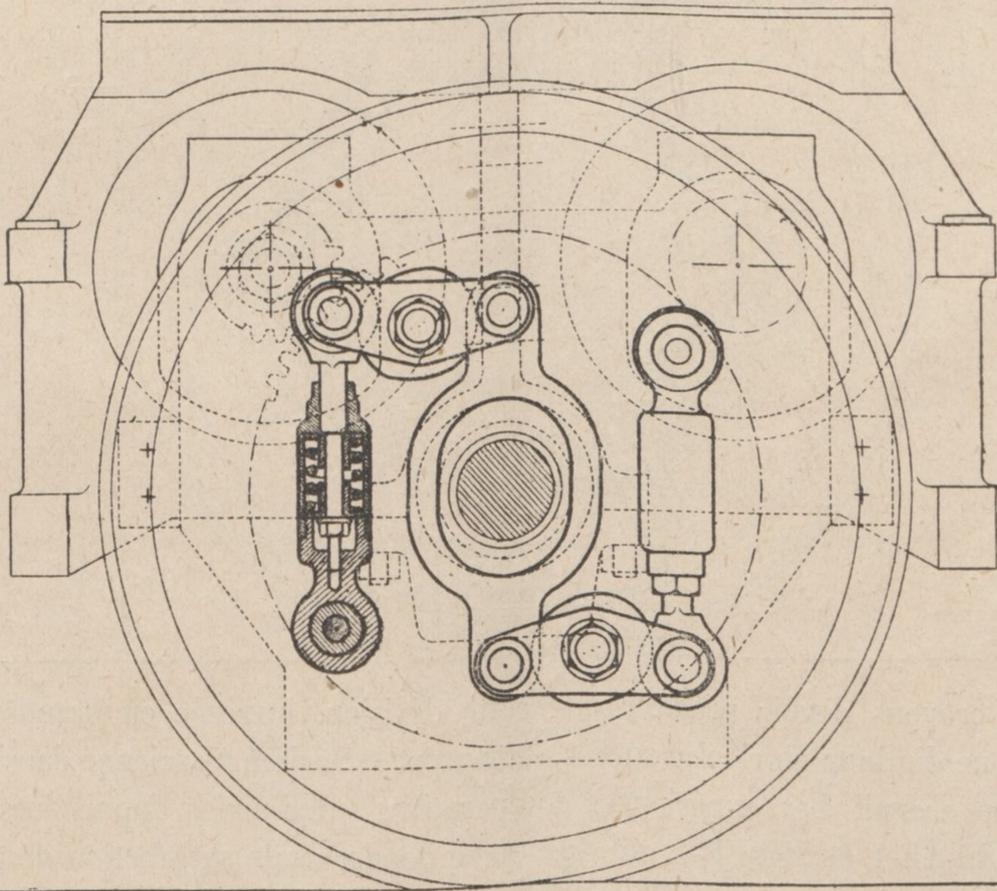


Sur la locomotive n° 242-BE-1, le dispositif d'entraînement interposé entre l'arbre creux et les roues motrices était du système Oerlikon, à *biellettes élastiques* (Fig. 2), permettant l'emploi d'engrenages rigides. Quant à la locomotive n° 242-AE-1, elle avait été munie, à titre d'essai, de deux types de transmission étudiés par la Société Alsacienne : sur l'un des trucks, pourvu d'engrenages rigides, l'entraînement des roues s'opérait au moyen de *ressorts* (Fig. 3), suivant une disposition analogue à celle précédemment adoptée par la Compagnie Westinghouse et les Ateliers de Sécheron ; les essieux du second truck comportaient des transmissions à *biellettes articulées* (Fig. 4), nécessitant la présence d'un organe élastique dans les engrenages (ressorts intercalés entre la jante de la roue dentée et son centre calé sur l'arbre creux).

Au cours des essais, l'appareillage électrique de ces deux locomotives ne donna lieu qu'à des incidents peu nombreux et peu importants, inévitables lors d'une mise au point de ce

genre : ces incidents ne révélèrent que des défauts susceptibles d'être rapidement et efficacement corrigés ; ils ne furent en aucun cas de nature à mettre en cause les dispositions adoptées par les constructeurs, ni la qualité de la fabrication. Quant aux moteurs électriques, leur fonctionnement ne motiva aucune critique, et leur puissance répondit largement au programme fixé, avec une marge toutefois nettement plus grande pour les moteurs de la locomotive 242-BE-1. Enfin les divers systèmes de transmission donnèrent toute satisfaction, et la tenue des machines sur la voie aux grandes allures fut excellente. Bref, à part l'excédent de puissance des moteurs Oerlikon, aucune autre considération ne permettait d'attribuer une supériorité marquée à l'une des deux locomotives.

Fig. 2. — TRANSMISSION A BIELLETTES ÉLASTIQUES DE LA SOCIÉTÉ OERLIKON.
(Locomotive n° 242-BE-1).

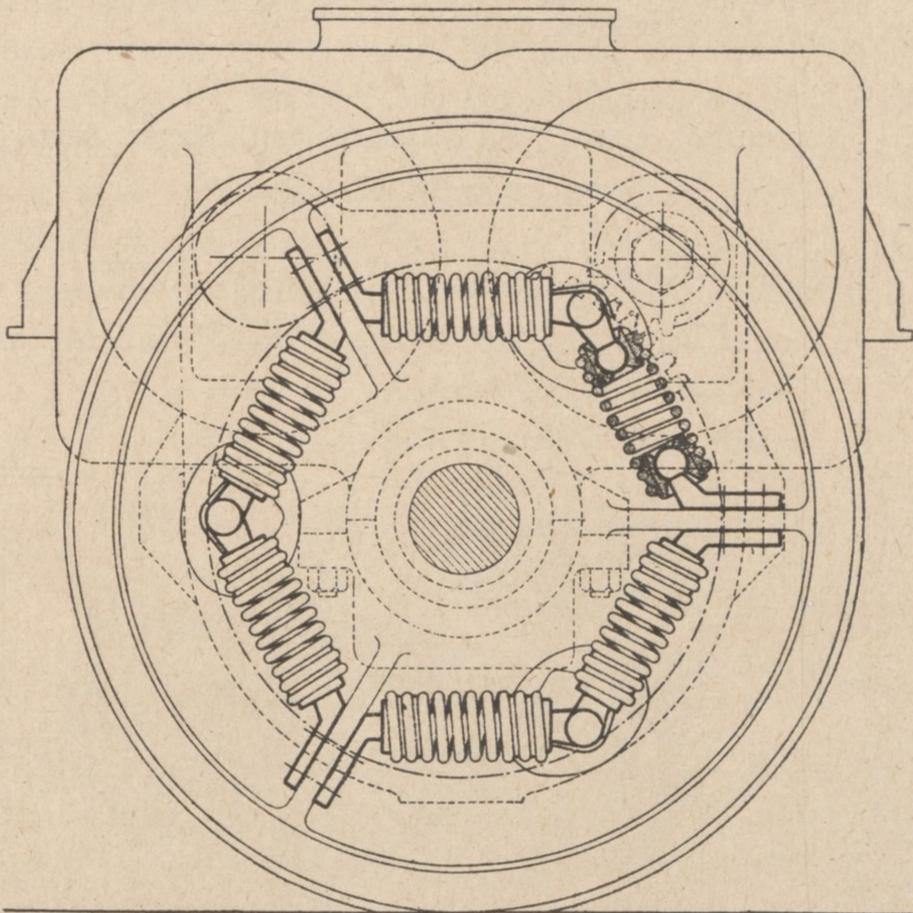


Au moment où la Compagnie P.-L.-M. eut à prendre une décision au sujet d'une nouvelle commande de machines à grande vitesse pour la ligne de Modane, la locomotive 242-BE-1, livrée au printemps de 1925, avait déjà réalisé, au cours des essais, un parcours total assez élevé, tandis que la locomotive 242-AE-1, livrée seulement dans les derniers jours de 1926, n'avait encore pu effectuer qu'un parcours bien moindre ; de plus, la mise au point de son appareillage était à peine terminée. Si les résultats des essais pouvaient être considérés, dès cette époque, comme *entièrement concluants* à l'égard de la locomotive 242-BE-1, il n'en était donc pas de même pour la locomotive 242-AE-1. En particulier, la disposition et le mode de fonctionnement de son appareillage s'écartant assez sensiblement du système classique, il ne paraissait pas possible d'adopter d'emblée cet appareillage pour la construction de nouvelles machines, sans avoir pu le soumettre au préalable à l'épreuve d'un essai de longue durée. En outre, bien que les deux

machines eussent été étudiées d'après le même programme, la locomotive 242-BE-1 s'était révélée, comme nous l'avons dit, nettement plus puissante.

Tels sont les motifs pour lesquels la Compagnie P.-L.-M. fut conduite à confier au groupement Batignolles-Nantes-Oerlikon l'étude et la construction de ses nouvelles locomotives à grande vitesse.

Fig. 3. — TRANSMISSION A RESSORTS
DE LA SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES
(Locomotive n° 242-AE-1, premier truck).



Mais nous croyons devoir préciser que cette décision, imposée en grande partie par les circonstances, ne diminue en rien le succès obtenu par la Société Alsacienne dans la construction de sa machine d'essai. Les expériences comparatives poursuivies depuis lors sur les deux locomotives 242-AE-1 et 242-BE-1 ont continué à donner égale satisfaction de part et d'autre, de sorte qu'aujourd'hui encore, à part l'écart des puissances, il resterait bien difficile de départager les mérites respectifs de ces deux machines, tant au point de vue de l'appareillage qu'au point de vue mécanique.

III. — PROGRAMME ENVISAGÉ PRIMITIVEMENT POUR LE SERVICE DES RAPIDES SUR LA LIGNE DE MODANE.

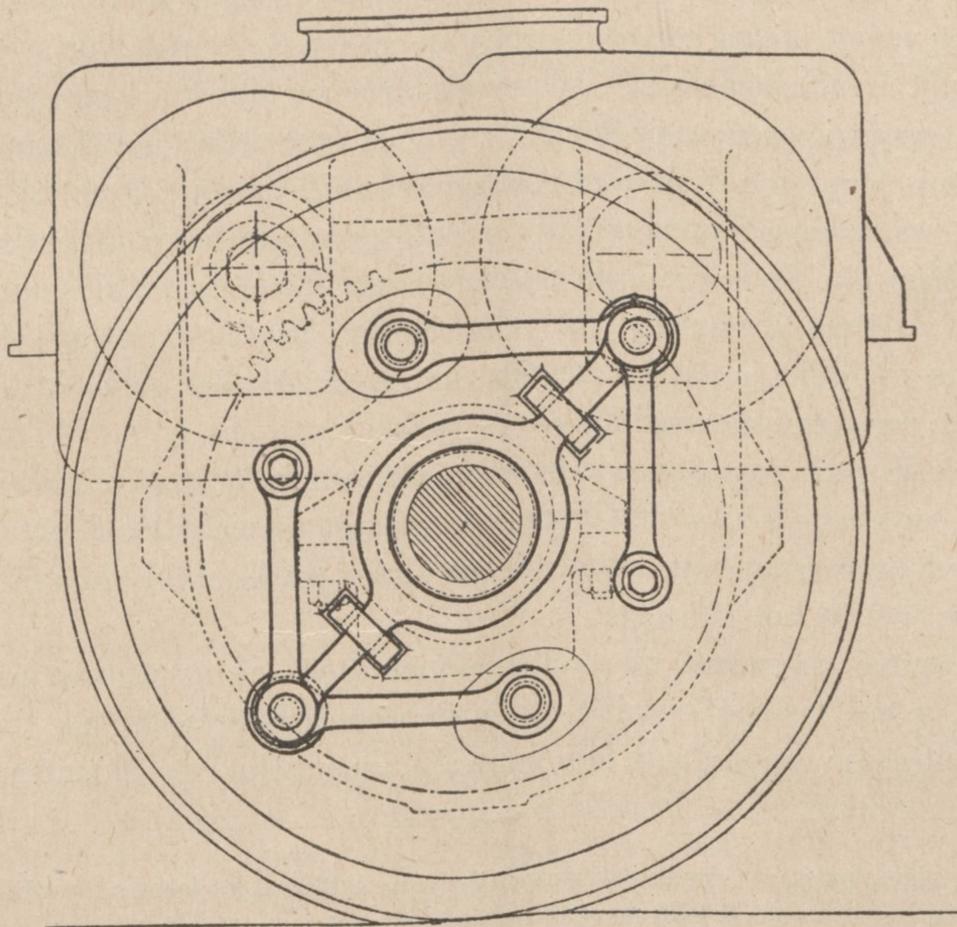
Les locomotives d'essai avaient été étudiées spécialement en vue du service des express de la ligne de Modane. Aussi n'avait-on envisagé qu'une charge maxima de 500 tonnes, et des vitesses peu supérieures à celles réalisées sur cette ligne avec la traction à vapeur. Les moteurs avaient toutefois été calculés par les constructeurs avec une marge telle que le programme fixé s'est trouvé *très largement* rempli.

A la tension de 1 500 volts, la puissance de la locomotive 242-BE-1 (puissance à la jante

des roues motrices) est de 2 720 chevaux en régime unihoraire, et de 2 450 chevaux en régime continu (1).

Bien que cette machine mérite pleinement le titre de *locomotive à grande vitesse*, puisqu'elle atteint avec aisance des vitesses de 100 à 110 km à l'heure sur les sections à profil facile, elle n'en a pas moins été construite de façon à réaliser son maximum de puissance à des vitesses sensiblement moindres, afin de l'approprier au profil de la ligne de Modane, qui comporte des déclivités de 20 à 25 mm par mètre de St-Jean-de-Maurienne à St-Michel, et une longue rampe de 30 mm presque continue de St-Michel à Modane. C'est pourquoi elle a été munie d'engrenages tels que les vitesses correspondant respectivement au régime unihoraire et au régime continu fussent seulement de 54 et 59 km à l'heure.

Fig. 4. — TRANSMISSION A BIELLETTES DE LA SOCIÉTÉ ALSACIENNE
DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES.
(Locomotive N° 242-AE-1, deuxième truck).



(1) Nous nous excusons d'aller à l'encontre d'une récente décision de l'Union Internationale des Chemins de fer, en parlant encore de « chevaux-vapeur » au lieu de « kilowatts » à propos de locomotives *électriques*. Mais nous craignons qu'il ne puisse en être autrement tant qu'on ne se décidera pas à évaluer également en kilowatts la puissance des locomotives *à vapeur*.

L'article premier du décret du 26 Juillet 1919, en proclamant que le kilowatt serait désormais l'unité légale de puissance, semblait avoir condamné à mort le cheval-vapeur. Mais celui-ci vit encore, grâce au sursis illimité qui lui fut accordé par l'article 2 du même décret, autorisant son emploi « à titre provisoire » (sic).

Par courtoisie envers les techniciens de la vapeur, les électriciens répugnent à se charger de l'exécution de ce condamné à terme (terme indéfini d'ailleurs), mais le jour où leurs collègues effectueront eux-mêmes cette opération, ils n'en éprouveront certainement aucun regret.

DEUXIÈME PARTIE

Etude de locomotives répondant à un programme plus général

I. — NÉCESSITÉ D'ÉLARGIR LE PROGRAMME PRIMITIF : ÉLECTRIFICATION ÉVENTUELLE DES LIGNES DE LA CÔTE D'AZUR

S'il ne s'était agi, lors de la commande de nouvelles locomotives à grande vitesse, que de répondre aux *besoins très spéciaux* de la ligne de Modane, nul doute qu'on se fût contenté de reproduire le prototype d'essai, n° 242-BE-1, parfaitement adapté à ce programme particulier. Mais en décidant, en 1921, l'électrification de la ligne de Modane, le Conseil d'Administration de la Compagnie P.-L.-M. avait eu soin de préciser que cette ligne devait constituer un *champ d'expériences*, en vue de mettre complètement au point tous les détails d'un système de traction électrique qui pût éventuellement être adopté d'emblée sur d'autres lignes plus importantes.

En tête de ce programme d'avenir figurait la grande ligne de la Côte d'Azur, de Marseille à Vintimille ; depuis lors, on a également envisagé l'électrification de la nouvelle ligne projetée d'Avignon aux Arcs, destinée à permettre aux grands trains circulant entre Paris et Nice d'éviter le détour par Marseille. Or le profil de ces deux lignes (aussi bien d'ailleurs que celui de la ligne principale de Paris à Marseille) ne comporte fort heureusement que des rampes bien moins accentuées que celles de la ligne de Modane : il est, en effet, caractérisé par de longues rampes de 8 mm par mètre au maximum.

Sans doute eût-il suffi, pour approprier éventuellement la locomotive 242-BE-1 au service des rapides sur ces profils faciles, de diminuer le rapport de réduction de ses engrenages, afin de lui faire développer sa puissance maxima non plus entre 50 et 60 km à l'heure, mais bien à des vitesses de 80 à 90 km à l'heure.

Nous avons estimé cependant que cette solution facile ne ménagerait pas suffisamment l'avenir, parce qu'une locomotive ainsi modifiée n'eût pas présenté une supériorité assez nettement marquée par rapport aux locomotives à vapeur du type Mountain (1). Pour que

(1) Aux essais à pleine puissance sur le parcours de Laroche à Blaisy, les locomotives du type Mountain ont développé momentanément jusqu'à 2 800 chevaux indiqués, et ont pu soutenir, pendant une heure et demie environ, une puissance indiquée de l'ordre de 2 400 chevaux. Mais nous précisons qu'il s'agit ici de puissances *indiquées*, tandis que les chiffres donnés plus haut pour la locomotive 242-BE-1 s'appliquent aux puissances *à la jante*, ce qui est bien différent.

Une comparaison rationnelle doit évidemment porter sur les *puissances disponibles* derrière les locomotives (c'est-à-dire au crochet arrière du tender pour la machine à vapeur, et au crochet arrière pour la locomotive électrique).

Lorsqu'il s'agit, comme dans le cas présent, de machines de poids différents, la comparaison varie évidemment suivant le profil : la locomotive 242-BE-1 pèse 125 t, tandis que le poids moyen d'une machine Mountain en ordre de marche, avec son tender à moitié vide, atteint 160 t. Afin d'avantager la locomotive à vapeur, nous ferons donc la comparaison pour la marche *en palier*.

Mais il faut en outre définir la *vitesse*, parce que l'allure des caractéristiques de puissance des machines à vapeur et des locomotives électriques est bien différente : nous choisirons la vitesse de 90 km à l'heure, à laquelle la machine Mountain a pu soutenir, de Laroche aux Laumes, une puissance disponible au crochet du

l'adoption de la traction électrique sur l'une de nos grandes lignes pût constituer un progrès assez sensationnel pour justifier les frais élevés de l'opération, il nous a paru nécessaire d'avoir à notre disposition un engin *beaucoup plus puissant* que les locomotives à vapeur les plus récentes, de façon à permettre un relèvement notable des charges et des vitesses des trains rapides actuels.

Afin que l'expérience instituée par la Compagnie P.-L.-M. sur la ligne de Modane réponde complètement aux préoccupations de notre Conseil d'Administration, il était donc nécessaire que les nouvelles locomotives électriques à grande vitesse fussent construites non plus pour faire face largement aux besoins propres de cette ligne, mais bien pour résoudre, le cas échéant un problème tout différent, celui de la traction des rapides de l'avenir sur les lignes de la Côte d'Azur.

Si la grande puissance des nouvelles locomotives peut sembler excessive pour le service qu'elles doivent assurer sur la ligne de Modane, on n'est donc pas en droit de s'en étonner, puisqu'elles répondent en fait à un programme d'avenir de bien plus vaste envergure.

II. — ÉTUDE D'UNE LOCOMOTIVE DU TYPE 2-C + C-2.

Pour obtenir une machine d'une puissance très notablement supérieure à celle de la locomotive d'essai n° 242-BE-1, tout en s'attachant à suivre d'aussi près que possible les dispositions dont cette expérience avait montré tout l'intérêt, il était naturel de songer tout d'abord à *augmenter le nombre des essieux moteurs*, en le portant de 4 à 6, ce qui conduisait à substituer au type 2-B + B-2 le type 2-C + C-2.

L'allongement qui devait en résulter pour la machine ne pouvait inspirer aucune inquiétude au sujet de sa tenue sur la voie aux grandes vitesses, puisque chaque truck devait comporter un train de roues analogue à celui des locomotives à vapeur du type 2-3-0, réputées pour leur excellente allure et leur grande stabilité.

Par ailleurs, en assurant le guidage du truck arrière par le truck avant au moyen d'un

tender d'environ 1 550 chevaux. La rampe moyenne, calculée sur la longueur totale de cette section, étant de 1,5 mm par mètre, on peut en conclure que la puissance disponible en palier eût été d'environ 1 630 chevaux.

Comme terme de comparaison, défavorable pour la locomotive électrique, nous considérerons seulement la puissance *continue*, pour une tension moyenne de 1 350 volts au lieu de 1 500, afin de tenir compte des pertes en ligne. Dans ces conditions, la puissance à la jante d'une locomotive dérivée de la machine n° 242-BE-1 ne serait plus que de 2 200 chevaux environ ; mais, grâce à une modification appropriée des engrenages, elle correspondrait, comme nous l'avons dit, à la vitesse de 90 km à l'heure. En tablant, pour la résistance de cette locomotive, sur le coefficient résultant de la formule indiquée plus loin, on trouverait que, dans les conditions envisagées (marche à 90 km en palier), la puissance disponible au crochet arrière serait encore de 1 785 chevaux, *dépassant par conséquent de près de 10 % celle de la machine Mountain.*

Dans la pratique, l'écart serait certainement *bien supérieur* au minimum que nous venons de calculer, — non seulement parce que nous avons admis pour la locomotive électrique des conditions susceptibles de la désavantager de façon exagérée dans cette comparaison, — mais surtout parce qu'on ne peut compter pour les locomotives à vapeur, *en service courant*, que sur des puissances bien inférieures à celles obtenues aux essais. Pour la locomotive électrique, au contraire, notre calcul ayant tenu compte des pertes de tension en ligne, il suffit de placer les manettes de commande aux crans voulus pour lui faire développer de façon soutenue une puissance au moins égale à celle sur laquelle nous avons tablé.

Au demeurant, si nous avons fait porter notre comparaison non plus sur la marche en palier, mais sur le profil moyen de la ligne, y compris la section accidentée des Laumes à Blaisy, l'avantage en faveur de la locomotive électrique, sensiblement plus légère, eût été bien plus marqué.

attelage rigide à rotule sphérique, on évitait toute innovation, car ce dispositif avait donné entière satisfaction sur plusieurs locomotives d'essai : son efficacité était démontrée par la douceur des entrées en courbe aux grandes vitesses, et par la faible usure des bandages des essieux moteurs encadrant l'articulation.

La seule difficulté que présentait l'étude d'une locomotive 2-C + C-2 à caisse unique était d'assurer une *répartition convenable des charges* sur les essieux moteurs et les bogies directeurs sous l'effet du poids de la caisse. Sur les locomotives du type 2-B + B-2, ce résultat avait été obtenu très simplement en plaçant les pivots de caisse entre l'essieu arrière du bogie et le premier essieu moteur de chaque truck, et en disposant exactement au droit de ces pivots les appuis élastiques latéraux assurant la stabilité transversale de la caisse. La même disposition ne pouvait être adoptée pour une locomotive du type 2-C + C-2, parce que les bogies eussent été surchargés aux dépens des essieux moteurs, dont l'adhérence se fût trouvée insuffisante.

Pour lever cette difficulté, deux solutions semblaient pouvoir être envisagées. La première consistait à reporter au-dessus des essieux moteurs les deux pivots de caisse et les appuis latéraux (ceux-ci restant implantés au droit des pivots), de façon à obtenir d'emblée, comme sur les machines 2-B + B-2, une répartition convenable des charges sur les essieux. La seconde comportait, au contraire, le maintien des pivots à leur emplacement naturel, entre le bogie et le premier essieu moteur de chaque truck, à condition de les soulager d'une partie notable de leur charge au moyen d'appuis latéraux élastiques placés non plus au droit des pivots, mais au-dessus des essieux moteurs.

La première solution, plus séduisante a priori, parce qu'elle devait assurer sensiblement la permanence de la répartition théorique des charges malgré les dénivellations de la voie, se heurtait en pratique à de graves difficultés de réalisation, et la Société de Construction des Batignolles dut nous proposer d'abandonner cette étude pour adopter la seconde solution. Elle nous présenta dans ce sens un projet qui nous parut satisfaisant, et dont nous ferons connaître plus loin les détails.

Il résultait donc des premières études du Constructeur qu'il était possible, en conservant les moteurs de la locomotive 242-BE-1, de construire une nouvelle machine du type 2-C + C-2, dont la puissance eût été supérieure de 50 % à celle du prototype, et eût par suite dépassé de plus de 50 % celle d'une locomotive à vapeur du type Mountain (1).

III. — ÉTUDE D'UN MOTEUR PLUS PUISSANT.

Si marqué qu'il fût, le progrès ainsi réalisable ne nous a pas encore semblé suffisant, et puisque le constructeur de la partie mécanique avait pu résoudre sa part du problème, nous avons pensé qu'un effort analogue devait être demandé au fournisseur de la partie électrique. Nous avons donc prié la Société Oerlikon de *reprendre l'étude de ses moteurs*, de façon à en augmenter la puissance, tout en les appropriant aux très grandes vitesses.

(1) D'après ce que nous avons dit précédemment, l'écart entre la puissance disponible de cette nouvelle locomotive électrique et celle d'une machine Mountain eût été au minimum de 65 % ($1,10 \times 1,50 = 1,65$), dans les conditions que nous avons précisées.

1^o Programme maximum pour la ligne de Modane.

Pour guider ses travaux, nous avons d'abord cherché à définir un programme maximum visant la ligne de Modane, nous réservant d'examiner ensuite dans quelle mesure les besoins éventuels des lignes de la Côte d'Azur se trouveraient ainsi couverts.

Puisqu'il s'agissait avant tout de machines à grande vitesse, nous avons naturellement fait abstraction de la section de St-Jean de Maurienne à Modane, où les très fortes rampes (20 à 30 p. 1 000) et les sinuosités accentuées du tracé interdisent en fait les vitesses élevées. Nous avons également laissé de côté la section de Culoz à Chambéry, qui est, au contraire, en quasi palier sur la plus grande partie de sa longueur. La seule section intéressante était donc celle de *Chambéry à St-Jean de Maurienne* (70,4 km), qui présente tout d'abord de Chambéry à Cruet (17,2 km) un dos d'âne où les déclivités atteignent exceptionnellement 10 p. 1 000, mais dont le profil moyen peut être caractérisé par des déclivités de 8 p. 1 000; vient ensuite, de Cruet à Epierre (30,2 km), une partie plus facile, où les rampes ne dépassent 5 p. 1 000 que sur de très faibles longueurs; enfin, d'Epierre à St-Jean de Maurienne (22,7 km), les rampes croissent progressivement pour atteindre exceptionnellement 14 et 15 p. 1 000 sur des trajets très courts, mais la rampe moyenne, calculée sur la longueur totale de cette section, est d'environ 8 p. 1 000. C'est donc cette déclivité de 8 p. 1 000, précisément égale à la déclivité maxima des lignes de la Côte d'Azur, qui nous a paru devoir être retenue dans l'espèce.

Les vitesses limites autorisées par le Service de la Voie entre Chambéry et St-Jean de Maurienne variant de 95 à 110 km à l'heure, nous avons envisagé, pour le tracé des futurs rapides sur cette section, une vitesse moyenne de 90 km à l'heure, qui nous a paru convenir également pour le cas éventuel des rapides de la Côte d'Azur à la montée des rampes de 8 p. 1 000.

D'autre part, au lieu de la charge maxima de 500 tonnes prévue pour les machines d'essai, nous avons adopté le chiffre de 600 tonnes, afin de mieux ménager l'avenir.

En résumé, pour répondre aux besoins maxima de la ligne de Modane, les nouvelles locomotives devaient pouvoir *remorquer un rapide de 600 tonnes à 90 kilomètres à l'heure en rampe de 8 millimètres par mètre.*

En partant des coefficients admis en Europe pour la résistance des voitures à bogies, l'effort correspondant pouvait être évalué à 8 200 kg environ (1). Pour calculer, d'autre part, l'effort nécessaire à la propulsion de la machine elle-même, nous avons admis qu'elle pèserait environ 150 tonnes, et que sa résistance par tonne en palier serait du même ordre que celle

(1) La formule de M. Barbier, valable de 60 à 115 kilomètres à l'heure pour la résistance par tonne des anciennes voitures à bogies du Chemin de fer du Nord, est la suivante (*Revue Générale*, N^o d'Avril 1897) :

$$R = 1,6 + 0,456 \frac{V(V + 10)}{1\ 000}$$

De leur côté, les Chemins de fer allemands ont adopté, pour la résistance des voitures à bogies, la formule :

$$R = 2,5 + \frac{V^2}{2\ 500}$$

Cette formule donne des résistances plus fortes que celles de la formule de M. Barbier jusqu'à 92 kilomètres à l'heure, et plus faibles à partir de 93. Afin de tenir compte de cette divergence, nous avons cherché une formule se rapprochant autant que possible des précédentes entre 90 et 100 kilomètres à l'heure, et donnant

relevée par la Compagnie d'Orléans sur sa locomotive électrique du type 2-D-2, à attaque individuelle des essieux par engrenages et biellettes du système Buchli (Société Brown-Boveri) : l'effort en question serait ainsi de 2 700 kg (1). L'effort total à la jante devrait donc atteindre environ 11 000 kg : pour tenir compte aussi bien de la résistance supplémentaire due à la présence de courbes assez accentuées, que d'un dépassement possible des prévisions concernant le poids de la machine (2), nous avons tablé sur un effort total de 11 250 kg.

Bien que ce régime dût être soutenu pendant moins d'une heure, puisque la section de Chambéry à St-Jean de Maurienne n'a que 70,4 km de longueur, il n'eût pas suffi de définir par ces conditions le régime unihoraire des moteurs, car il fallait en outre tenir compte du travail à effectuer au delà. Nous avons en conséquence indiqué au constructeur, en vue du calcul de l'échauffement des moteurs, un cycle de fonctionnement qui le conduisit à considérer le régime en question (effort de 11 250 kg à 90 km à l'heure) comme intermédiaire entre le régime unihoraire et le régime continu, sinon même comme voisin de ce dernier.

En outre, pour éviter que la vitesse ne tombât trop au-dessous de la moyenne de 90 sur les courtes rampes de 14 et 15 pour 1 000 précédant St-Jean de Maurienne, nous avons ajouté que la machine devrait pouvoir soutenir sur ces rampes, pendant au moins 15 minutes, un effort à la jante de 15 500 kg à la vitesse d'au moins 75 km à l'heure (3).

Toutefois, pour tenir compte de l'allure présumée des caractéristiques des moteurs, nous avons précisé que, si ce dernier régime devait être obtenu pour le fonctionnement à plein champ, il n'en serait pas obligatoirement de même pour le régime à 90 km à l'heure, pour lequel le constructeur aurait la latitude d'utiliser le premier cran de shuntage : la marge subsistant entre cette vitesse de 90 et les limites autorisées par le Service de la Voie était, en effet, suffisamment réduite pour qu'on pût se contenter de se réserver seulement le deuxième cran de shuntage pour regagner éventuellement un retard.

Bien entendu, pour tenir compte des pertes de tension en ligne, tous ces résultats devaient être atteints pour une tension de 1 350 volts seulement, et non pour la tension nominale de 1 500 volts, réalisée seulement au droit des sous-stations.

Enfin, pour permettre un démarrage facile et une mise en vitesse rapide en cas d'arrêt

des résultats intermédiaires entre ceux de ces deux formules en dehors de cette zone. Parmi les formules remplissant ces conditions, nous avons adopté la suivante :

$$R = 3 + 5 \frac{V}{100} \left(\frac{V - 30}{100} \right)$$

qui ne comporte que des coefficients très simples, rendant les calculs particulièrement faciles. Entre 60 et 120 kilomètres à l'heure, l'écart entre cette formule et la formule allemande n'atteint jamais 2 %.

(1) Les résultats obtenus par la Compagnie d'Orléans sur cette locomotive ont été indiqués sous forme de courbe dans la *Revue Générale* (N° de Mars 1927, p. 210).

En cherchant à mettre cette courbe en équation, on arrive à la formule :

$$R = 3,7 + \frac{V(V - 20)}{1\,000}$$

qui donne, à 0,1 kg près, les chiffres qu'on peut relever sur la courbe en question. Nous avons, en conséquence, adopté la formule ci-dessus pour le calcul de la résistance par tonne de nos locomotives à engrenages.

(2) On verra plus loin que les nouvelles locomotives pèsent en réalité 159 tonnes.

(3) Les formules indiquées précédemment donneraient dans ces conditions un effort total de 15 235 kg, que nous avons arrondi à 15 500

accidentel sur la rampe maxima de 15 millimètres par mètre, la locomotive devait pouvoir fournir pendant 5 minutes un effort à la jante d'au moins 21 000 kg (1).

Quant à la vitesse limite à envisager aussi bien pour la construction des moteurs eux-mêmes que pour celle de la partie mécanique, il nous a paru opportun de la fixer légèrement au-dessus du maximum autorisé actuellement sur nos grandes lignes, et nous avons spécifié le taux de 130 km à l'heure.

2° Caractéristiques proposées par le constructeur : examen de ces caractéristiques pour le service de la ligne de Modane.

Partant de ces données, la Société Oerlikon nous a proposé les caractéristiques reproduites sur la figure 5 : ces caractéristiques, établies pour la tension de 1 350 volts seulement, ne concernent que le fonctionnement des moteurs au dernier couplage, dit « en parallèle », soit à plein champ (courbe P), soit avec shuntage à 30 % (courbe P 1) et à 45 % (courbe P 2).

Nous avons reproduit sur la même figure les courbes donnant la résistance totale, soit en palier, soit en rampe de 8 et de 15 pour 1 000, d'un train composé d'une locomotive électrique et d'une rame de 600 tonnes (2) : les points de rencontre de ces deux faisceaux de courbes donnent les vitesses réalisables.

On voit que le train de 600 tonnes pourrait être tracé à 111 kilomètres à l'heure en palier (marche au premier cran de shuntage, au-dessous du régime continu), à 93 kilomètres à l'heure en rampe de 8 millimètres par mètre (également au premier cran de shuntage, en dépassant à peine le régime continu), et à 76 kilomètres à l'heure en rampe de 15 (à plein champ et pendant plus d'une heure, au lieu des 15 minutes fixées).

En cas de retard, on pourrait marcher à 119 kilomètres à l'heure en palier (au deuxième cran de shuntage, sans atteindre le régime continu), à 101 kilomètres à l'heure en rampe de 8 millimètres (également au deuxième cran de shuntage, sans atteindre le régime unihoraire), et à 84 kilomètres à l'heure en rampe de 15 (au premier cran de shuntage, en dépassant à peine le régime unihoraire).

3° Examen de ces mêmes caractéristiques au point de vue de l'électrification éventuelle des lignes de la Côte d'Azur.

Les caractéristiques proposées répondaient donc très largement au programme maximum que nous avons envisagé pour la ligne de Modane : il ne restait plus qu'à vérifier si elles réserveraient également l'avenir en cas d'électrification des lignes de la Côte d'Azur.

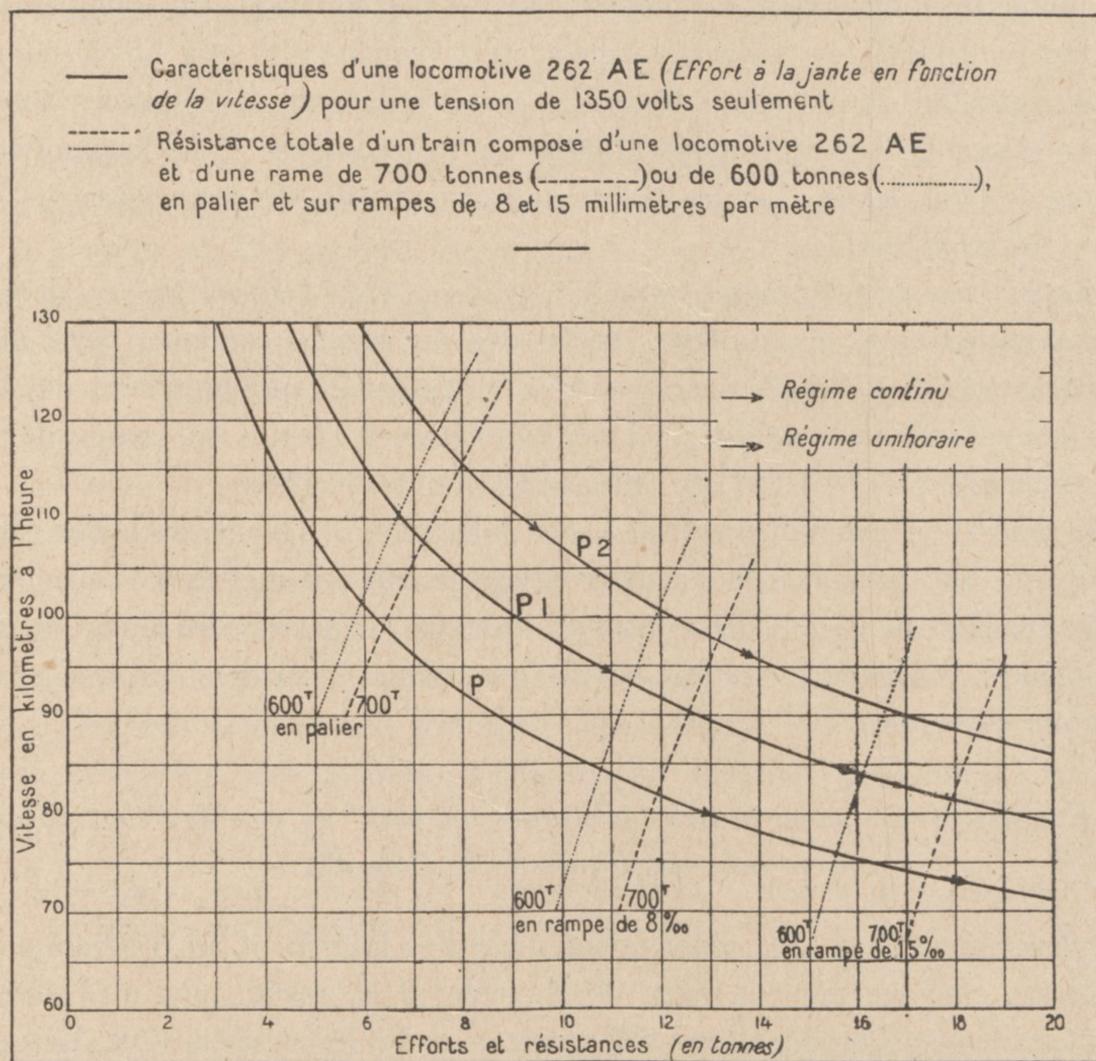
(1) L'écart entre cet effort et celui de 15 500 kg, indiqué plus haut pour la marche à 75 km à l'heure sur cette même rampe pendant 15 minutes, nous a paru suffisant pour assurer un démarrage satisfaisant, et une accélération convenable.

Nous n'avons pas considéré le cas des rampes plus fortes, de St-Jean de Maurienne à Modane, parce que nous avons admis que, pour des charges aussi élevées, on devrait forcément recourir à la double traction sur ce parcours.

(2) Ces courbes, indiquées en pointillé sur la figure 5, ont été tracées en partant des coefficients de résistance calculés d'après les formules indiquées précédemment, mais en adoptant pour la locomotive le poids de 160 tonnes, au lieu de celui de 150 tonnes qui avait servi de base aux premières études.

Or, à l'époque où nous établissions l'avant-projet de ces locomotives électriques (1927), la composition des grands trains de la Côte d'Azur, remorqués par des locomotives du type Pacific, ne dépassait pas 465 tonnes ; mais elle ne répondait déjà plus aux besoins du trafic. D'autre part, l'extension que l'on comptait donner, dans les nouvelles voitures-lits, à l'emploi du compartiment individuel, dit « single », devait réduire le nombre des places offertes, et rendre par conséquent encore plus urgente l'augmentation des rames. Aussi envisageait-on comme indispensable à bref délai l'utilisation de locomotives du type Mountain entre Marseille et Nice, afin de pouvoir porter la charge des rapides aux environs de 550 tonnes (cette amélioration a été mise en vigueur l'hiver dernier). Enfin, pour le cas de la traction

Fig. 5. — VITESSES RÉALISABLES AVEC DES TRAINS DE 600 ET 700 T, REMORQUÉS PAR UNE LOCOMOTIVE 262-AE, POUR UNE TENSION DE 1.350 VOLTS SEULEMENT.



électrique, nous avons à tenir compte de l'adjonction d'un wagon spécial, d'environ 50 tonnes, pour produire la vapeur nécessaire au chauffage du train pendant l'hiver, tant que les voitures ne seraient pas pourvues du chauffage électrique. Nous aboutissions ainsi au total de 600 tonnes ; mais alors ce chiffre pouvait être considéré comme un maximum pour les rapides de Modane, il constituait au contraire un *minimum* pour ceux de la Côte d'Azur.

Il nous a donc semblé nécessaire d'aller plus loin, pour parer à l'alourdissement éventuel du matériel, et à une majoration possible des compositions.

L'expérience a prouvé, en effet, que la progression du poids des voitures se poursuivait d'une façon inéluctable : alors que les voitures à bogies d'avant guerre pesaient en moyenne

35 tonnes, celles d'aujourd'hui atteignent environ 45 tonnes (abstraction faite des véhicules de la Compagnie Internationale des Wagons-Lits, qui pèsent maintenant 55 tonnes). Mais cet écart de près de 30 % provient en grande partie de la substitution des voitures entièrement métalliques à l'ancienne construction mixte, avec châssis en acier et charpente de caisse en bois. On sait d'autre part que les constructeurs, comme les réseaux eux-mêmes, s'ingénient à rechercher les moyens d'alléger quelque peu les nouvelles voitures métalliques. On peut donc penser que la courbe des poids, après avoir monté aussi rapidement, va maintenant marquer un palier. Nous estimons cependant que ce palier sera de courte durée, et que la courbe ne tardera pas à reprendre sa marche ascendante, parce qu'on cherchera toujours à construire des voitures *de plus en plus confortables*, et par suite *fatalement de plus en plus lourdes*, qu'il s'agisse d'augmenter encore la rigidité de la caisse, ou de rechercher une plus grande douceur du roulement par l'emploi de bogies à trois essieux au lieu de deux. Il ne faut pas oublier, en effet, que si les voitures européennes les plus luxueuses pèsent 55 tonnes, le poids des wagons-lits américains, montés sur bogies à trois essieux, atteint couramment 75 à 80 tonnes, soit 35 à 45 % de plus.

En ce qui concerne, par contre, la majoration des compositions, il ne semble plus qu'on puisse aller très loin dans cette voie, parce qu'on approche de la limite au delà de laquelle la longueur des trains rend le service très difficile. Au demeurant, l'application du chauffage électrique aux voitures permettrait de supprimer le wagon de chauffage, ce qui rendrait possible l'adjonction d'une voiture supplémentaire.

Nous avons pensé que pour tenir compte à la fois d'une faible majoration des compositions, et d'une légère augmentation du poids des voitures, il suffisait d'envisager, en définitive, pour les rapides de la Côte d'Azur, une *charge de 700 tonnes* au lieu de 600.

En se reportant à la figure 5, sur laquelle nous avons tracé les courbes donnant la résistance totale du train comprenant une locomotive électrique du nouveau type et 700 tonnes de voitures à bogies (1), on voit qu'un tel rapide pourrait être tracé à 108 kilomètres à l'heure en palier (au premier cran de shuntage, au-dessous du régime continu), et à 90 kilomètres à l'heure en rampe de 8 millimètres (toujours au premier cran de shuntage, sans atteindre le régime unihoraire).

En cas de retard, on pourrait, en utilisant le deuxième cran de shuntage, marcher à 116 kilomètres à l'heure en palier (sans atteindre le régime continu), et à 98 kilomètres à l'heure en rampe de 8 millimètres (au voisinage du régime unihoraire).

Ces dernières vitesses (et à fortiori les vitesses de tracé indiquées précédemment) pourraient d'ailleurs, au besoin, être *soutenues de bout en bout* sans aucun inconvénient, grâce aux particularités du profil des lignes considérées : d'une part la longueur des rampes de 8 millimètres ne dépasse pas 24 kilomètres sur la section de Marseille à Nice, et n'atteindra encore que 55 kilomètres sur la ligne projetée d'Avignon aux Arcs ; ces rampes sont d'autre part suivies de pentes à peu près équivalentes, sur lesquelles la locomotive n'aurait à fournir qu'un effort insignifiant, sinon même nul. Il en résulte que les cycles de fonctionnement

(1) Courbes en tracé interrompu.

envisagés, même en cas de retard, ne donneraient, pour l'échauffement maximum des moteurs, qu'un chiffre bien inférieur à la limite garantie par le constructeur.

Il est donc certain qu'en cas d'électrification des lignes de la Côte d'Azur, de telles locomotives pourraient aisément y remorquer des rapides de plus de 700 tonnes, à des vitesses voisines des limites autorisées par le Service de la Voie : c'est dire que les caractéristiques proposées par la Société Oerlikon répondaient pleinement au but que nous poursuivions, et nous l'avons invitée en conséquence à les conserver pour ses études définitives.

TROISIÈME PARTIE

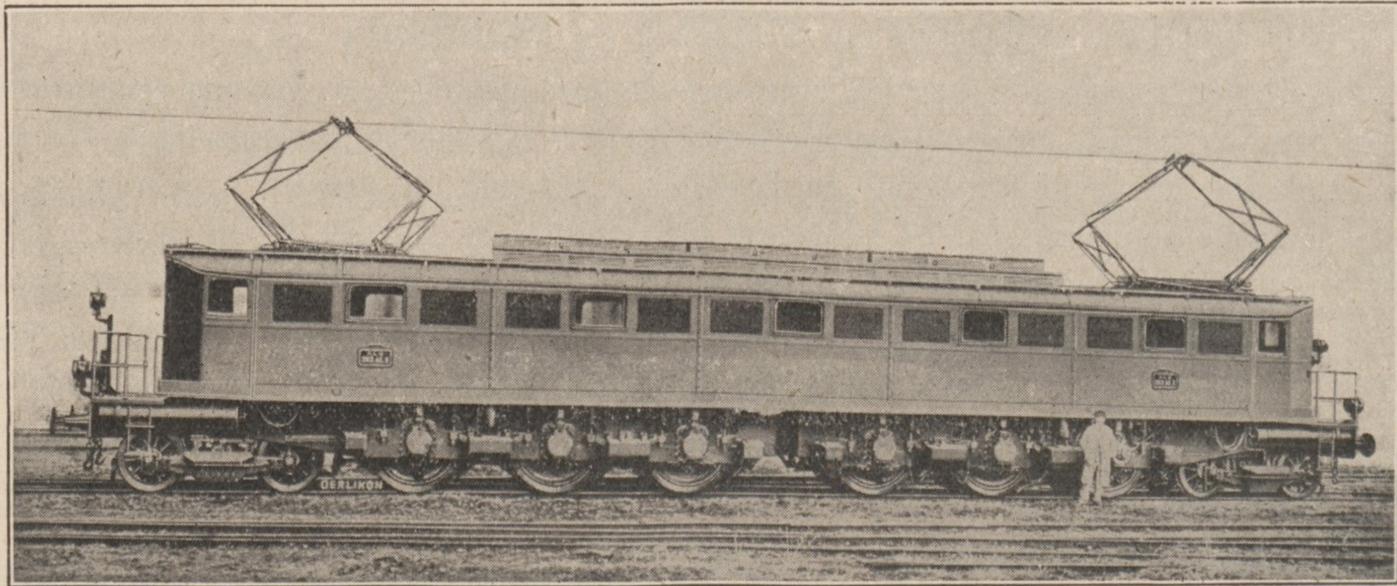
Les locomotives 262-AE.

Le groupement Batignolles-Nantes-Oerlikon reçut en Octobre 1927, de la Compagnie P.-L.-M., la commande définitive de quatre locomotives n^{os} 262-AE-1 à 4, conformes aux avant-projets dont nous venons d'exposer la genèse. La partie mécanique a été étudiée par la Société de Construction des Batignolles, et construite par la Compagnie Générale de Construction de locomotives dans ses ateliers de Nantes. La partie électrique, étudiée par la Société Oerlikon, a été entièrement fabriquée en France, dans les ateliers que sa filiale de Paris a installés à Ornans (Doubs). La première locomotive fut livrée en Mai dernier, et mise aussitôt à l'essai entre Chambéry et St-Jean de Maurienne ; les trois autres machines suivirent à quelques mois d'intervalle.

I. — DESCRIPTION.

Ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, ces locomotives comportent une caisse unique, reposant sur deux trucks articulés, pourvus chacun de trois essieux moteurs et d'un bogie à deux essieux (Fig. 6 et 7 et Planche VII).

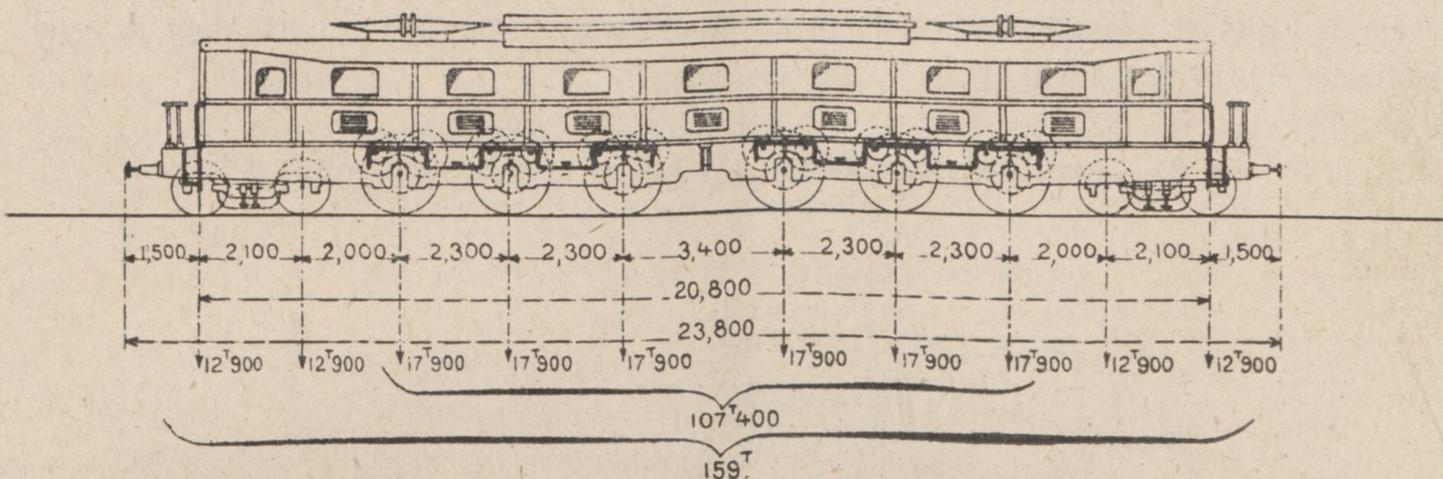
Fig. 6. — LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE A GRANDE VITESSE, SÉRIE 262-AE.



1° Les Trucks.

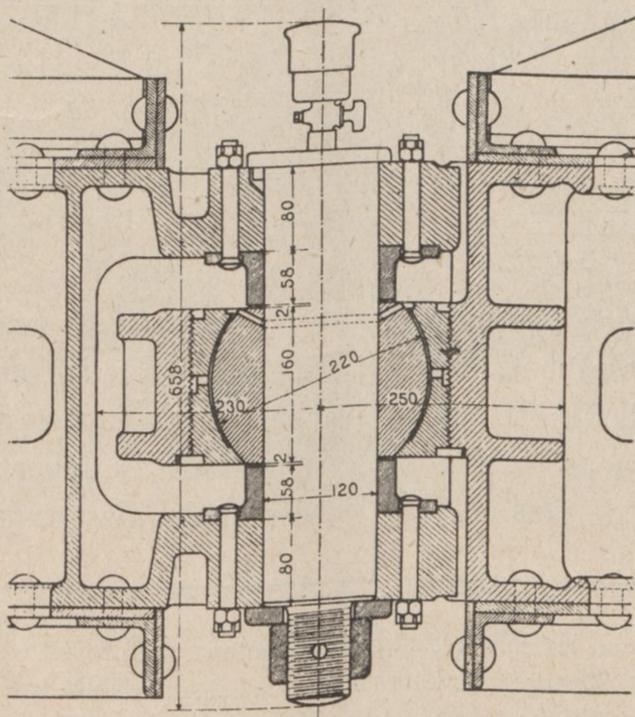
Les châssis des trucks possèdent des longerons en tôle de 28 millimètres, écartés de 1,920 m (c'est-à-dire placés à l'extérieur des roues motrices), et entretoisés par des pièces en acier moulé et des caissons en tôles et profilés.

Fig. 7. — DIAGRAMME DES LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES A GRANDE VITESSE, SÉRIE 262-AE.



Les deux trucks sont reliés entre eux par un *attelage rigide à rotule sphérique* (Fig. 8), suivant une disposition déjà expérimentée avec succès sur plusieurs locomotives d'essai. La rotule en acier, d'un diamètre de 220 mm, est prise entre des coussinets en bronze phosphoreux, montés dans une pièce en acier moulé, qui forme, sur la traverse arrière de

Fig. 8. — ATTELAGE RIGIDE A ROTULE SPHÉRIQUE DES LOCOMOTIVES N^{os} 262-AE-1 à 3 (Coupe verticale).

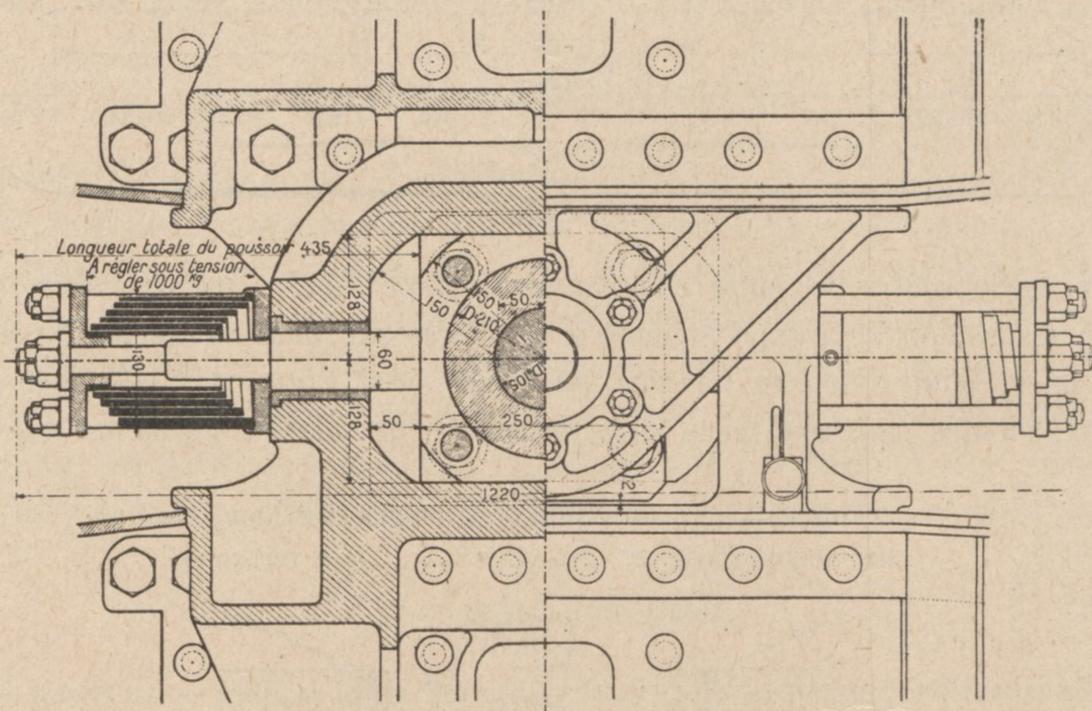


l'un des trucks, la partie mâle de l'attelage. Des bagues de butée, fixées sur la pièce femelle, portée par la traverse arrière du second truck, limitent le jeu vertical de l'attelage à 2 mm en haut et en bas : en modifiant ces bagues, on pourrait au besoin porter ce jeu vertical à 60 mm de part et d'autre si l'expérience en révélait l'opportunité. La cheville d'attelage, en acier,

d'un diamètre de 120 mm, porte un graisseur permettant de lubrifier les différentes parties de l'articulation. Aucun jeu n'est prévu ni dans le sens longitudinal, ni dans le sens transversal.

Sur la dernière locomotive, n° 262-AE-4, ce type d'attelage a toutefois été modifié, à titre d'essai, afin d'examiner comment se comporterait la machine, tant en alignement droit qu'à l'entrée des courbes, si les traverses arrière de chaque truck pouvaient prendre, l'une par rapport à l'autre, un certain déplacement latéral. Dans ce but, les coussinets de la rotule peuvent se déplacer latéralement de 50 mm de part et d'autre par rapport à l'axe de la pièce mâle de l'attelage (Fig. 9), et ce déplacement est contrôlé par des ressorts dont la bande initiale a été réglée à 1 000 kg. (1).

Fig. 9. — ATTELAGE A DÉPLACEMENT LATÉRAL DE LA LOCOMOTIVE N° 262-AE-4.
(Coupe horizontale).



Les bogies sont du type étudié par la Compagnie P.-L.-M. en 1893, et conservé par elle depuis lors presque sans modifications : le nombre des locomotives à vapeur munies de bogies de ce système dépasse actuellement 1 800. On sait que ce bogie comporte un pivot hémisphérique, reposant dans une crapaudine concave, à rappel par gravité au moyen de surfaces hélicoïdales pour les mouvements de rotation, et de plans inclinés pour les déplacements latéraux (2). Les quatre boîtes du bogie sont chargées au moyen de balanciers, avec un seul ressort à lames de chaque côté. Les seules modifications apportées au type primitif, pour l'adapter à des machines de plus en plus lourdes et de plus en plus longues, ont consisté à

(1) Ces ressorts de rappel ont les caractéristiques suivantes :

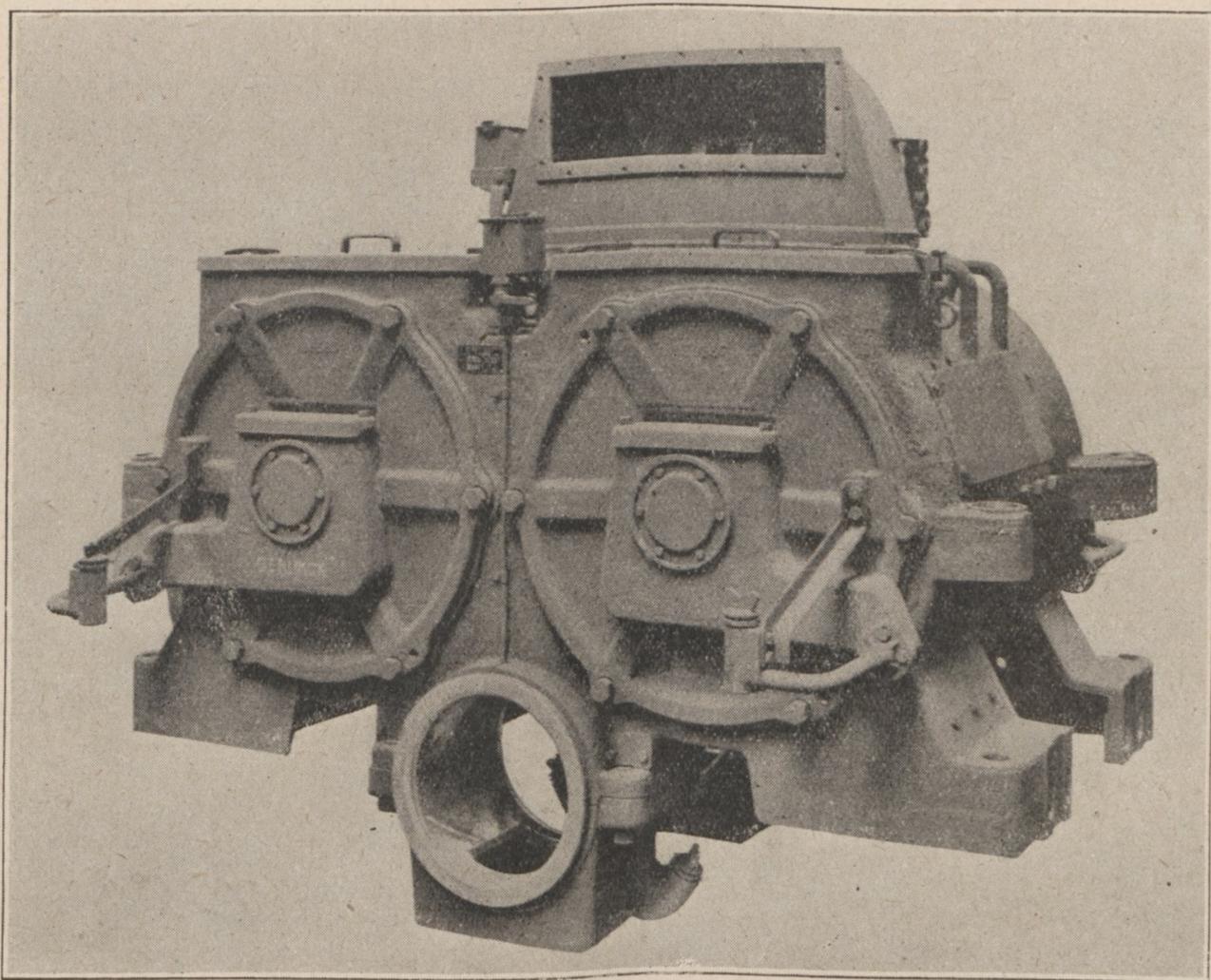
Charge d'aplatissement.....	3 500 kg
Flèche totale.....	95 mm
Hauteur du ressort libre.....	220 »
Diamètre extérieur.....	130 »
Diamètre intérieur.....	51 »
Section de la spire.....	125×6 »

(2) Voir *Revue Générale*, N° de Janvier 1894.

augmenter les dimensions des essieux et des ressorts, l'écartement des essieux, le déplacement latéral, et l'inclinaison des plans de rappel. Sur les locomotives 262-AE-1 à 4, ces plans sont inclinés à 15 ‰, et l'effort de rappel pour les déplacements latéraux (40 mm au maximum de chaque côté) est de 3 800 kg.

Les roues des bogies ont un diamètre de 1,010 m au roulement pour une épaisseur de bandages de 75 mm. Le diamètre des essieux au milieu de leur longueur est de 175 mm. Ces essieux comportent d'une part des fusées intérieures de 175 mm de diamètre et 270 mm de longueur, auxquelles sont adaptées des boîtes du type ordinaire, chargées par les balanciers du bogie, et d'autre part des fusées extérieures de 90 mm de diamètre seulement et 190 mm de longueur, destinées à supporter les poutrelles en bois sur lesquelles sont montés les frotteurs pour la prise de courant sur rail conducteur.

Fig. 10 — MOTEURS JUMELÉS DES LOCOMOTIVES 262-AE.



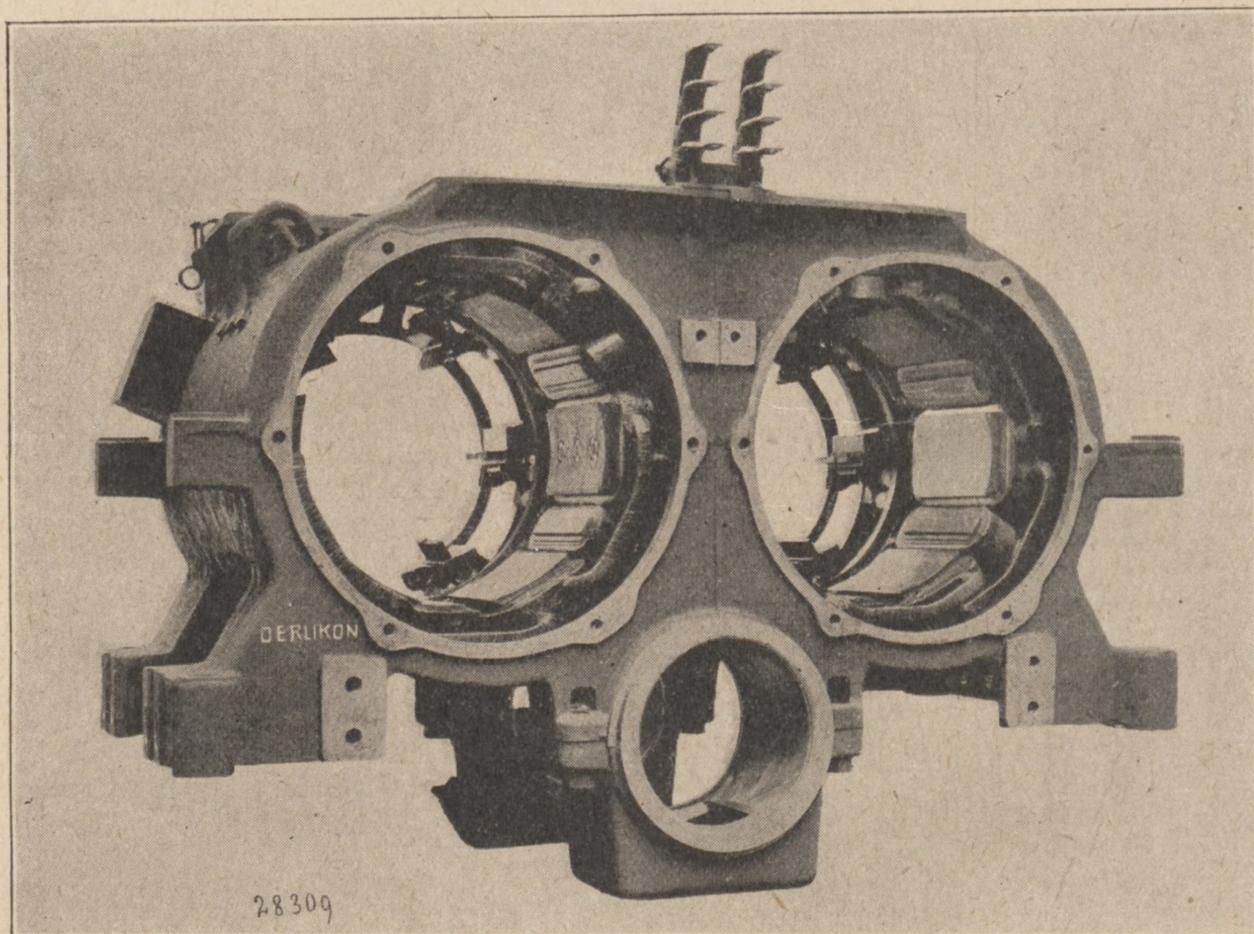
Les *essieux moteurs* ont un diamètre de 206 mm au milieu et de 230 mm à l'origine de la portée de calage, qui a elle-même un diamètre de 250 mm. Les fusées sont placées à l'extérieur, avec un diamètre de 160 mm, et 260 mm de longueur. Les roues motrices, à toile pleine, ont un diamètre de 1,600 m au roulement pour des bandages de 75 mm d'épaisseur : ces bandages ont tous le profil normal, car l'empatement rigide de chaque truck est assez réduit (4,600 m) pour qu'on puisse éviter d'amincir les boudins des essieux intermédiaires, comme on est fréquemment obligé de le faire sur les locomotives à vapeur modernes à nombreux essieux accouplés.

2° La transmission.

Chaque essieu est entraîné par deux *moteurs jumelés* (Fig. 10), dont la carcasse commune (Fig. 11) est suspendue aux entretoises des châssis des trucks au moyen de quatre boulons de 40 mm de diamètre (Planche VII).

Les pignons (à 27 dents) des deux moteurs jumelés attaquent une roue dentée (à 86 dents), dont la couronne est en deux pièces, chacune d'elles étant fixée sur le centre au moyen de huit boulons ajustés (Fig. 12). Le centre de cette roue dentée est lui-même calé sur un *arbre creux* (« quill » des américains), entourant l'axe de l'essieu, et muni de fusées de 350 mm de diamètre, tournant dans deux coussinets portés par la carcasse des moteurs jumelés (Fig. 10 et 11). Le diamètre extérieur de l'arbre creux est de 346 mm au centre, et son diamètre intérieur de 310 mm ; le jeu minimum entre l'arbre creux et l'essieu moteur est de 40 mm (sur le rayon) lorsqu'ils sont concentriques.

Fig. 11. — CARCASSE DOUBLE DES MOTEURS DES LOCOMOTIVES 262-AE.

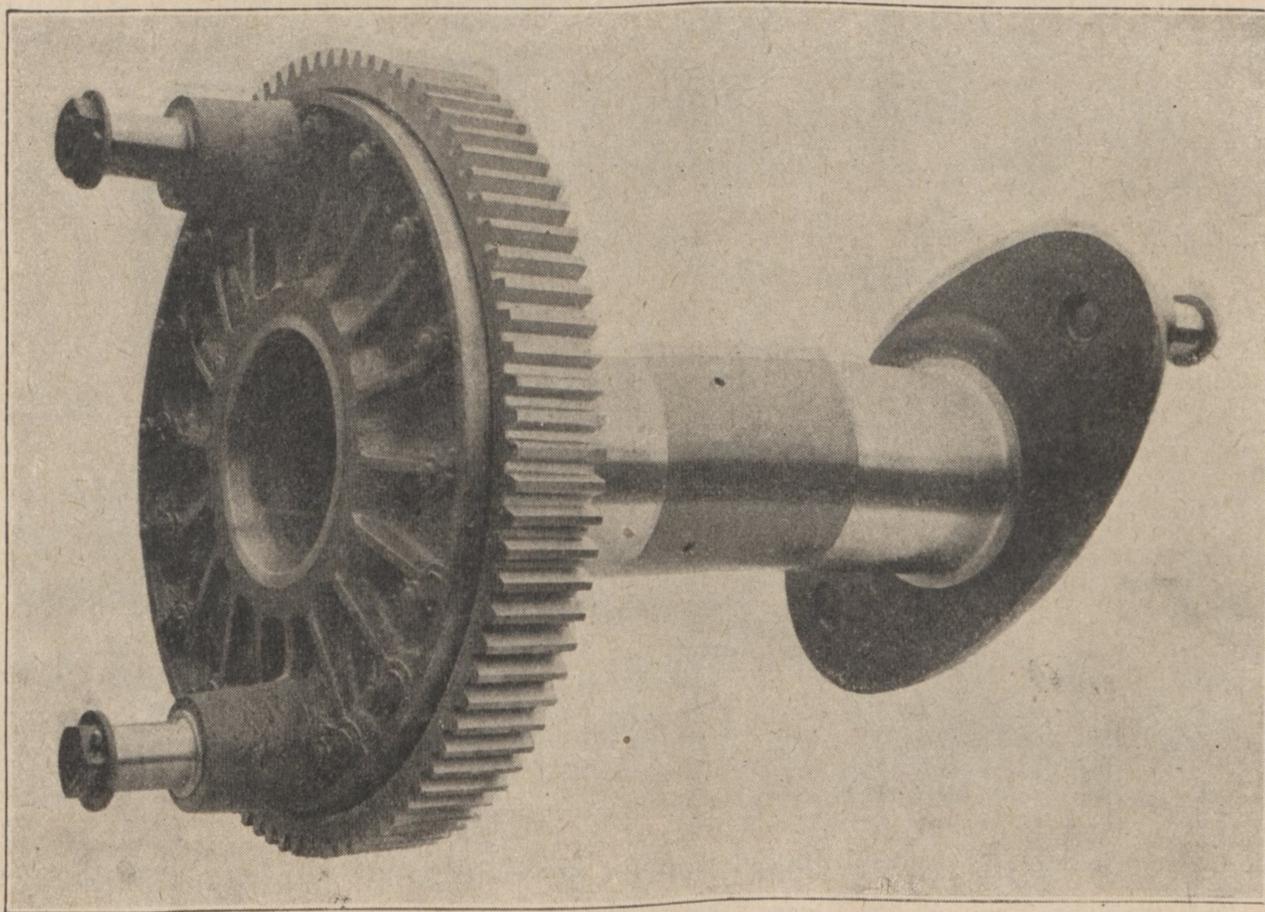


Le réglage de la position de l'arbre creux par rapport à l'essieu moteur se fait en agissant sur quatre tubes filetés, traversés par les boulons de suspension du moteur, et se vissant dans des consoles fixées au châssis : ces tubes filetés sont ensuite bloqués au moyen d'écrous ; leur course possible est de 53 mm. La vérification du réglage s'effectue à l'aide de jauges que l'on fait pénétrer dans quatre trous percés radialement vers le milieu de l'arbre creux, et décalés de 90° l'un par rapport à l'autre (ces trous sont en partie visibles sur la figure 12). Une fois le réglage exécuté, on limite les déplacements possibles de l'essieu par rapport au châssis (et par conséquent par rapport à l'arbre creux) au moyen de butées réglables

placées au-dessus et au-dessous des boîtes des essieux moteurs, de façon qu'en aucun cas l'essieu ne puisse venir toucher l'arbre creux au passage d'une dénivellation de la voie : la course maxima de ces butées est de 55 mm, et le réglage est fait de façon que les jeux entre les boîtes et les butées soient de 35 mm en haut et en bas, inférieurs par conséquent au jeu minimum de 40 mm entre essieu et arbre creux.

La *transmission* entre l'arbre creux et les roues motrices est du système Oerlikon, à *bielletes élastiques* (Fig. 13), comme sur la locomotive n° 242-BE-1. Les extrémités des bielletes sont fixées sur des tourillons portés par les centres des roues motrices, tandis que la roue dentée et un plateau ovale placé à l'autre extrémité de l'arbre creux portent de leur côté des tourillons traversant des évidements ménagés dans les centres des roues motrices, pour recevoir les balanciers d'articulation de ces bielletes. Sur la locomotive 242-BE-1, les ressorts des bielletes avaient d'abord été réglés avec une bande initiale de 1 000 kg., portée ensuite à 2 000 kg à titre d'essai : c'est ce dernier chiffre qui a été adopté pour les ressorts de la transmission des locomotives 262-AE-1 à 4 (1). Tous les organes de la transmission

Fig. 12. — ARBRE CREUX DES LOCOMOTIVES 262-AE.



(1) Les caractéristiques de ces ressorts sont les suivantes :

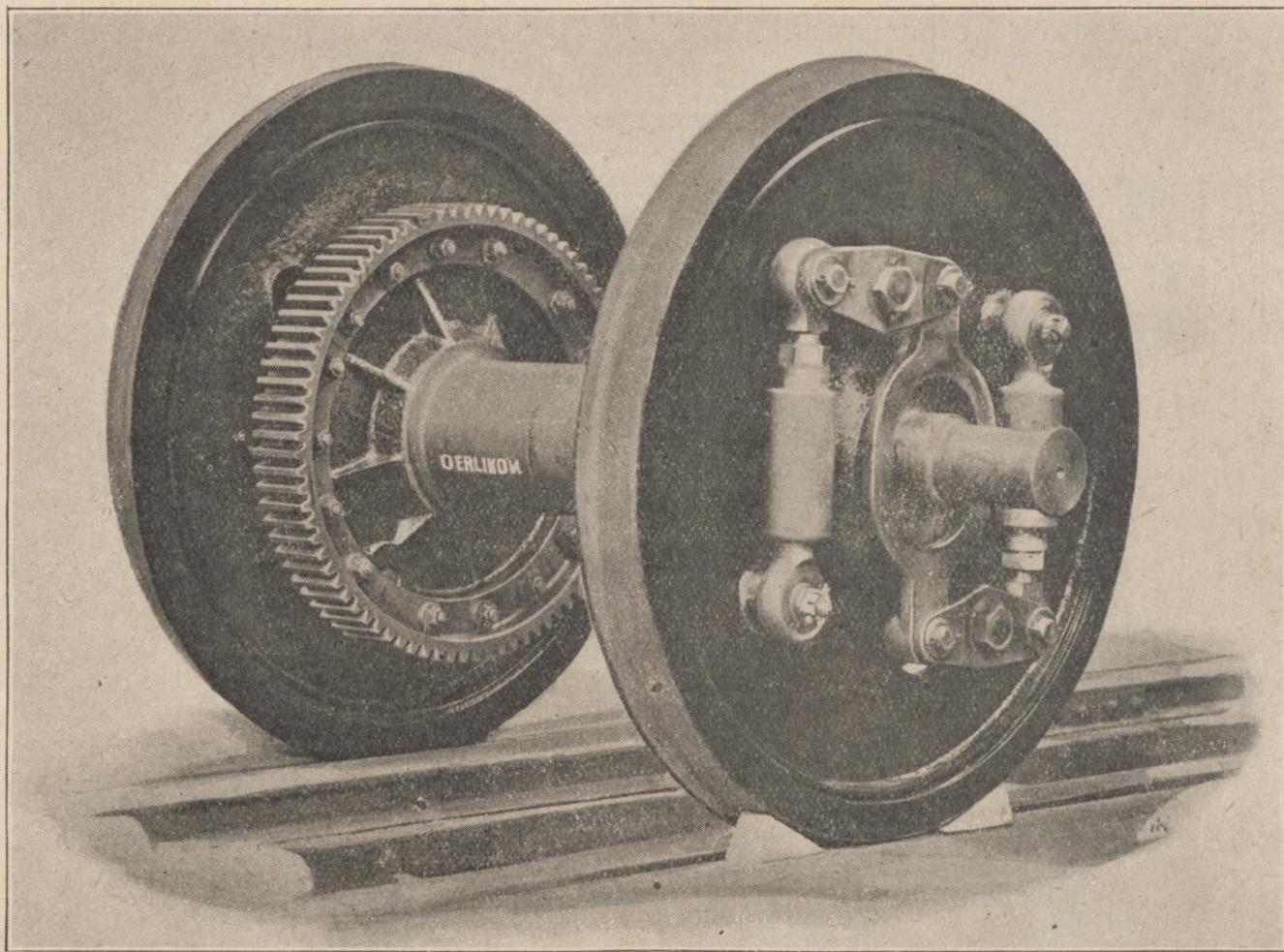
Hauteur du ressort libre	135 mm
Diamètre extérieur.....	108 »
Diamètre intérieur.....	60 »
Diamètre du fil	24 »
Flèche sous 2 000 kg. de charge.....	10 »
Flèche sous 5 000 kg. de charge	26 »
Charge de mise en place	2 000 kg.
Charge d'aplatissement	6 000 »

comportent exclusivement des graisseurs Técalémit, suivant une disposition mise à l'essai sur la locomotive N° 242-BE-1, où elle a donné toute satisfaction : le graissage est assuré périodiquement par les agents sédentaires du dépôt, sans que le personnel de conduite ait à intervenir.

3° La Caisse.

La caisse est construite comme une poutre tubulaire, formée de tôles et de profilés (Fig. 14 et 15). Ce mode de construction est évidemment plus compliqué que celui utilisé maintenant par les Américains, et qui consiste à monter la caisse sur un robuste châssis monobloc en acier moulé : mais il présente le grand avantage d'aboutir en définitive à une caisse *beaucoup plus légère*, parce qu'on fait intervenir dans la résistance de l'ensemble la charpente entière et non

Fig. 13. — TRANSMISSION A BIELLETTES ÉLASTIQUES, SYSTÈME OERLIKON.



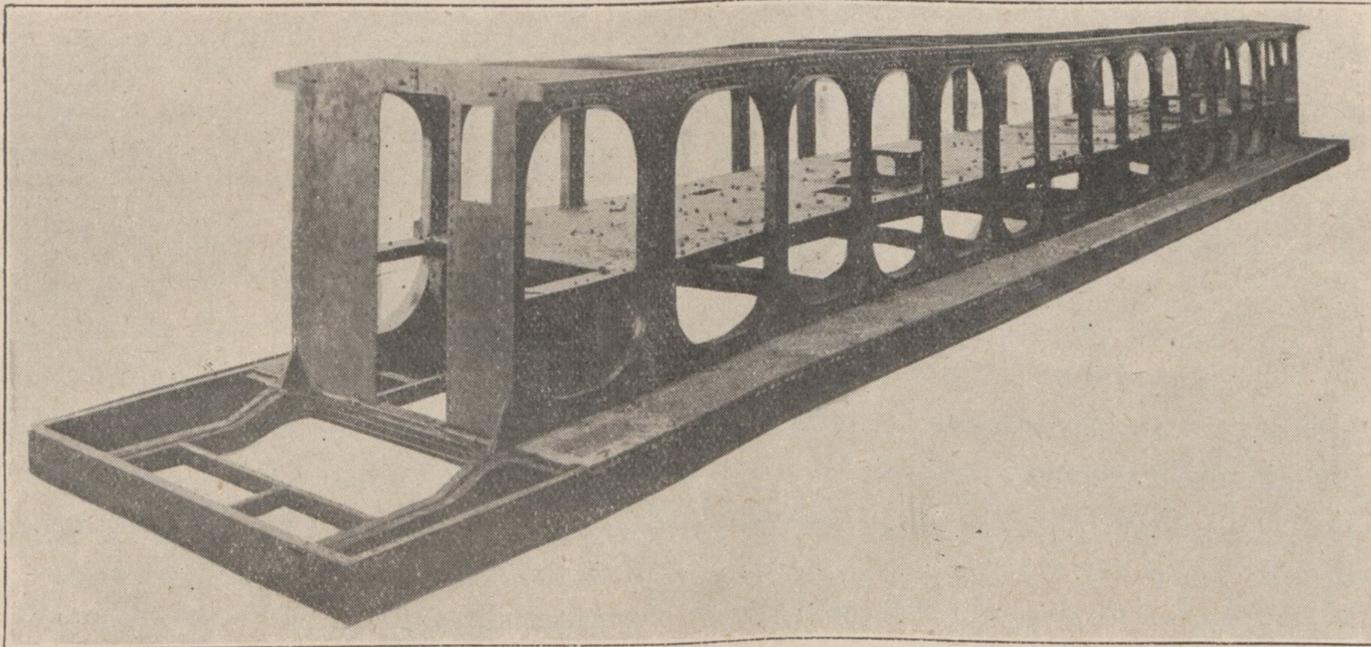
plus seulement le châssis ; ce résultat est d'autant plus intéressant que les charges limites par essieu sont fixées en France à des taux bien moindres qu'en Amérique.

Les deux poutres principales, longues de 17,700 m, sont du type Vierendeel, et règnent seulement d'une cabine à l'autre : elles sont écartées de 1,820 m, de façon à ménager de chaque côté un couloir latéral de 0,400 m environ de largeur (1), tout en réservant entre elles l'espace voulu pour les moteurs de traction, en tenant compte des mouvements des trucks par rapport à la caisse dans les courbes. Ces poutres sont constituées par des tôles de 10 mm, découpées pour donner accès vers le bas aux moteurs de traction, et vers le haut à

(1) Largeur minima entre pièces saillantes de la charpente.

l'appareillage disposé entre les poutres. Les évidements ainsi formés dans la tôle sont armés, sur tout leur pourtour, au moyen de cornières de $80 \times 80 \times 8$ mm. Ces poutres sont

Fig. 14. — CHARPENTE DE LA CAISSE D'UNE LOCOMOTIVE 262-AE.

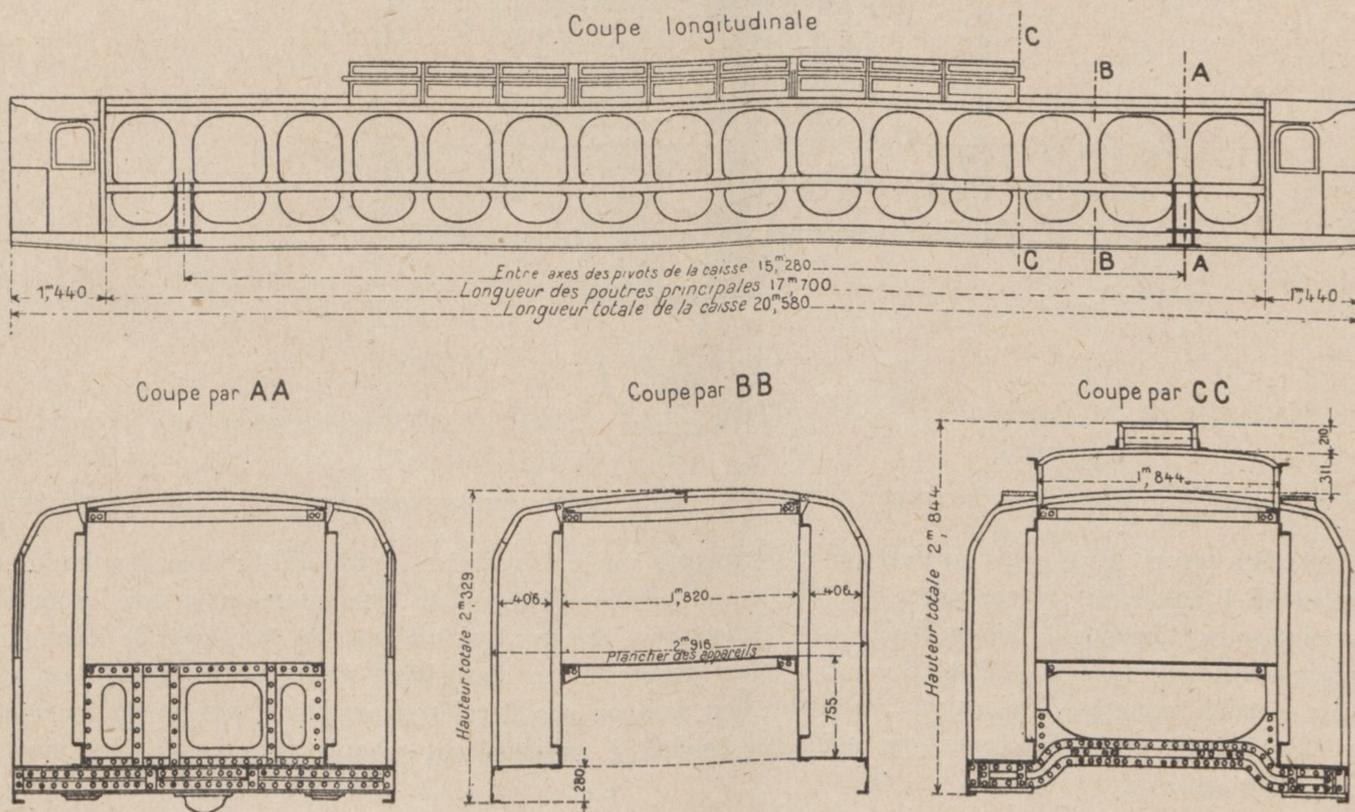


entretoisées, en haut et en bas, par des assemblages de tôles et profilés, dont la constitution varie d'une section transversale à l'autre (Fig. 15).

Aux entretoises inférieures sont fixés les deux longerons latéraux, qui règnent sur toute la longueur de la caisse, y compris les cabines, soit sur 20,580 m au total. Ces longerons sont constitués par une tôle de 5 mm d'épaisseur et de 280 mm de hauteur, armée par des cornières de $50 \times 50 \times 6$ mm. Leur écartement est de 2,900 m.

Les longerons sont, en outre, reliés aux poutres principales par une tôle horizontale de 7 mm,

Fig. 15. — DIAGRAMME DE LA CAISSE D'UNE LOCOMOTIVE 262.AE.



formant le plancher des couloirs. Une autre tôle horizontale de 5 mm règne entre les poutres principales, au-dessus des moteurs, et délimite l'espace réservé à l'appareillage.

Les groupes auxiliaires (compresseurs et ventilateurs), ainsi que tous les contacteurs, sont installés au dessus de cette tôle, en face des évidements des poutres principales, et montés sur des châssis en profilés fixés sur ces poutres.

Quant aux résistances, elles sont placées dans un vaste lanterneau, situé à la partie supérieure des mêmes poutres, et surmonté d'un second lanterneau de ventilation, plus étroit que le premier. Les lanterneaux, ainsi que les tôles des parois latérales et de la toiture, sont entièrement amovibles pour faciliter les réparations.

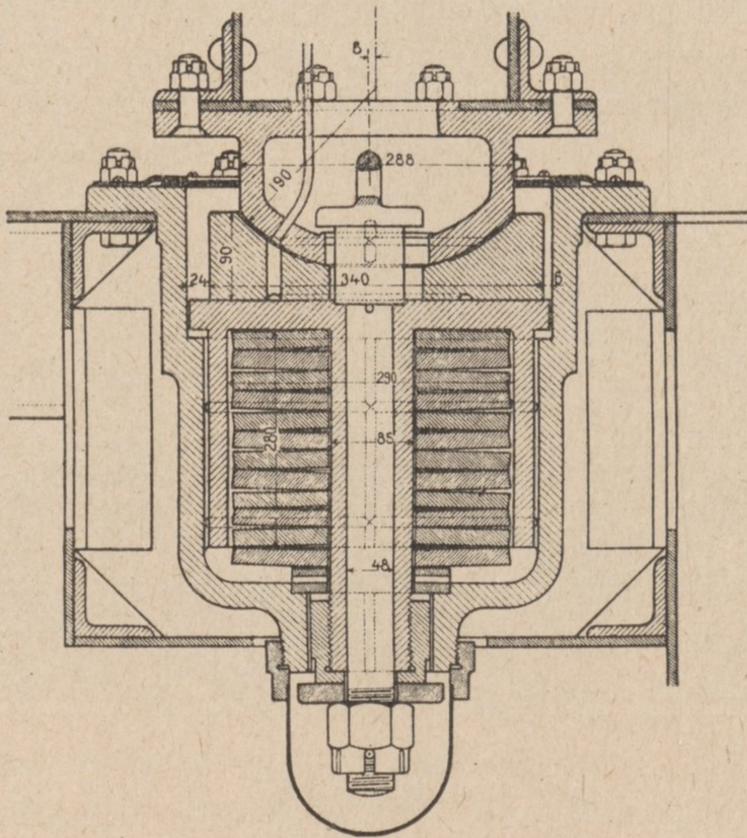
La caisse complète, avec tout son appareillage, pèse près de 50 tonnes.

4° Suspension et répartition des charges.

Cette charge est répartie sur les châssis des trucks au moyen de deux pivots et de huit appuis latéraux élastiques.

Les pivots sont du type sphérique convexe, avec crapaudine concave (1) ; leur écartement

Fig. 16. — PIVOT DE CAISSE D'UNE LOCOMOTIVE 262-AE.
(La figure se rapporte au pivot à déplacement longitudinal).



(1) Des pivots de ce genre avaient été expérimentés sur la locomotive N° 242-BE-1 : la locomotive d'essai N° 242-AE-1 possédait, au contraire, des pivots à crapaudine convexe, du type adopté pour les locomotives électriques des Chemins de fer du Midi, et le même type a été employé sur l'une de nos séries de locomotives à marchandises du type 1 — C + C — 1, à caisse unique. Cette disposition, en faveur de laquelle on a fait valoir certains avantages théoriques, a donné lieu, tant sur ces dernières machines que sur la locomotive N° 242-AE-1, à divers incidents, qui nous ont conduit à lui préférer, jusqu'à nouvel avis, les pivots à crapaudine concave.

d'axe en axe est de 15,280 m. En raison de la rigidité de l'attelage entre trucks, l'une des crapaudines possède un jeu longitudinal de 30 mm, tandis que l'autre n'a aucun déplacement possible par rapport au châssis du truck correspondant. Le rayon de la portée sphérique est de 190 mm.

Sur la machine N° 242-BE-1, les crapaudines reposaient directement sur les châssis des trucks, et la caisse éprouvait aux grandes allures certaines vibrations, nullement gênantes d'ailleurs, car elles étaient bien moindres que celles considérées comme acceptables dans l'abri des locomotives à vapeur. Il semblait néanmoins qu'il serait peut être possible d'atténuer encore ces vibrations en intercalant un organe faiblement élastique entre les châssis des trucks et les pivots de la caisse. C'est ce qui a été réalisé, sur les locomotives 262-AE-1 à 4, au moyen d'un empilage de rondelles Belleville, suivant la disposition représentée par la figure 16 (1). Bien que la stabilité de caisse des locomotives 262-AE-1 à 4 soit tout à fait remarquable, et que les vibrations notées sur la locomotive 242-BE-1 aient pratiquement disparu sur les nouvelles machines, il est difficile de dire si cette amélioration tient précisément à l'adjonction des rondelles Belleville sous les pivots, car elle peut provenir également d'autres causes, comme la plus grande longueur de la caisse, et la disposition assez différente des appuis latéraux. Aussi avons-nous entrepris d'apporter la même modification aux pivots de la locomotive 242-BE-1, afin d'élucider la question.

Les *appuis latéraux* sont répartis en deux groupes. Ceux du premier groupe, placés au droit des pivots, sont simplement destinés, comme ceux de la locomotive 242-BE-1, à s'opposer au roulis de la caisse : chacun d'eux comporte un ressort en hélice (Fig. 17) bandé initialement à 2 800 kg (2). Ceux du second groupe sont, au contraire, placés à 2,494 m en arrière des pivots, entre le premier et le deuxième essieu moteur de chaque truck, et servent à reporter sur les essieux moteurs une partie du poids de la caisse, en soulageant d'autant les pivots afin de décharger les bogies, comme nous l'avons exposé précédemment. La charge des appuis latéraux du second groupe peut être réglée au moyen d'un bouchon fileté, placé à la partie

(1) Chaque empilage, comprenant 12 rondelles, possède les caractéristiques suivantes :

Charge d'aplatissement	40 tonnes
Flèche d'une rondelle libre	5,3 mm
Diamètre extérieur	280 »
Diamètre intérieur	86 »
Epaisseur d'une rondelle	17 »

(2) Les caractéristiques des ressorts des appuis latéraux du premier groupe sont les suivantes :

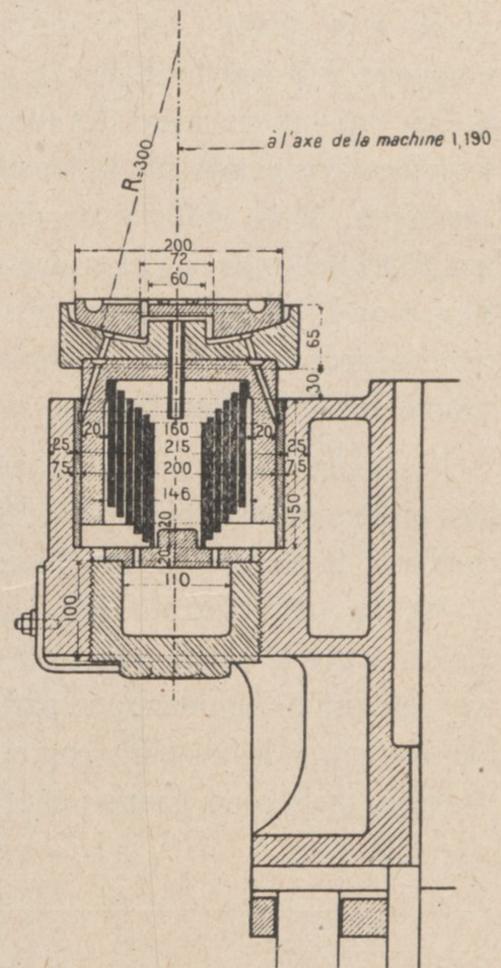
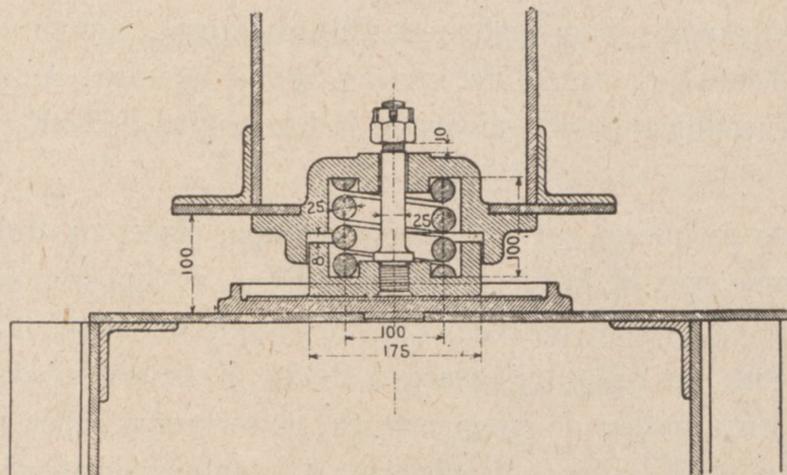
Charge d'aplatissement	3 900 kg
Hauteur du ressort libre	110 mm
Charge de mise en place	2 800 kg
Flexion sous cette charge	18 mm
Diamètre extérieur	125 »
Diamètre intérieur	75 »
Diamètre du fil	25 »
Jeu entre butées	8 »

inférieure du logement du ressort (Fig. 18) : cette charge a été fixée à 4 000 kg pour obtenir une répartition convenable des poids sur les essieux moteurs et les bogies (1).

Quant aux châssis des trucks eux-mêmes, ils comportent une suspension en trois points, les ressorts des essieux moteurs étant conjugués entre eux, de chaque côté du truck, au moyen de balanciers, et le troisième point d'appui étant constitué par le pivot du bogie (2).

Fig. 18. — COUPE VERTICALE D'UN DES APPUIS LATÉRAUX DE CHARGE, PLACÉS EN ARRIÈRE DES PIVOTS DE CAISSE.

Fig. 17. — COUPE VERTICALE D'UN DES APPUIS LATÉRAUX DE ROULIS, PLACÉS AU DROIT DES PIVOTS DE CAISSE.



(1) Les caractéristiques des ressorts des appuis latéraux du second groupe sont les suivantes.

Charge d'aplatissement.....	6 150 kg
Hauteur du ressort libre.....	240 mm
Charge de mise en place.....	4 000 kg
Flexion sous cette charge.....	65 mm
Diamètre extérieur.....	146 »
Diamètre intérieur.....	54 »
Section de la spire.....	140×9 »

(2) Les ressorts des essieux moteurs possèdent les caractéristiques suivantes :

Nombre de lames.....	16
Épaisseur d'une lame.....	12 mm
Largeur d'une lame.....	110 »
Longueur de la maîtresse lame.....	1 100 m
Poids d'un ressort.....	120 kg
Flexibilité par tonne.....	6,75 mm

5° *Les moteurs de traction.*

Les moteurs de traction sont, comme sur la locomotive n° 242-BE-1, des *moteurs jumelés* (Fig. 10), mais leur construction diffère très notablement de ceux de la machine d'essai. D'une part, les nouveaux moteurs sont à six pôles principaux au lieu de quatre (Fig. 11) (1), et d'autre part, bien qu'isolés pour la tension totale de 1 500 volts, ils ne fonctionnent que sous une tension maxima de 500 volts par collecteur (au lieu de 750 volts sur la machine n° 242-BE-1).

Cette tension maxima de 500 volts par induit, correspondant au montage de trois induits en série pour le dernier couplage, dit « en parallèle », a été adoptée en vue d'assurer une *répartition très avantageuse des caractéristiques* aux divers couplages : en montant successivement 12, 6, 4 et 3 induits en série, on obtient des caractéristiques dont les vitesses correspondant à un même effort sont sensiblement entre elles dans le rapport des nombres 1, 2, 3 et 4, de sorte que les régimes de marche normale (c'est-à-dire avec suppression complète des résistances de démarrage) s'échelonnent très régulièrement (voir les caractéristiques P, SP, PS et P de la figure 19, établies pour la tension de 1 500 volts, et donnant l'effort total à la jante de la locomotive en fonction de la vitesse, pour la marche à plein champ) (2).

En y ajoutant deux crans de shuntage, on obtient ainsi *douze régimes* de marche normale sans résistances, ce qui permet d'adapter aisément le fonctionnement de la machine à des conditions de service très variables.

La valeur des coefficients de shuntage a d'ailleurs été choisie de façon à donner pour les deux derniers couplages, seuls intéressants pour la marche à des vitesses élevées, des écarts de vitesse aussi constants que possible d'un régime à l'autre : c'est ce qui a conduit à adopter en définitive le coefficient de 30 % pour le premier cran de shuntage, et celui de 45 % pour le second (3). En se reportant aux caractéristiques de la figure 19 pour les deux derniers couplages (courbes PS, PS1, PS2, P, P1 et P2), on constatera de suite la *régularité remarquable* de la progression des vitesses correspondant à un même effort à la jante. Ce résultat est particulièrement intéressant, car il donne de très grandes facilités pour le réglage précis de la vitesse dans des conditions très variées de charge et de profil.

(1) Il y a en outre des pôles auxiliaires de commutation.

(2) La courbe S correspond au couplage des douze induits en série ; la courbe SP au couplage dit « série-parallèle », avec six induits en série sur deux circuits en parallèle ; la courbe PS au couplage dit « parallèle-série », avec quatre induits en série sur trois circuits en parallèle ; et la courbe P au couplage dit « en parallèle » avec trois induits en série sur quatre circuits en parallèle (Fig. 26).

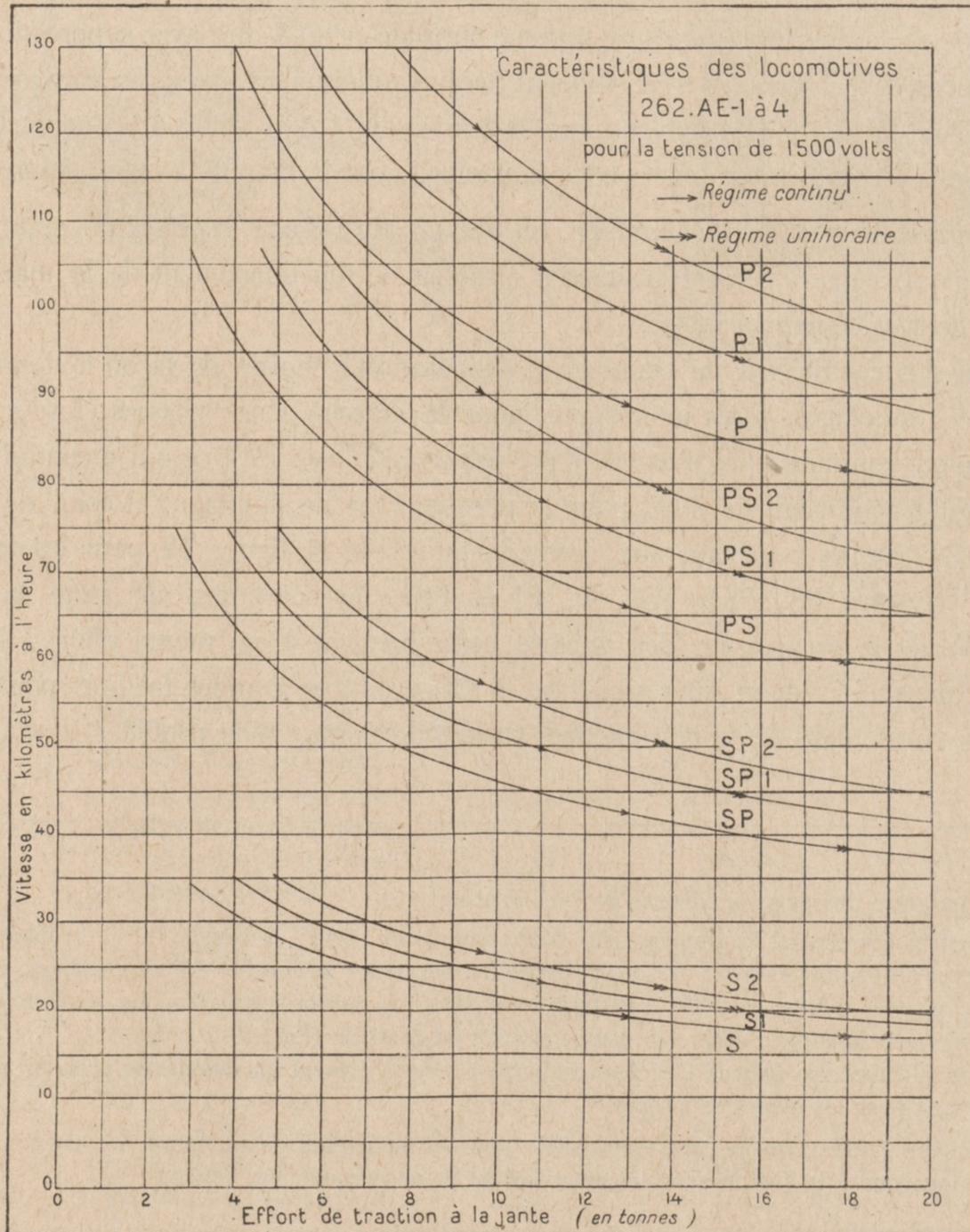
Les courbes affectées des indices 1 et 2 se rapportent respectivement à la marche au premier et au deuxième cran de shuntage pour les divers couplages.

(3) Le shuntage s'obtient en mettant en parallèle avec les inducteurs des moteurs de traction des « shunts inductifs » comportant à la fois un enroulement résistant et un enroulement inductif.

Les données principales concernant les moteurs de traction sont les suivantes :

Nombre de pôles.....	6
Diamètre de l'induit.....	580 mm
Nombre d'encoches.....	75
Longueur des encoches.....	310 mm
Nombre de sections par encoche.....	2
Nombre de barres par section.....	4
Section d'une barre d'induit.....	13 × 1,6 mm
Entrefer (sur le diamètre).....	10 »
Diamètre du collecteur.....	500 »
Nombre de lames du collecteur.....	300
Nombre de lames sous un balai.....	3
Nombre de lignes de balais.....	6
Nombre de balais par ligne.....	3
Dimensions d'un balai.....	15 × 50 × 60 mm

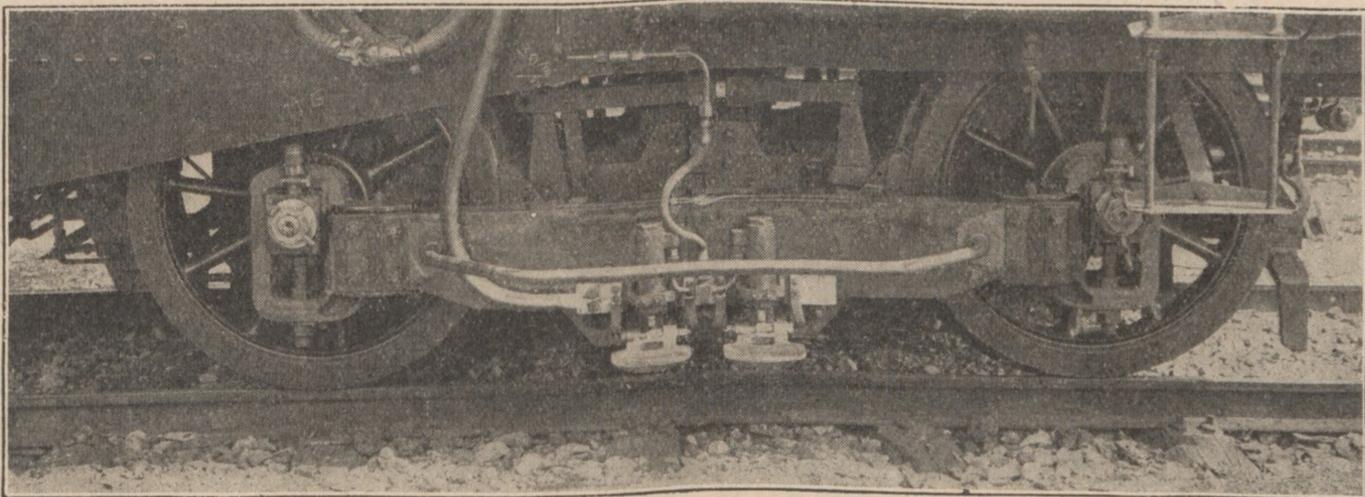
Fig. 19. — CARACTÉRISTIQUES DES LOCOMOTIVES 262-AE, POUR LA TENSION DE 1 500 VOLTS.



L'induit est construit de façon à pouvoir résister à l'application à chaud, pendant 2 minutes, par rapport à la masse, d'une tension alternative de 6 000 volts (à la fréquence de 50 périodes par seconde). Dans ce but, il est *entièrement isolé au mica* : à l'intérieur des encoches, l'épaisseur de la couche de mica est de 0,2 mm autour de chaque barre, et de 1,25 mm autour de chaque section (formée de quatre barres).

L'intensité du courant dans chaque groupe de moteurs en série est de 573 ampères au régime continu, et de 733 ampères au régime unihoraire. Les puissances correspondant à ces intensités, au dernier couplage et pour une tension de 1 500 volts à la prise de courant (soit 500 volts par collecteur), sont respectivement de 695 chevaux (régime continu) et de 890 chevaux (régime unihoraire) pour l'ensemble de deux moteurs jumelés, ces puissances étant évaluées à la jante de la roue motrice, c'est-à-dire en tenant compte non seulement des pertes électriques et mécaniques dans les moteurs eux-mêmes, mais encore du rendement des engrenages. Les vitesses correspondant à ces régimes (toujours pour la tension de 1 500 volts à la prise de courant) sont respectivement de 87 et 80 km à l'heure : dans les mêmes conditions, les moteurs tournent à 826 et 758 tours par minute. Pour l'allure de 100 km à l'heure, ils tournent à 1 053 tours par minute, et enfin, à la vitesse limite de 130 km à l'heure, ils

Fig. 20. — MONTAGE DES FROTTEURS DE PRISE DE COURANT
SUR UN BOGIE DE LOCOMOTIVE 262-AE.



tourneraient à 1 369 tours par minute. La réception des moteurs comportait à cet égard un essai d'emballement pendant 5 minutes à la vitesse de 1 700 tours par minute, qui correspondrait pour la machine à une allure théorique de plus de 160 km à l'heure : cet essai était destiné notamment à éprouver la solidité du frettage des induits.

Les paliers de l'induit sont munis de coussinets en bronze garni d'antifriction, avec graissage par bagues.

Le poids d'un induit, sans son pignon, est de 952 kg, et le moteur double complet (deux induits et leur carcasse commune, mais sans les pignons), pèse 5 540 kg.

6° Appareils de prise de courant.

La locomotive est munie de deux jeux d'appareils de prise de courant : frotteurs pour rail conducteur (dit « troisième rail »), et pantographes pour fil aérien.

Chaque locomotive possède huit frotteurs montés par paires de chaque côté des bogies, sur des poutrelles en bois imprégné portées par les fusées extérieures (Fig. 20). Pour protéger le personnel contre le danger d'un contact accidentel avec les frotteurs sous tension, la poutrelle porte une barre horizontale de protection, ainsi qu'un écran en matière isolante placé au-dessus des frotteurs (1).

La pression des frotteurs sur le rail est normalement obtenue au moyen de ressorts, dont l'action s'ajoute au poids des palettes en acier moulé (Fig. 21), mais elle peut être augmentée, en cas de besoin, en envoyant de l'air comprimé dans des cylindres installés au-dessus des frotteurs. Le réglage de la pression de l'air dans les cylindres des frotteurs s'effectue au moyen de robinets détenteurs placés dans les cabines, et compensant automatiquement les fuites, pour assurer la constance de la pression : pour la pression d'air maxima de 7 kg, la pression totale d'un frotteur sur le rail conducteur atteindrait 100 kg, mais en pratique, même en cas

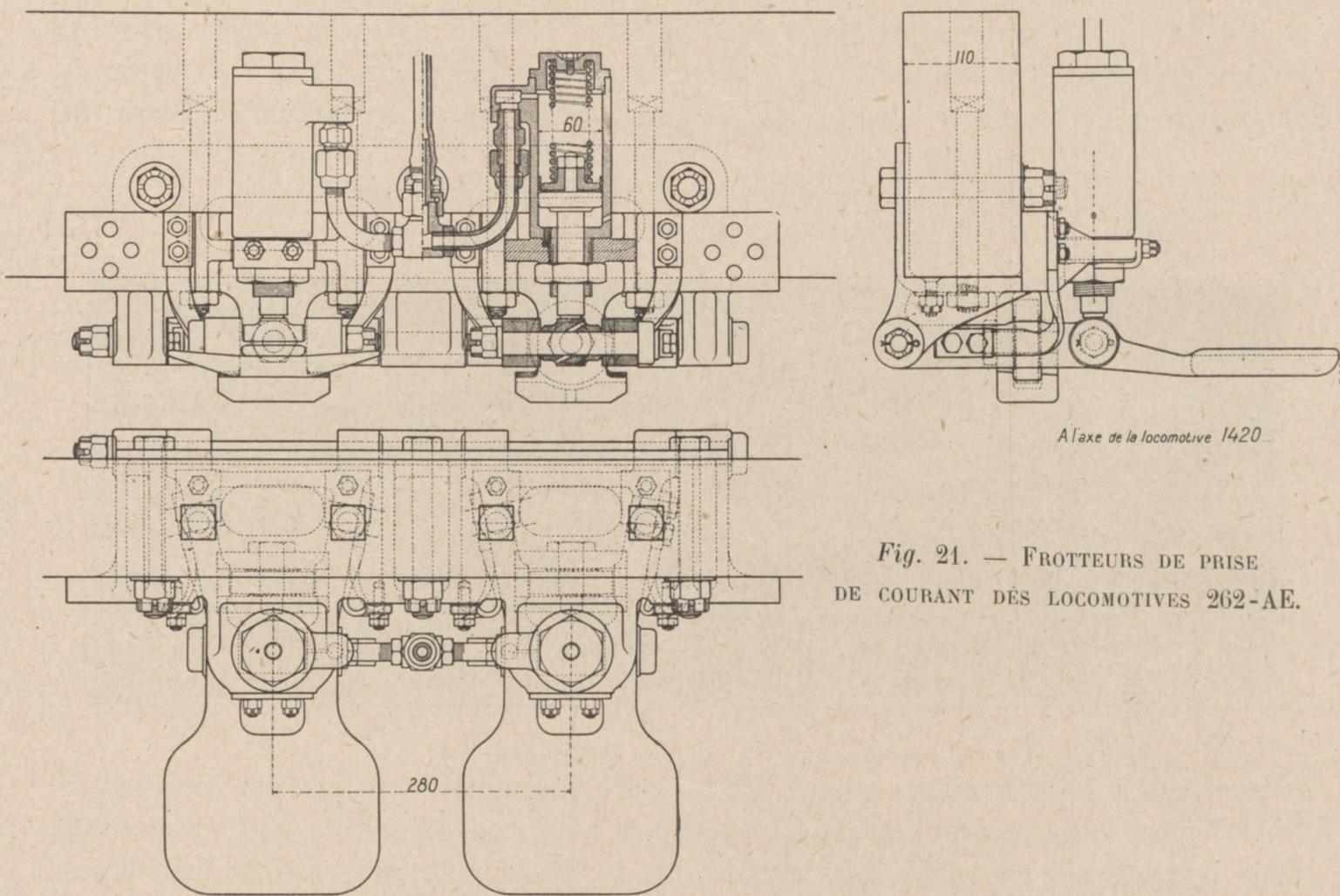


Fig. 21. — FROTTEURS DE PRISE DE COURANT DES LOCOMOTIVES 262-AE.

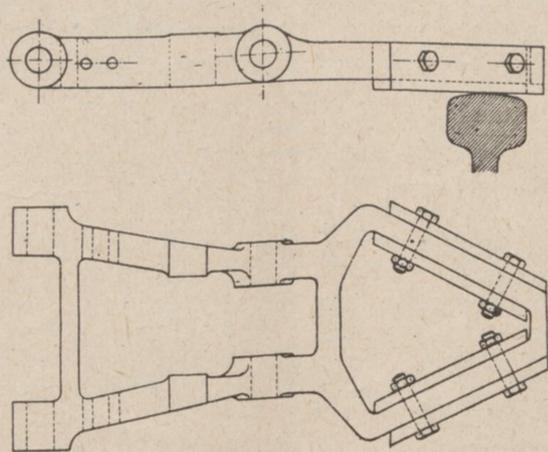
d'intempéries, on obtient un excellent contact avec des pressions d'air de 2 à 3 kg seulement. Par beau temps, le poids des palettes et l'action des ressorts suffisent pour permettre la captation des courants les plus intenses (dépassant parfois 3 000 ampères), sauf sous certains tunnels humides, à la traversée desquels on envoie un peu d'air dans les cylindres des frotteurs. On a prévu en outre qu'on pourrait au besoin substituer en hiver, aux palettes ordinaires, des

(1) La barre de protection est visible sur la figure 20, mais l'écran isolant avait été enlevé pour laisser voir les frotteurs sur la photographie ; cet écran est visible sur la Planche VII.

frotteurs spéciaux, dits frotteurs à verglas, munis de lames d'acier pour débarrasser le rail conducteur de toute couche de verglas (Fig. 22), suivant la pratique adoptée avec succès depuis fort longtemps sur la ligne de Chamonix : mais jusqu'à présent la nécessité ne s'en est pas fait sentir sur la ligne de Modane, au cours des essais effectués depuis quatre ans, et l'on a toujours pu se contenter, même en hiver, des frotteurs à palettes ordinaires, avec cylindres à air comprimé.

Les *pantographes*, montés au-dessus des cabines, sont du type « sans cornes » (hornless) de la maison Faiveley, à relevage par l'air comprimé : l'abaissement du pantographe se produit en laissant échapper l'air des cylindres, et le pantographe est verrouillé dans sa position rabattue. Ces appareils sont étudiés pour capter le courant à des hauteurs variant entre 4,600 m et 6,500 m au-dessus des rails de roulement : un dispositif spécial actionne une sonnerie dans chaque cabine lorsqu'un pantographe s'élève à plus de 6,500 m (par exemple si un mécanicien lève intempestivement un pantographe sur une voie non munie du fil aérien, ou s'il omet d'abaisser le pantographe avant de franchir l'extrémité d'une ligne de contact).

Fig. 22. — FROTTEUR A VERGLAS.



La pression normale du pantographe sur la ligne de contact est fixée à 10 kg environ, grâce à un réglage convenable des ressorts.

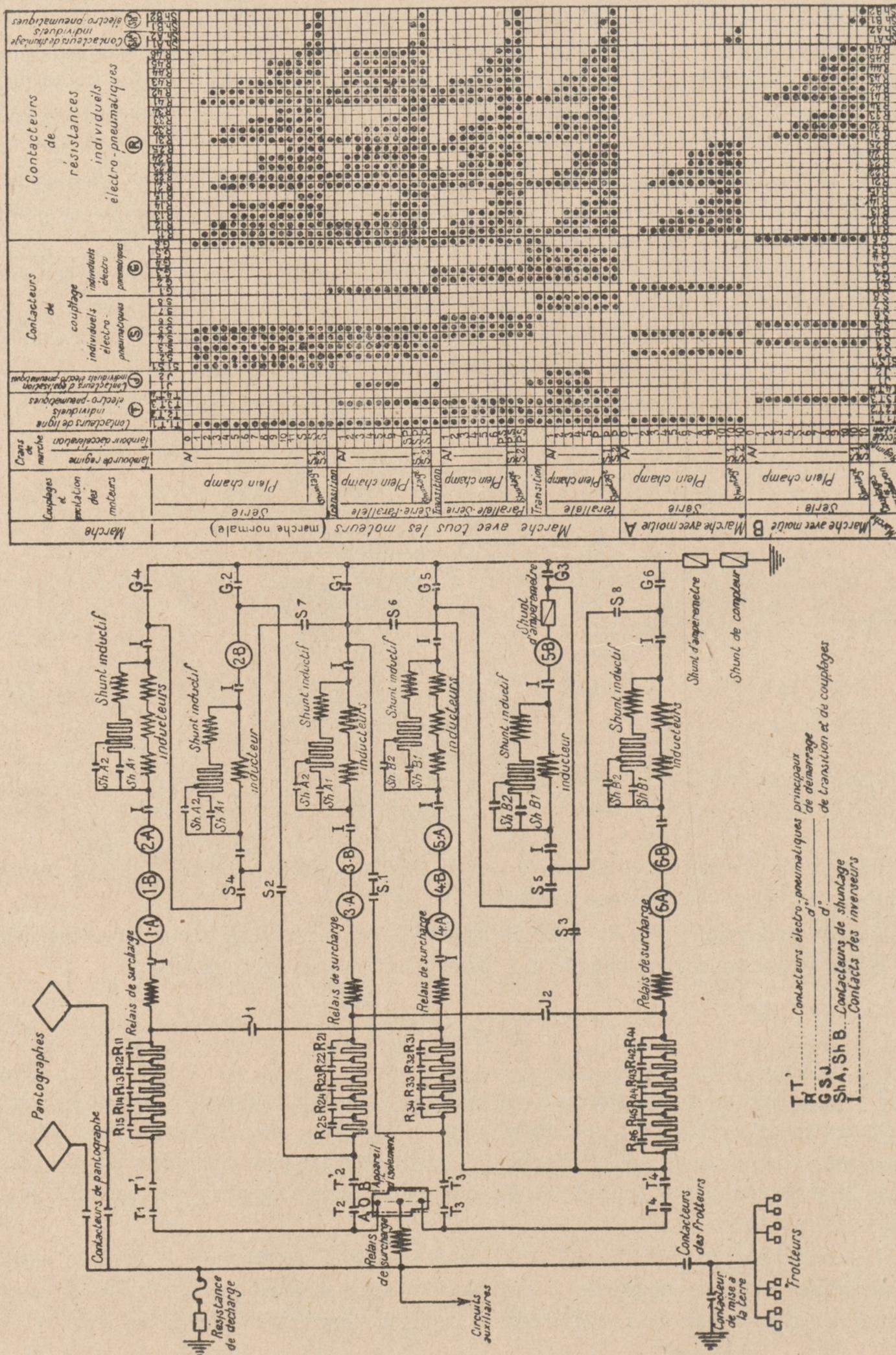
Chaque pantographe peut être isolé au moyen d'une manette dont la manœuvre condamne à la fois sa commande pneumatique et le circuit électrique de son contacteur.

7° Circuit principal

L'appareillage du circuit principal est constitué exclusivement par des *appareils électro-pneumatiques* : contacteurs individuels pour le couplage des moteurs, l'insertion des résistances de démarrage, et le shuntage, et commutateurs pour l'inversion du sens de la marche. La disposition et le mode de fonctionnement de ces appareils sont indiqués sur le schéma de la figure 23.

Les *contacteurs de prise de courant* (un pour l'ensemble des frotteurs et un pour chaque pantographe) sont des appareils à commande électro-pneumatique par arbre à cames, constitués chacun par deux contacteurs à soufflage magnétique montés en série, et un

Fig. 23. — SCHEMA DU CIRCUIT PRINCIPAL D'UNE LOCOMOTIVE 262-AE.



sectionneur sans soufflage, branché en parallèle avec l'ensemble des deux contacteurs (Fig. 24) (1). Les cames de manœuvre sont disposées de telle sorte que le sectionneur s'ouvre avant les contacteurs à soufflage, capables de couper sans inconvénient un courant de l'ordre de 4 500 ampères à 1 500 volts.

Les *contacteurs principaux* (Fig. 25), utilisés pour brancher les groupes de moteurs sur les appareils de prise de courant, et aussi pour constituer le système disjoncteur de la locomotive,

Fig. 24. — CONTACTEUR DES FROTTEURS
D'UNE LOCOMOTIVE 262-AE.

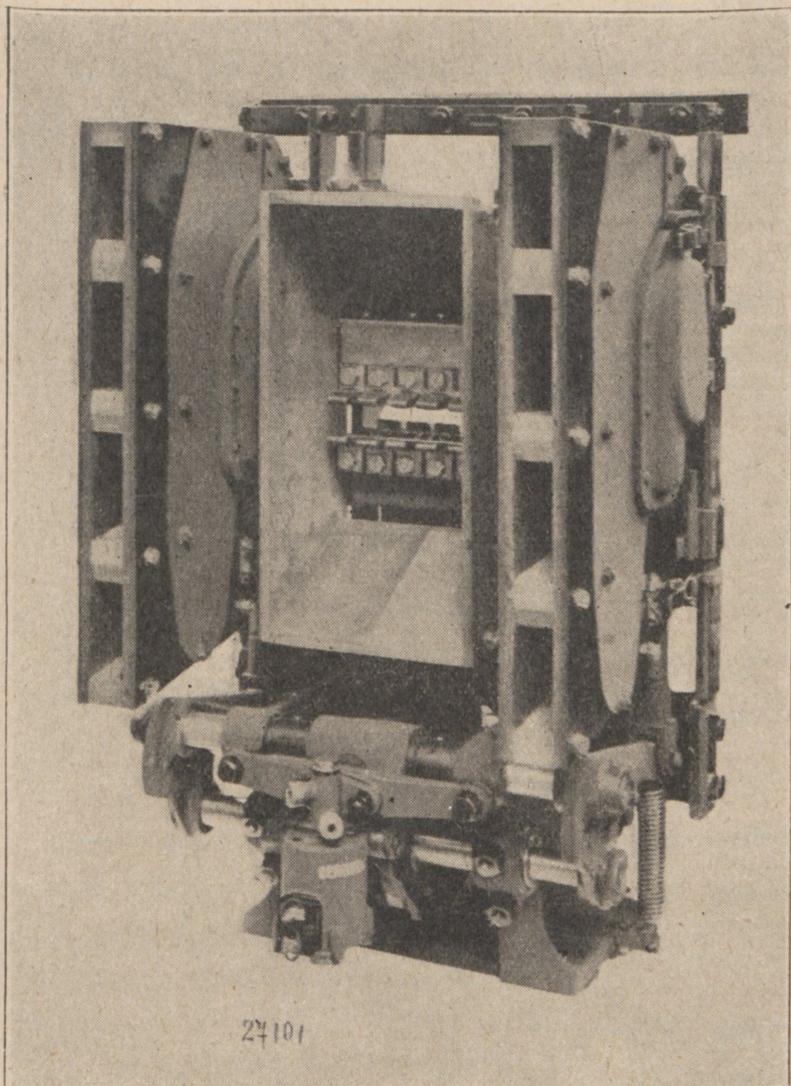
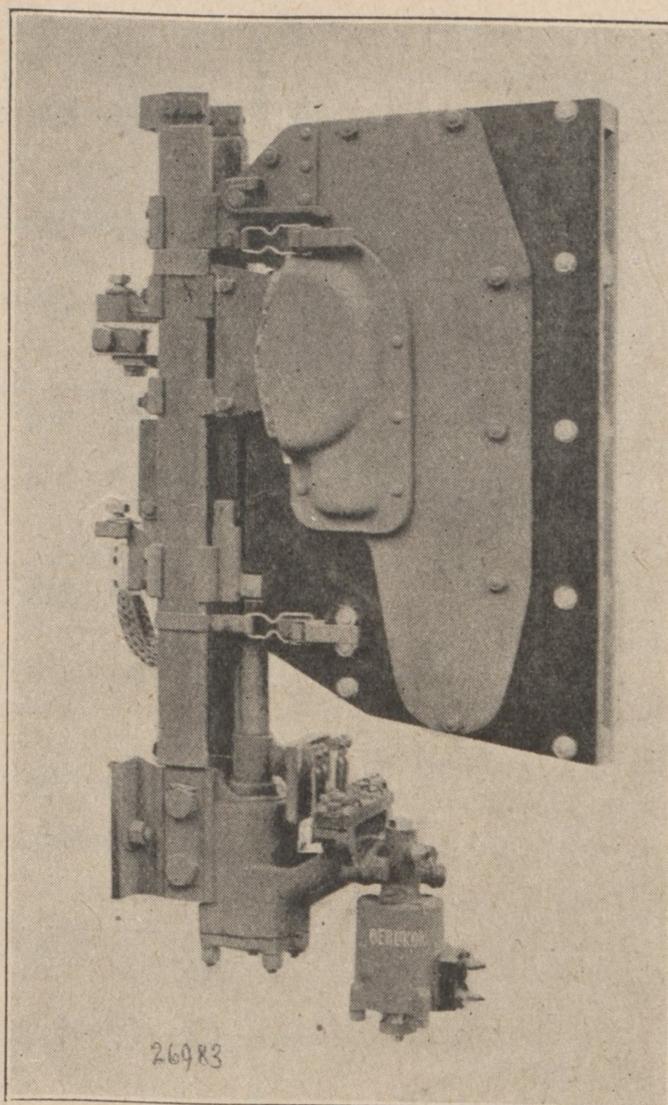


Fig. 25. — CONTACTEUR PRINCIPAL
POUR LOCOMOTIVE 262-AE.



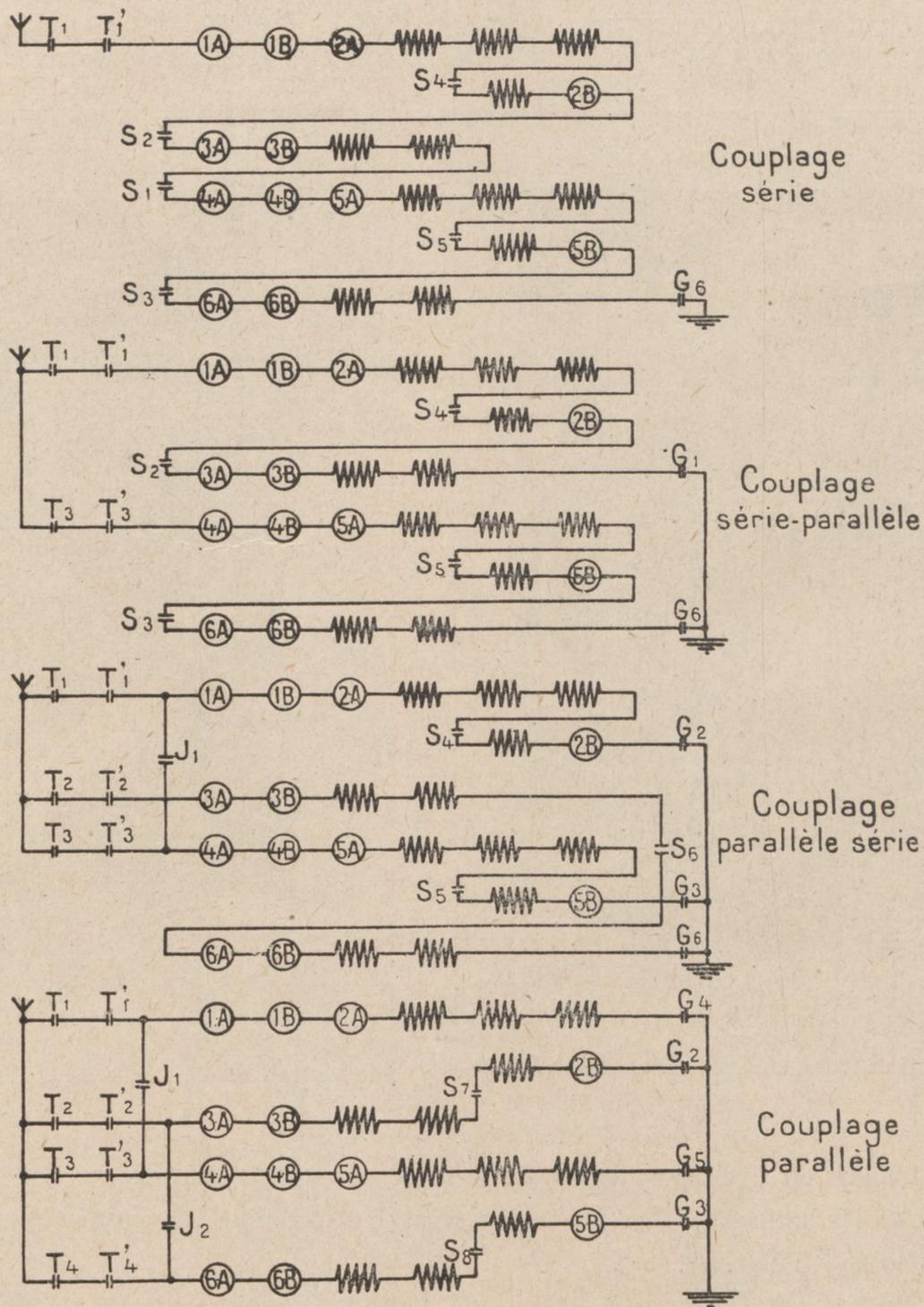
sont groupés par deux en série sur chaque circuit de moteurs de traction (ils sont repérés sur la figure 23 par les lettres T T') : ils sont également capables de couper un courant de 4 500 ampères sous 1 500 volts.

En cas d'avarie à un moteur de traction, le groupe correspondant peut être mis hors circuit en amenant à la main son inverseur dans une position neutre. En outre, un

(1) Les contacteurs de pantographes ne diffèrent du contacteur des frotteurs que par le nombre des contacts du sectionneur, qui est de 6 pour le contacteur des frotteurs (visibles en partie seulement sur la figure 24), et de 3 pour les contacteurs de pantographes.

commutateur spécial (dénommé appareil d'isolement sur la figure 23) permet, en cas d'avarie à une partie quelconque de l'appareillage, de mettre entièrement hors circuit une moitié de la locomotive, pour pouvoir continuer la marche à vitesse réduite avec l'autre moitié, mais en utilisant seulement le couplage en série.

Fig. 26.— SCHÉMA DES COUPLAGES DES MOTEURS D'UNE LOCOMOTIVE 262-AE.



Afin de ne pas compliquer outre mesure la disposition du circuit principal, on a renoncé à placer tous les inducteurs du côté de la terre aux différents couplages: ceux-ci se trouvent ainsi soumis à une tension plus élevée qu'à l'ordinaire (Fig. 26), mais ce léger inconvénient est largement compensé par les simplifications qu'on a pu introduire de la sorte dans l'appareillage du circuit principal.

Ce circuit ne comporte pas de disjoncteur général : en cas de surintensité, de surtension, ou de manque de tension, des relais provoquent tout d'abord l'ouverture des contacteurs des résistances, qui se trouvent ainsi réinsérées dans le circuit, puis l'ouverture des contacteurs principaux, qui coupent le courant. Des essais effectués avec court-circuit franc ont montré que ce dispositif répondait parfaitement au but poursuivi (1).

Les *relais* provoquant le fonctionnement du système disjoncteur sont de quatre sortes : un relais général de surintensité, réglé pour 4 000 ampères environ, et placé à l'origine du circuit principal ; quatre relais de surintensité réglés à 1 200 ampères environ, et placés à l'origine de chacun des circuits de moteurs pour le dernier couplage ; un relais de surtension, réglé à 1 800 volts, provoquant également le débranchement des circuits auxiliaires ; et un relais de manque de tension, réglé à 800 volts, qui provoque en outre la réinsertion de la résistance de démarrage des groupes ventilateurs. Ce dernier relais est à fonctionnement différé de 2 secondes 1/2 environ. Le relais de surtension ne peut être réarmé qu'à la main, tandis que les autres sont réarmés automatiquement dès que la manette principale du pupitre de commande est ramenée au zéro. Le déclenchement des relais de surcharge provoque la chute d'un volet avertisseur analogue à celui de certains appareils téléphoniques, afin d'appeler l'attention du personnel de conduite.

Entre les frotteurs et leur contacteur est placé, sur un circuit dérivé à la terre, un contacteur d'un type spécial, dit *contacteur de mise à la terre*, à commande pneumatique. En manœuvrant un robinet placé dans chaque cabine, on admet l'air comprimé dans le cylindre de ce contacteur, de façon à mettre franchement à la terre le conducteur de prise de courant, ce qui fait déclencher les disjoncteurs des sous-stations ou des postes de sectionnement les plus voisins de la machine : on peut ainsi, en cas d'incident grave (par exemple un défaut de fonctionnement du système disjoncteur en cas de court-circuit), supprimer immédiatement le courant sur le rail conducteur ou le fil aérien au droit de la locomotive, et éviter par suite des dégâts importants.

La locomotive ne comporte pas de parafoudre, mais seulement une résistance de décharge, branchée à l'origine du circuit principal, et laissant passer à la terre environ 4 ampères sous 1 500 volts.

Tous les appareils du circuit principal sont munis du *double isolement*.

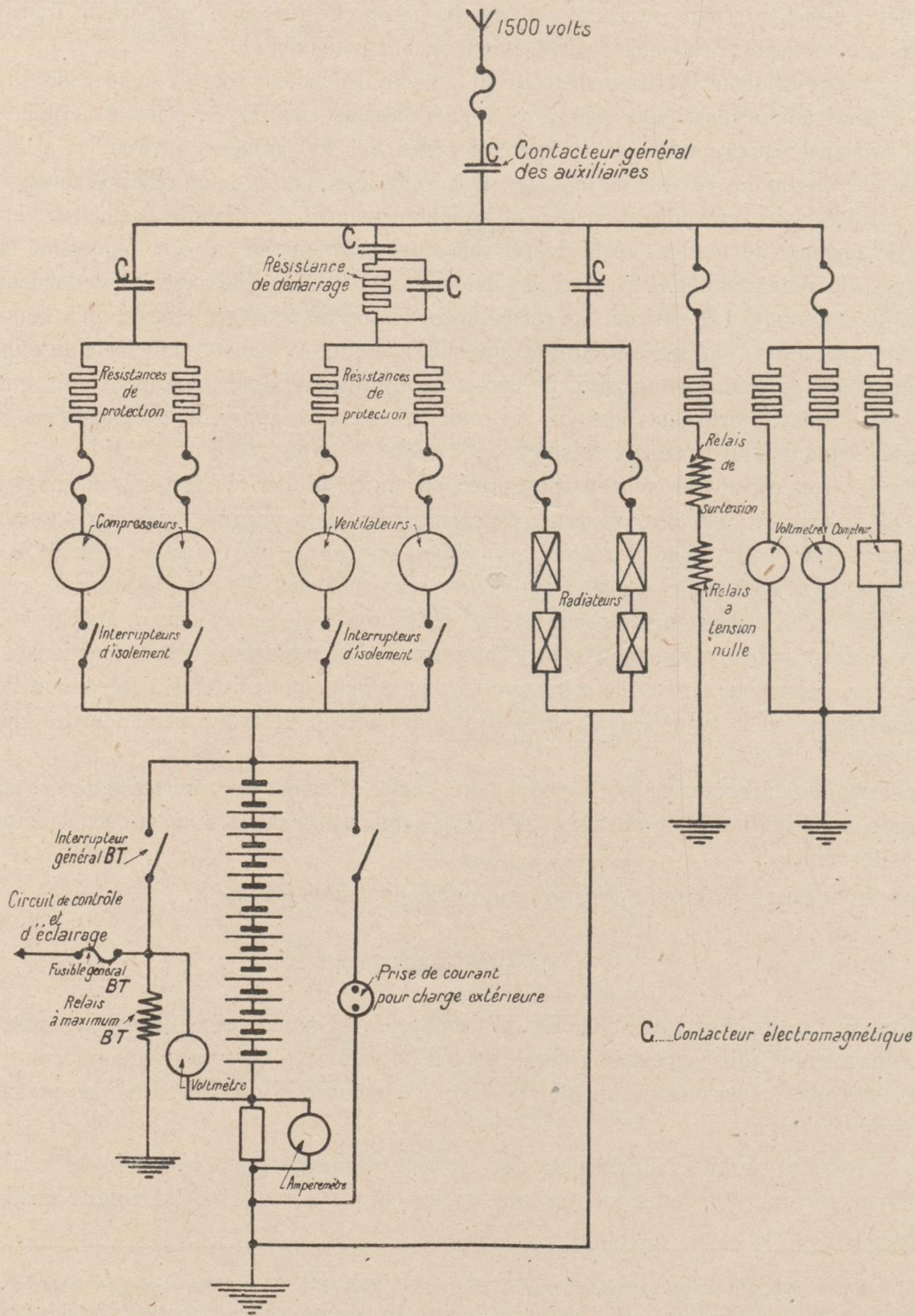
8° *Circuits auxiliaires.*

Les circuits auxiliaires à 1500 volts (Fig. 27) sont reliés au circuit principal par un contacteur électromagnétique, dit contacteur général, précédé d'un fusible du type Oerlikon (à plusieurs fils fusibles placés chacun dans un tube de verre, et montés en parallèle dans une cartouche en matière isolante).

En dehors des circuits voltmétriques des appareils de mesure, et du circuit des relais de surtension et de manque de tension, protégés seulement par des fusibles, les circuits auxiliaires

(1) Le même dispositif existait d'ailleurs sur la locomotive 242-BE-1 et sur une série de locomotives à marchandises du type 1 - C + C - 1 ; les autres locomotives comportent des disjoncteurs à action rapide, mais les essais effectués à l'oscillographe ont montré que la surtension à la rupture d'un court-circuit était du même ordre dans les deux cas.

Fig. 27. — SCHEMA DES CIRCUITS AUXILIAIRES D'UNE LOCOMOTIVE 262-AE.



comprennent les moteurs des compresseurs, les moteurs des ventilateurs et les radiateurs de cabines : chacun de ces circuits est protégé par un contacteur électromagnétique spécial, et par des fusibles individuels.

La locomotive comporte deux *compresseurs d'air* Jourdain et Monneret, à deux cylindres en V de 150×150 mm, avec transmission par engrenages droits, chacun d'eux étant capable de refouler par minute, à la pression de 8 kg, 1 200 à 1 300 litres d'air (1). Chaque compresseur possède une soupape de sûreté réglée à 9 kg : un régulateur de pression provoque la mise en marche automatique des compresseurs lorsque la pression dans les réservoirs s'abaisse à 7,250 kg, et leur arrêt lorsqu'elle s'élève à 8 kg. A la sortie des compresseurs, l'air circule dans une conduite de refroidissement de 20 m environ de développement, puis dans un deshuileur à plateaux (système Jourdain et Monneret), avant d'arriver aux réservoirs principaux. Une soupape de retenue empêche le retour de l'air des réservoirs aux compresseurs lorsque ceux-ci sont arrêtés. D'autre part, une poche de vidange est placée à l'extrémité de la conduite de refroidissement. La machine possède six réservoirs d'air, d'une capacité totale de 1 000 litres. Ces réservoirs alimentent d'une part la conduite d'air des freins, et d'autre part celle des appareils électro-pneumatiques : pour éviter qu'une fuite dans les canalisations de ces derniers appareils ne risque de paralyser le fonctionnement des freins, la conduite qui alimente les réservoirs des freins porte à l'origine un clapet de retenue.

Chaque compresseur est actionné par un moteur bipolaire de 11,5 chevaux (1 500 volts), tournant à 1 700 tours environ par minute : une résistance de 8,75 ohms est insérée en permanence dans le circuit du moteur pour limiter l'afflux de courant pendant les démarrages. Le contacteur électromagnétique placé en amont des deux moteurs des compresseurs est sous la dépendance du régulateur de pression dont nous avons parlé.

Les *ventilateurs* sont également au nombre de deux (un pour chaque truck) : ils sont entraînés par des moteurs bipolaires de 16 chevaux (1 500 volts), tournant à 1 450 tours par minute. Une résistance de 6,55 ohms est insérée en permanence dans le circuit de chaque moteur, mais le démarrage s'effectue néanmoins en deux temps : une résistance supplémentaire, insérée au premier temps, est ensuite shuntée par un contacteur commandé par un relais temporisé.

Enfin les *radiateurs* sont au nombre de quatre (deux par cabine), et reliés par deux en série sous 1 500 volts ; ils absorbent chacun 1 250 watts (soit 2 500 watts par cabine).

9° Circuits à basse tension.

Les *circuits de contrôle* sont alimentés à la tension nominale de 64 volts par une batterie de 45 éléments alcalins (fer-nickel) de la Société des Accumulateurs fixes et de traction (S.A.F.T.), branchée en série entre les moteurs des compresseurs et des ventilateurs et la terre (Fig. 27), et protégée par un relais de surtension, réglé à 200 volts, qui provoquerait, en cas d'élévation anormale de la tension aux bornes de la batterie, le déclenchement des contacteurs électromagnétiques des moteurs auxiliaires.

(1) Suivant l'usage, ce débit est exprimé par le volume d'air ramené à la pression atmosphérique.

L'emploi de ce mode de montage de la batterie, adopté sur presque toutes les locomotives électriques du Chemin de fer d'Orléans et sur toutes celles du P.-L.-M., se répand également, depuis quelque temps, sur les machines construites aux États-Unis.

Il présente le grand avantage de supprimer le petit groupe moteur-générateur que l'on doit autrement prévoir en parallèle avec la batterie pour la charge de cette dernière, engin toujours assez délicat en raison des dimensions réduites du moteur à 1 500 volts entraînant la petite génératrice (1). Du même coup, on supprime le régulateur automatique de tension, nécessaire pour assurer une charge correcte de la batterie par le groupe moteur-générateur : ce régulateur constitue un organe assez fragile et compliqué, qui convient mieux pour une centrale ou une sous-station que pour une locomotive, sur laquelle, en raison sans doute des chocs et des vibrations, il fonctionne rarement de façon satisfaisante, malgré un entretien minutieux.

On a cependant hésité parfois à monter ainsi la batterie en série avec les moteurs auxiliaires (côté terre), par crainte de ce qu'on a appelé le « mélange éventuel de la haute et de la basse tension ». En cas de rupture d'une connexion interne dans la batterie, supprimant la mise franche à la terre du circuit, une partie de la batterie se trouverait brusquement portée à une tension trop élevée, qui serait ainsi appliquée aux circuits de contrôle, incapables de la supporter. Mais il est facile de remédier à ce danger en plaçant aux bornes de la batterie, comme nous l'avons indiqué, un relais de surtension provoquant dans ce cas la coupure des circuits auxiliaires à 1 500 volts. D'autre part, le risque de rupture de connexion interne n'est à craindre que pour les batteries au plomb : on le supprime pratiquement en n'utilisant que des accumulateurs alcalins (fer-nickel ou cadmium-nickel). En fait, nous n'avons eu, depuis quatre ans, aucun incident, et il ne s'en est produit également aucun sur les locomotives de l'Orléans comportant ce même montage, avec batteries alcalines, à tel point que, sur ce réseau, on a cru pouvoir se dispenser du relais de protection (2).

Sur la locomotive 242-BE-1, la tension de la batterie était de 32 volts seulement. Bien qu'il n'en soit résulté aucun inconvénient, nous avons préféré adopter sur les nouvelles machines la tension de 64 volts pour l'alimentation des circuits de contrôle, afin d'avoir plus de garanties contre les incidents pouvant résulter de contacts défectueux dans les interlocks des contacteurs, ou dans les relais : en raison du grand nombre de contacts en série sur certains circuits de contrôle, nous avons craint que la tension de 32 volts ne fût pas toujours suffisante pour assurer un passage correct du courant en cas de défauts minimes dans certains contacts.

A l'origine des circuits à 64 volts sont installés un fusible général et un interrupteur permettant de supprimer l'alimentation de tous les circuits à basse tension : ceux-ci comprennent d'une part les *circuits de contrôle*, pourvus (dans chaque cabine) d'un interrupteur général, et d'autre part les divers *circuits d'éclairage* (phares, lampes de cabines, lampes de couloirs, prises de courant pour lampes balladeuses).

(1) On a parfois tourné cette difficulté en faisant entraîner la génératrice du courant de contrôle par l'un des moteurs auxiliaires (un moteur de ventilateur par exemple) : mais cet artifice ne supprime pas le second inconvénient que nous signalons ensuite, c'est-à-dire l'obligation d'employer un régulateur automatique de tension.

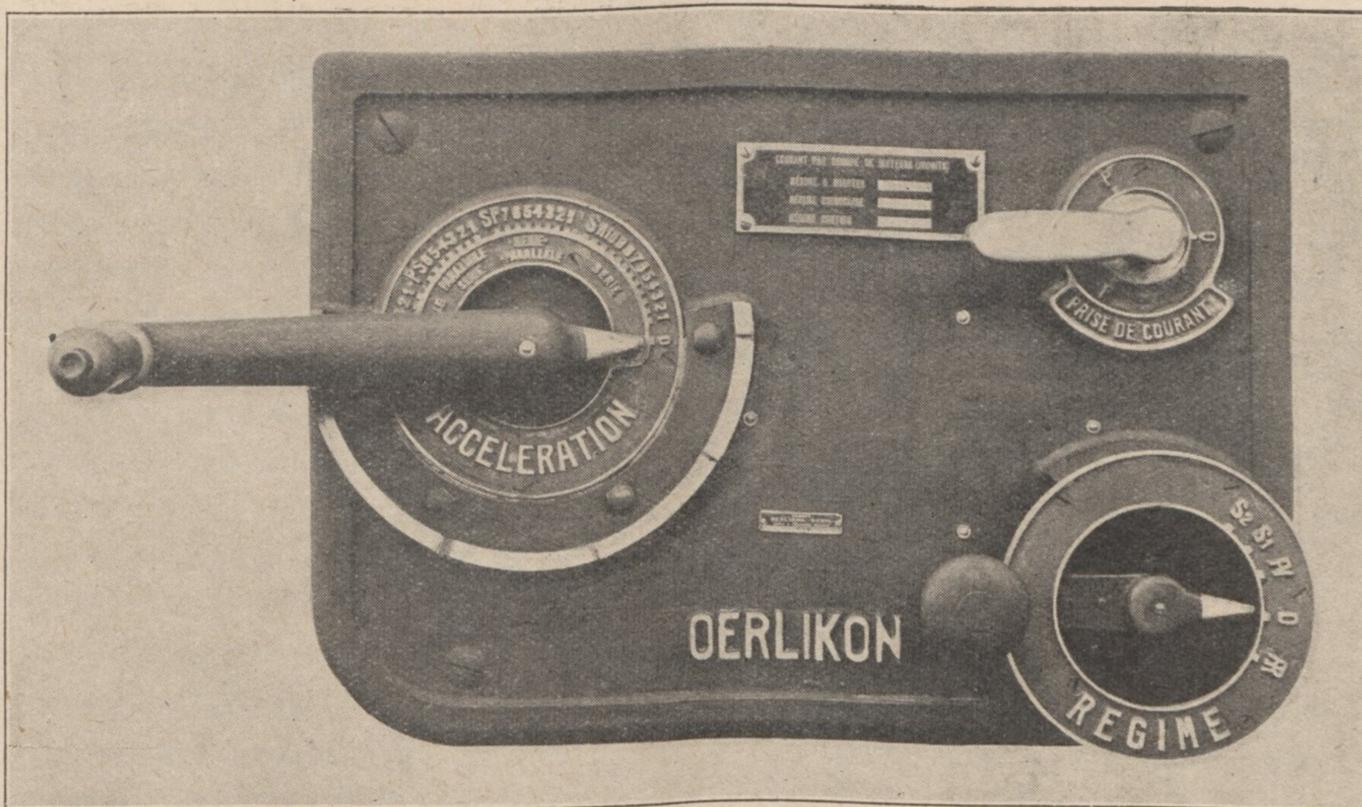
(2) Ce mode de montage a, par contre, provoqué un incident sur la locomotive « gearless » de l'Orléans, construite en Amérique, et munie d'accumulateurs au plomb, sans relais de protection.

Une prise de courant spéciale permet, au besoin, de charger la batterie au moyen d'une source de courant extérieure, pendant un stationnement au dépôt après réparation, ou si la batterie se trouve accidentellement déchargée pour une cause quelconque.

10° *Le pupitre de commande.*

Le pupitre de commande de chaque cabine comporte *trois manettes* (Fig. 28) : une manette de prise de courant, une manette dite de « régime », et une manette d'accélération, appelée aussi manette principale (1).

Fig. 28. — PUPITRE DE COMMANDE D'UNE LOCOMOTIVE 262-AE.



La *manette de prise de courant* est d'un type unifié sur toutes les locomotives électriques de la ligne de Modane ; elle peut tourner librement dans les deux sens, pour occuper quatre positions différentes, savoir :

- cran « O » : position de repos, correspondant à la coupure de tous les circuits,
- cran « F » : alimentation par les frotteurs de troisième rail seulement,
- cran « P » : alimentation par les pantographes seulement,
- cran « FP » : alimentation à la fois par les frotteurs et les pantographes.

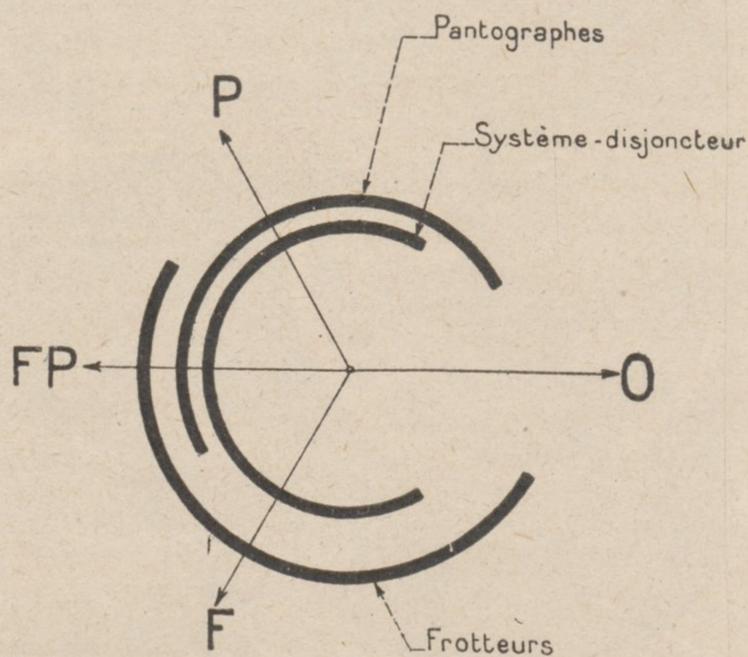
(1) En dehors des machines d'essai 242-AE-1 et 242-BE-1, dont le pupitre présente des dispositions légèrement différentes, toutes les autres locomotives de la ligne de Modane possèdent le même type de pupitre à trois manettes, mais la manette principale, servant de manette d'accélération pour la marche en traction, est en outre utilisée, dans la marche en récupération, pour régler l'excitation des moteurs, c'est-à-dire en définitive l'effort de retenue.

Bien que les essais de récupération effectués jusqu'ici aient donné des résultats extrêmement intéressants, il a été décidé de ne pas prévoir la marche en récupération pour les locomotives 262-AE-1 à 4, d'une part afin de ne pas compliquer outre mesure leur équipement, que l'adoption de quatre couplages différents rendait déjà assez complexe, et d'autre part dans le but de ne pas augmenter encore leur poids et leur prix, tous deux respectables.

Ce dernier cran, utilisé pour la transition d'un mode d'alimentation à l'autre, est placé à l'opposé du cran « O », entre les crans « F » et « P » (il se trouve masqué par la manette sur la photographie de la figure 28), situés eux-mêmes à 120° environ du cran « O ».

Tous les circuits sont coupés dans des secteurs de 30° environ de part et d'autre du cran « O » ; le contacteur des frotteurs et les contacteurs des pantographes sont fermés dans des secteurs de 90° de part et d'autre des crans « F » et « P » respectivement : ces secteurs se recouvrent donc sur 30° de part et d'autre du cran « FP » (Fig. 29). Lorsque la manette se

Fig. 29. — SCHÉMA DU TAMBOUR DE LA MANETTE DE PRISE DE COURANT.



trouve placée dans les secteurs de 90° de part et d'autre du cran « P », l'air est admis dans les cylindres de relevage des pantographes (sauf annulation par la manœuvre du robinet d'isolement de l'un ou l'autre des pantographes, manœuvre qui coupe également le circuit de contrôle du contacteur correspondant), et l'échappement de l'air des cylindres se produit lorsque la manette sort de ces secteurs. Les appareils sont d'ailleurs disposés de telle sorte qu'en cas de coupure du courant par retour de la manette au cran « O », l'ouverture du système disjoncteur précède celle des contacteurs de frotteurs ou pantographes, et s'effectue par suite avant que ces derniers quittent le fil de contact (1).

(1) Il ne s'agit là que d'une manœuvre exceptionnelle ou intempestive, la coupure du courant devant toujours s'effectuer, en principe, en ramenant au zéro la manette principale et non la manette de prise de courant. Mais il fallait d'une part prévoir le cas d'un manque d'attention du personnel de conduite, et d'autre part permettre de couper exceptionnellement le courant avec la manette de prise de courant dans le cas où la manette principale se trouverait coincée, ou si une défectuosité des circuits de contrôle rendait son retour au zéro inopérant.

La *manette de régime* peut prendre cinq positions :

- cran « O », ou cran de repos, correspondant à la coupure des circuits ;
- cran « AV », permettant la marche en avant, avec excitation normale des moteurs à plein champ ;
- cran « S1 », également pour la marche en avant, mais avec shuntage à 30 % des inducteurs des moteurs de traction ;
- cran « S2 », toujours pour la marche en avant, mais avec shuntage à 45 % ;
- cran « R », permettant la marche en arrière, à plein champ (1).

La *manette d'accélération*, ou manette principale, sert à l'élimination des résistances de démarrage, et assure les différents couplages des moteurs. Elle peut prendre les positions suivantes :

- cran « O », ou cran de repos, correspondant à la coupure du circuit principal,
- onze crans pour l'élimination progressive des résistances lors du démarrage en série (les douze induits en série),
- cran « S » pour la marche normale en série sans résistances,
- sept crans d'accélération sur résistances au couplage série-parallèle (induits en série par six, sur deux circuits en parallèle),
- cran « SP » pour la marche normale en série-parallèle sans résistances,
- six crans d'accélération sur résistances au couplage dit « parallèle-série » (induits en série par quatre, sur trois circuits en parallèle),
- cran « PS » pour la marche normale en « parallèle-série » sans résistances,
- cinq crans d'accélération sur résistances au couplage dit « en parallèle » (induits en série par trois, sur quatre circuits en parallèle),
- cran « P » pour la marche normale « en parallèle » sans résistances.

Les transitions s'effectuent entre les crans « S », « SP », « PS », et le premier cran d'accélération du couplage suivant. L'arrêt sur chaque cran est réalisé par un échappement à ancre empêchant de franchir plusieurs crans à la fois dans le sens de l'accélération, mais permettant par contre un retour rapide de la manette au zéro ; pour franchir les crans « S », « SP » et « PS », il faut en outre (dans le sens de l'accélération seulement) appuyer sur un bouton placé à la partie supérieure de la poignée de la manette : de la sorte, le mécanicien ne risque pas de passer involontairement d'un couplage au suivant. L'essai du dispositif à ancre sur la locomotive 242-BE-1 a montré qu'il était assez robuste, et répondait bien au but poursuivi.

Des verrouillages mécaniques entre les manettes ou entre leurs tambours interdisent toute fausse manœuvre. C'est ainsi, notamment, que la manette de régime ne peut quitter le cran « O » si la manette de prise de courant n'est pas elle-même à un cran différent du cran « O », — que la manette d'accélération ne peut quitter le cran zéro si la manette de régime n'est pas elle-même au cran « A » ou « R », — que la manette de régime ne peut être poussée aux crans « S1 » et « S2 », si la manette d'accélération n'est pas elle-même sur l'un des crans « S », « SP » « PS », ou « P », — etc...

(1) Les manettes de régime des autres locomotives de la ligne de Modane possèdent encore trois autres positions : « R1 » pour la marche en récupération avec les moteurs couplés en série, « R2 » pour la récupération en série-parallèle, et « R3 » pour la récupération en parallèle ; ces trois crans sont placés au delà des crans de shuntage pour la marche en avant.

Les manettes d'accélération et de régime sont fixées au pupitre, tandis que la manette de prise de courant peut en être retirée, à condition de la placer au préalable au cran « 0 », correspondant au verrouillage des autres manettes dans leur position de repos : il n'y a qu'une seule manette de prise de courant par locomotive, et en la retirant du pupitre le mécanicien condamne ainsi tous les appareils, ce qui lui permet de visiter une partie quelconque de l'équipement (sauf les frotteurs, si la machine stationne sur une voie équipée avec rail conducteur) sans craindre une mise sous tension intempestive ; il est toutefois prescrit, par mesure de précaution complémentaire, de vérifier en outre que les contacteurs de frotteurs et de pantographes sont bien ouverts, et que les pantographes sont abaissés. •

Cette propriété de la manette de prise de courant est également utilisée pour interdire l'accès de l'appareillage sous tension au moyen des dispositions suivantes : les portes de l'un des couloirs de la locomotive, donnant accès à l'avant des contacteurs, sont condamnées pendant la marche au moyen de serrures spéciales ; dans l'autre couloir, dont les portes restent libres, certains panneaux grillagés empêchant d'accéder à des organes normalement sous tension sont munis du même type de serrure ; les clefs des grillages et des portes du couloir condamné sont emprisonnées dans une serrure centrale, d'où elles ne peuvent être libérées qu'à l'aide de la manette de prise de courant. On a ainsi l'assurance que le personnel ne peut pas toucher inopinément un appareil sous tension : il est évidemment impossible d'interdire mécaniquement toute manœuvre dangereuse, mais si le personnel veut commettre une imprudence, il ne peut le faire que délibérément.

Dans la même serrure centrale sont également emprisonnées les clefs des serrures servant à verrouiller, dans leur position repliée, les échelles développables placées à chaque extrémité de la caisse, pour l'accès aux pantographes.

Enfin, en donnant à la manette de prise de courant, introduite dans cette serrure centrale, une position déterminée, on peut effectuer l'essai à blanc des circuits de contrôle, tout en interdisant la fermeture des contacteurs de frotteurs et de pantographes.

11° *Appareils divers.*

Le pupitre de commande est placé à gauche de la cabine, ainsi que les robinets pour la commande des freins à air (automatique et modérable), de façon que le mécanicien puisse aisément exécuter des manœuvres dans les gares, en se penchant au besoin par la fenêtre voisine pour observer les signaux qui lui sont faits à la main. Dans le même but, les leviers de commande des sablières à air comprimé et de la valve de purge des cylindres à freins sont placés sur la face gauche du pupitre. Au-dessus des robinets des freins se trouvent le levier de vigilance de l'appareil enregistreur de signaux, et la soupape permettant d'arrêter le fonctionnement du sifflet avertisseur de cet appareil. En avant du pupitre sont placés les appareils de mesure (voltmètre de ligne, ampèremètre de courant total, et ampèremètre donnant le courant dans un groupe de moteurs) (1), et les commutateurs pour la commande des moteurs auxiliaires (ventilateurs et compresseurs). Au-dessus de la vitre située devant le pupitre sont

(1) Comme appareils de mesure, la locomotive possède en outre un compteur d'énergie (énergie totale absorbée tant dans le circuit principal que dans les circuits auxiliaires), ainsi qu'un voltmètre et un ampèremètre pour la batterie d'accumulateurs.

installés l'interrupteur général des circuits de contrôle, et un « interrupteur rapide » permettant au besoin de déclencher le système disjoncteur de la locomotive sans toucher aux manettes du pupitre de commande. A la partie supérieure de la cabine, et à la portée de la main droite du mécanicien, se trouve la tirette du sifflet à air comprimé (1).

La partie droite de la cabine est occupée par l'aide du mécanicien : on y rencontre notamment le robinet détenteur pour l'envoi d'air comprimé aux cylindres des frotteurs, le volant du frein à main, et la sablière à main.

Sur la face arrière de la cabine sont disposés les interrupteurs d'éclairage et de chauffage, et le robinet de manœuvre du contacteur de mise à la terre.

L'une des cabines comporte une pompe à main pour produire l'air comprimé nécessaire au relevage des pantographes, lorsque la pression dans les réservoirs principaux de la locomotive n'est plus suffisante, à la suite d'un stationnement prolongé au dépôt, ou après une réparation.

La machine est munie de deux appareils indicateurs de vitesse du type Flaman (un dans chaque cabine), dont l'un seulement est enregistreur ; ce dernier est combiné avec un appareil avertisseur et enregistreur de signaux, d'un type dérivé de celui en usage à la Compagnie des Chemins de fer de l'Est.

La cloche du tender des locomotives à vapeur est remplacée, dans chaque cabine, par un petit appareil sonore dit « *Klaxet* », à membrane vibrante, dont le fonctionnement électrique est déclenché par un interrupteur manœuvré par le chef de train (comme la cloche à laquelle il est substitué) à l'aide d'une cordelette reliant la locomotive au fourgon de tête.

La locomotive est munie du double frein à air comprimé automatique système Westinghouse, et modérable type P.-L.-M. (appelé aussi frein Westinghouse-Henry). Le coefficient de freinage est de 66 % pour les essieux moteurs, et de 50 % pour les essieux porteurs. Dans chaque cabine est installé un frein à main, dont la timonerie est combinée avec celle du frein à air, et agit sur les freins des essieux d'un truck seulement (truck situé du côté de la cabine considérée).

Les sablières à air comprimé permettent d'envoyer du sable en avant de chacun des essieux moteurs, pour les deux sens de marche. Le sable est contenu dans seize réservoirs (huit réservoirs à un départ, et huit réservoirs à deux départs), placés à l'extérieur des longerons des trucks, de part et d'autre de chaque roue motrice ; la capacité totale de ces réservoirs est d'environ 800 kg de sable. Chaque cabine comporte en outre, à titre de secours, une sablière à main, à l'aide de laquelle on peut envoyer du sable en avant du premier essieu moteur du truck correspondant, en cas de non fonctionnement des sablières à air.

(1) Les sifflets à air comprimé ayant une portée bien moindre que les sifflets à vapeur, nous avons dû procéder à des essais prolongés avant d'aboutir à un type de sifflet satisfaisant, qui a été généralisé ensuite sur toutes nos locomotives électriques. Nous avons essayé également des appareils à membrane vibrante, qui n'ont pas donné de bons résultats.

Le sifflet adopté fonctionne en deux temps : en agissant modérément sur la tirette, on obtient un son d'intensité réduite, pour les manœuvres de gare, — tandis que le coup de sifflet strident, pour la circulation en pleine voie, s'obtient en manœuvrant à fond la tirette.

II. — TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES LOCOMOTIVES 262-AE.

Bien que les principales données concernant les locomotives 262-AE-1 à 4 aient déjà été indiquées pour la plupart dans le texte de la présente note, ou sur les figures qui l'accompagnent, nous avons cru opportun de les rassembler dans le tableau ci-après, en y ajoutant quelques renseignements complémentaires.

Type.....	2 — C + C — 2		
Diamètre des roues motrices.....	1,600 m		
Diamètre des roues des bogies.....	1,010 »		
Empatement d'un bogie.....	2,100 »		
Empatement d'un truck.....	8,700 »		
Empatement total de la locomotive.....	20,800 »		
Empatement rigide maximum.....	4,600 »		
Longueur de la machine hors tampons.....	23,800 »		
Longueur totale de la caisse.....	20,580 »		
Longueur des poutres principales de la caisse.....	17,700 »		
Ecartement des pivots de caisse.....	15,280 »		
Largeur maxima de la caisse.....	2,916 »		
Poids de la caisse	{	Partie mécanique.....	28 000 kg
		Partie électrique.....	20 400 »
		Outillage.....	700 »
		Total.....	49 100 »
Poids d'un truck	{	Partie mécanique.....	37 800 »
		Partie électrique.....	16 650 »
		Sable et outillage.....	500 »
		Total.....	54 950 »
Poids de la locomotive	{	Partie mécanique.....	103 600 »
		Partie électrique.....	53 700 »
		Sable et outillage.....	1 700 »
		Total.....	159 000 »
Poids par mètre courant d'empatement.....	7 643 »		
Poids par mètre courant de longueur totale.....	6 680 »		
Charge par essieu porteur.....	12 900 »		
Charge par essieu moteur.....	17 900 »		
Poids adhérent.....	107 400 »		
Nombre de moteurs doubles.....	6		
Nombre d'induits.....	12		
Poids d'un moteur double (sans les pignons).....	5 540 kg		
Poids d'un induit (sans pignon).....	952 »		
Pignons	{	Nombre de dents.....	27
		Diamètre primitif.....	0,331 m
Roues dentées	{	Nombre de dents.....	86
		Diamètre primitif.....	1,055 m
Rapport de réduction des engrenages.....	3,185		

Régime continu à 1 500 volts	}	Intensité par induit.....	573 A
		Puissance de la machine à la jante.....	4 170 ch
		Effort total à la jante.....	13 000 kg
		Vitesse de la machine.....	87 km/h
Régime unihoraire à 1 500 volts	}	Nombre de tours des moteurs.....	826 tours/mn
		Intensité par induit.....	733 A
		Puissance de la machine à la jante.....	5 340 ch
		Effort total à la jante.....	18 000 kg
		Vitesse de la machine.....	80 km/h
		Nombre de tours des moteurs.....	758 tours/mn
		Vitesse maxima de la machine.....	130 km/h
		Nombre de tours des moteurs à la vitesse maxima.....	1 369 tours/mn

III. — RÉSULTATS OBTENUS

La mise en service de la locomotive 262-AE-1 s'est effectuée sans aucune difficulté (1) : elle ne nécessita que des retouches de très minime importance, à tel point que nous n'avons éprouvé aucune hésitation à l'utiliser, *quinze jours à peine après son premier parcours d'essai*, pour la remorque d'un train spécial, d'ailleurs très léger (160 tonnes seulement), mis en marche le 6 Juillet dernier, de Montmélian à St-Jean de Maurienne, à l'occasion de la réunion du XII^e Groupement régional de Chambres de Commerce. En raison de sa faible charge, ce train put être remorqué constamment à des vitesses très voisines des maxima autorisés par le Service de la Voie, sans jamais faire usage (en dehors des périodes de mise en vitesse, où l'on cherchait à réaliser une accélération aussi élevée que possible) du couplage « en parallèle ». En particulier, les rampes de 14 et 15 millimètres par mètre précédant l'arrivée à St-Jean de Maurienne furent aisément franchies à la vitesse de 100 kilomètres à l'heure au couplage « parallèle-série ».

Nous avons procédé, depuis lors, à des *essais à pleine puissance* entre Chambéry et St-Jean de Maurienne, en portant successivement la charge à 600, 700 et 800 tonnes. Ces essais ont montré que ces trains pourraient être *tracés sans inconvénient à une vitesse moyenne de 90 kilomètres à l'heure de bout en bout*. En s'interdisant l'utilisation du deuxième cran de shuntage (réservé pour permettre de gagner éventuellement du temps en cas de retard), la vitesse ne tombe, en effet, au-dessous de 90 kilomètres, que sur les 7 ou 8 derniers kilomètres avec le train de 700 tonnes, et sur les 10 derniers kilomètres avec celui de 800 tonnes ; mais même avec cette dernière charge elle reste encore, sur ce faible parcours, supérieure à 85 kilomètres, sauf sur 1 km seulement, où elle tombe aux environs de 80. En outre, même avec 800 tonnes, l'intensité moyenne absorbée reste bien inférieure à celle correspondant au régime continu, et le régime unihoraire n'est jamais atteint que pendant quelques instants, au cours des périodes de mise en vitesse, mais non en pleine marche.

Ces expériences sont d'autant plus probantes que, pour ne pas gêner outre mesure le Service de l'Exploitation, nous avons dû nous contenter d'incorporer dans nos trains d'essai

(1) Au 1^{er} Octobre dernier, la locomotive 262-AE-1 avait parcouru, sans aucun incident, 6 300 kilomètres.

quelques voitures à bogies seulement, ce qui nous a conduit à compléter la charge au moyen de nombreux fourgons à trois essieux, convenablement lestés, dont la résistance par tonne est nettement supérieure à celle des véhicules à bogies : c'est ainsi que le train de 800 tonnes comprenait seulement 6 voitures à bogies, et par contre 30 fourgons à trois essieux. Il est donc certain qu'avec des trains de même tonnage, mais constitués entièrement en véhicules à bogies, on eût réalisé des vitesses encore plus élevées.

En raison de leur composition assez spéciale, les trains d'essai atteignaient une longueur telle que le maniement des freins à air comprimé commençait à devenir assez délicat ; aussi n'avons-nous pas cru devoir pousser nos expériences au delà de la charge de 800 tonnes, qui était cependant loin de correspondre, d'après ce que nous venons de dire, à la puissance maxima des nouvelles locomotives.

Quoi qu'il en soit, ces essais ont prouvé que les locomotives 262-AE-1 à 4 seraient capables de remorquer, de Chambéry à St-Jean de Maurienne, des rapides de plus de 600 tonnes, tracés de bout en bout à la vitesse de 90 kilomètres à l'heure, et qu'en cas d'électrification des lignes de la Côte d'Azur, ces mêmes machines pourraient y remorquer des rapides de plus de 800 tonnes, tracés à 90 kilomètres à l'heure sur les rampes de 8 millimètres par mètre, et entre 100 et 110 kilomètres à l'heure sur les autres parties du parcours. Les programmes d'avenir que nous avons envisagés se trouvent donc remplis avec une marge considérable.

IV. — CONCLUSION.

Si remarquables qu'ils fussent, ces résultats n'ont d'ailleurs rien de surprenant, si l'on observe que la puissance des locomotives 262-AE-1 à 4 est le double de celle des machines à vapeur du type Mountain aux grandes allures (1).

Les locomotives 262-AE-1 à 4 sont d'ailleurs actuellement les machines électriques à grande vitesse les plus puissantes dans le monde entier, et non pas seulement en Europe.

Leur puissance n'a été dépassée, pour certaines locomotives américaines affectées aux trains de marchandises, qu'en recourant au système dit « à unités multiples », consistant à commander d'un seul poste plusieurs machines attelées ensemble, comme s'il s'agissait des

(1) D'après ce que nous avons dit précédemment, la puissance disponible au crochet du tender d'une locomotive Mountain serait de 1 630 chevaux en palier, à la vitesse de 90 kilomètres à l'heure.

En se reportant aux courbes de la figure 5, on voit que les locomotives 262-AE-1 à 4 peuvent fournir, en régime continu, un effort à la jante de 10 000 kg à la vitesse de 95 kilomètres à l'heure, pour une tension moyenne de 1 350 volts seulement à la prise de courant (courbe P1). En partant des coefficients que nous avons admis, l'effort nécessaire pour la propulsion de la machine elle-même à cette vitesse de 95 kilomètres à l'heure, et en palier, serait d'environ 1 700 kg : l'effort disponible dans ces conditions serait donc de 8 800 kg, correspondant à une puissance de 3 100 chevaux environ, soit près du double de celle relevée pour la machine Mountain.

Les poids des deux machines étant du même ordre, cette comparaison resterait valable pour tous les profils. Mais, pour les motifs déjà indiqués antérieurement, l'écart de puissance serait, dans la pratique, bien supérieur à celui que nous avons calculé. Il n'est donc pas exagéré de dire qu'en service courant les locomotives 262-AE-1 à 4 fourniraient, aux grandes vitesses, une puissance disponible au moins double de celle d'une machine Mountain.

automotrices d'un train de banlieue : c'est ainsi qu'en groupant trois unités, le Virginian Railway est arrivé à constituer un ensemble d'une puissance totale de 7 000 chevaux en régime unihoraire ; mais la puissance individuelle de chaque unité reste bien inférieure à celle d'une locomotive du type 262-AE-1 à 4, de sorte que ces dernières machines détiennent incontestablement le record de puissance pour les locomotives à caisse unique.

Malgré cela, ces locomotives sont *relativement légères*, puisqu'elles pèsent moins de 30 kg par cheval de puissance unihoraire à la jante. Sous une autre forme, elles développent plus de 33 chevaux de puissance unihoraire à la jante par tonne de poids total.

Ces résultats font le plus grand honneur aux constructeurs, qui se sont ingénies à réaliser, sous le moindre poids, le puissant engin dont nous leur avons fixé les grandes lignes.

