

cinq parties. Ses flasques et leurs contrepoids creux, remplis de plomb, sont en acier moulé, en une seule pièce. Les deux entretoises de cornes de plaque de garde correspondant à cet essieu sont incurvées pour qu'on puisse descendre les dessous de boîtes et refaire le bourrage sans enlever ces deux entretoises. Les crosses de pistons coulisent sur une glissière unique; elles sont à portées multiples favorisant le graissage, du type unifié T. Wallis pour locomotives du P.R.R.

Les trois distributions Walschaert sont commandées par un levier de changement de marche avec servo-moteur Ragonnet, type B. Du côté gauche, la distribution Walschaert attaque le tiroir BP gauche directement, et, par un arbre transversal, la coulisse gauche communique son mouvement à la coulisse droite. Du côté droit de la machine, la bielle qui vient de la contre-manivelle attaque la coulisse du cylindre milieu par un arbre de renvoi.

Les leviers d'avance des bielles de tiges de tiroirs milieu et côté gauche prennent comme d'habitude leur mouvement sur les crosses de pistons correspondantes.

Le support de l'ensemble de la distribution est en une seule pièce d'acier moulé.

Cette locomotive peut passer en courbe de 103 mètres. Toutes ses roues sont à boudins, mais le premier essieu couplé est monté sur boîtes à déplacement latéral.

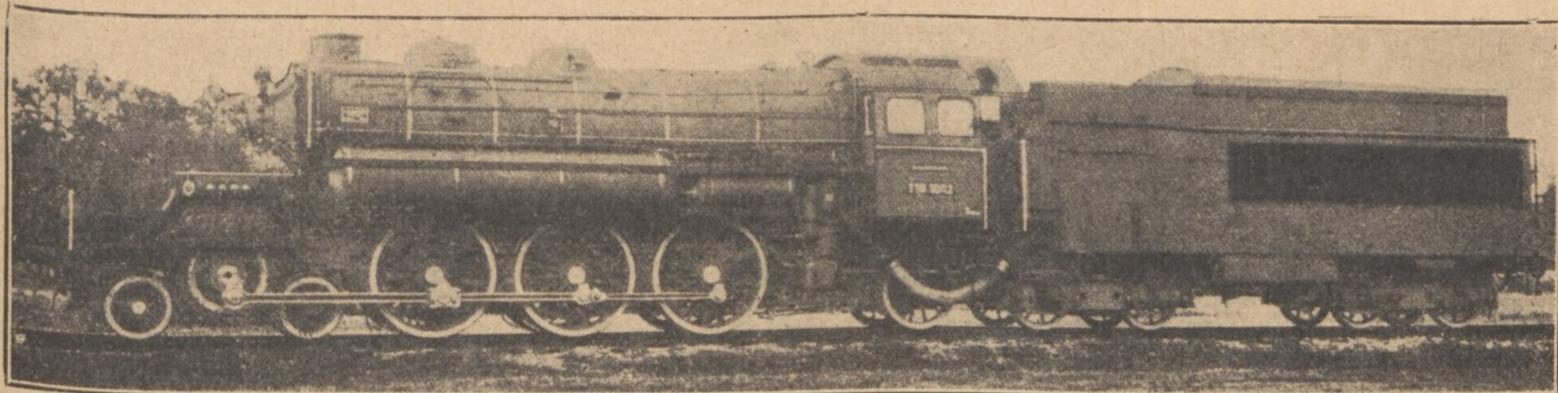
Le bogie *A* est à traverse danseuse et à rappel par bielles à double point d'articulation. Le bissel *R* est du type Delta bien connu et pourra recevoir ultérieurement un accélérateur (booster). Tous les ressorts entre le premier essieu accouplé et le bissel *R* sont reliés par balanciers.

Les appareils auxiliaires sont actionnés par la vapeur surchauffée détendue à 17 kg,5 sauf le réchauffeur Worthington et les injecteurs qui emploient de la vapeur saturée à 24 kg,5.

5. Deuxième locomotive à turbines des Chemins de fer du Reich (1).

— La *Revue Générale* de Janvier 1925 a signalé la première locomotive à turbines, type Pacific (4-6-2), construite par Krupp, pour les Chemins de fer du Reich. Ce

Fig. 9.

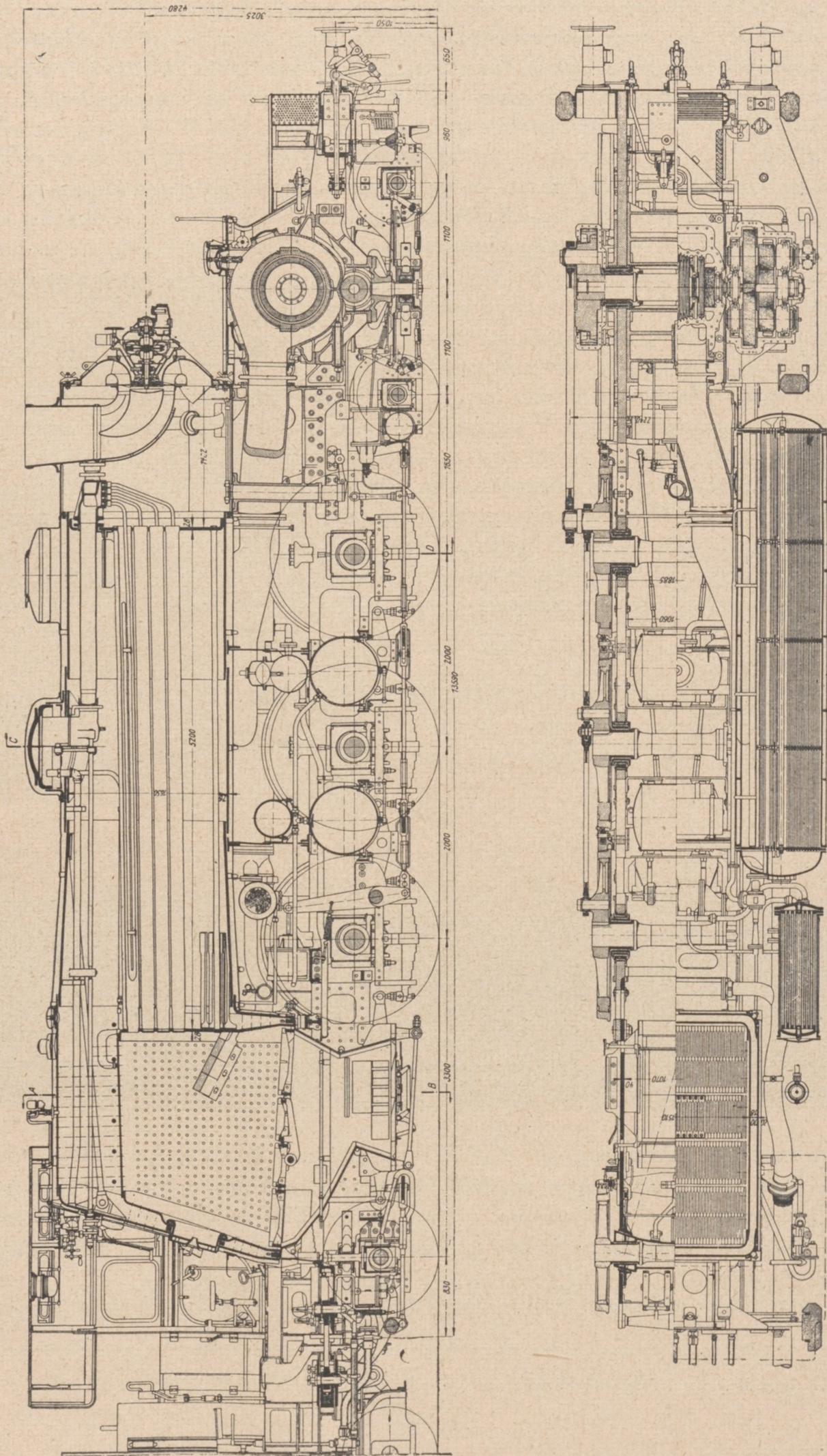


Réseau vient de faire construire par Maffei, à Munich, une deuxième locomotive à turbines du même type, dans laquelle, comme dans la première machine, on a pu placer la turbine principale sur le bogie *A* (Fig. 10), grâce à la réduction des dimensions de la chaudière, rendue possible par l'économie de vapeur, résultant de l'emploi d'une pression élevée (22 kg,5) et d'un condenseur.

La transmission entre cette turbine (dont l'arbre est perpendiculaire à l'axe longitudinal de

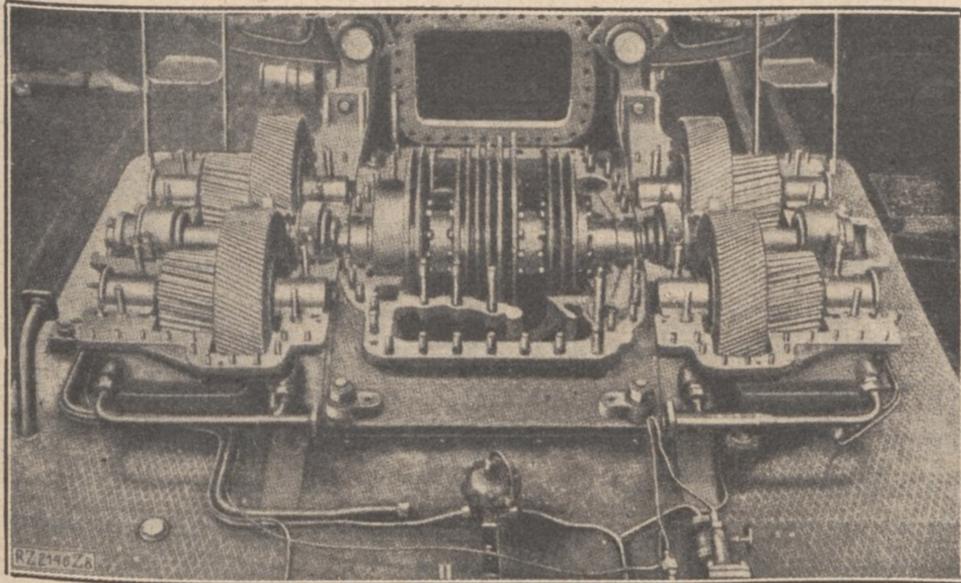
(1) *Railway Mechanical Engineer*, Février 1927, p. 78.

Fig. 10.



la machine) et les essieux-moteurs (Fig. 11) se fait au moyen d'un double jeu d'engrenages (rapport de réduction $1/24$), d'un faux essieu et de bielles d'accouplement. L'arbre de la

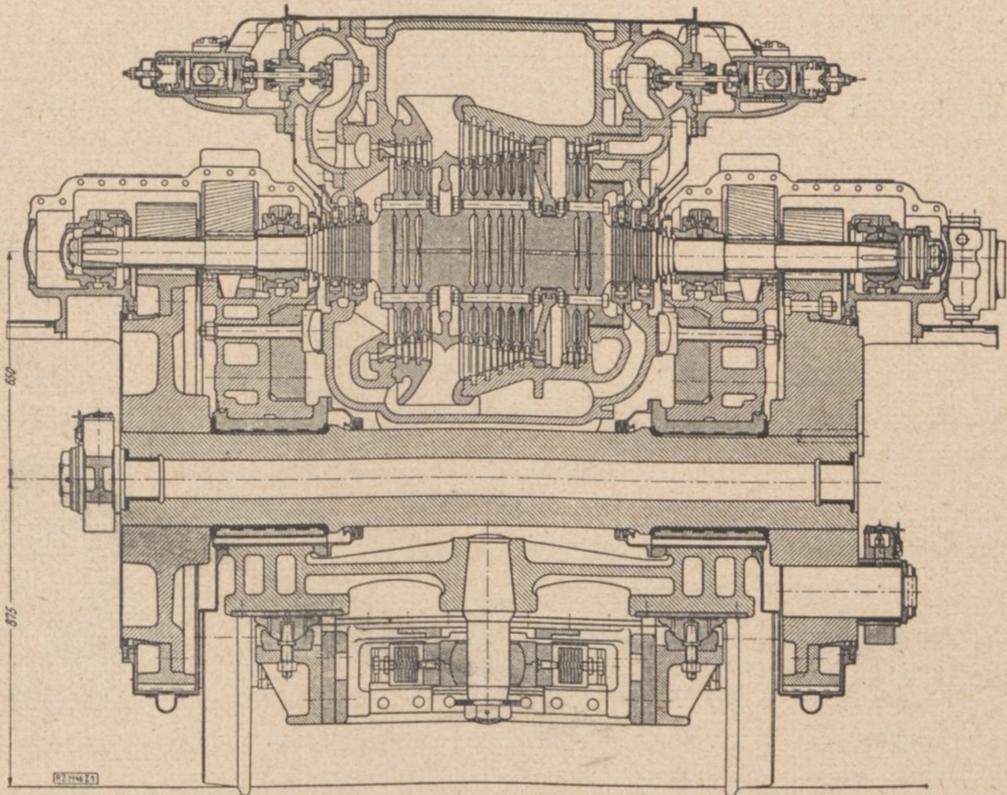
Fig. 11.



turbine, qui est creux, est porté par quatre paliers avec coussinets à rotule sphérique (Fig. 12). Entre les deux paliers, de chaque côté, est monté sur une fourrure conique un pignon de transmission, qui a un léger jeu dans le sens de la rotation, car les extrémités creuses de l'arbre de turbine ont une certaine flexibilité. Chaque pignon attaque deux engrenages hélicoïdaux dont les axes sont dans le même plan horizontal que l'axe de la

turbine, de sorte qu'ils ne subissent aucun moment de flexion. La couronne de ces engrenages est montée sur le moyeu avec interposition de ressorts lui permettant d'avoir un jeu important dans les deux sens de rotation ; les deux engrenages attaqués par le même pignon, peuvent ainsi se mettre dans la position voulue pour prendre et transmettre leur part d'effort. Chaque double engrenage attaque une couronne fixée sur le faux essieu.

Fig. 12.



Tous les paliers et transmissions sont en acier spécial Krupp. Une pompe à huile, fonctionnant dans les deux sens et commandée par l'arbre de la turbine, envoie l'huile sous pression dans les différents paliers. Pour graisser les pignons et engrenages tournant à grande vitesse, on emploie un nouveau dispositif agissant par projection d'huile et de vapeur d'huile sur les pièces en mouvement.

L'huile est refroidie dans un réfrigérant dont la circulation d'eau est placée sous le contrôle du mécanicien.

Les turbines principales : turbine marche *N* et turbine marche *R*, sont enfermées dans la même enveloppe. La turbine marche *N* a une puissance de 2.500 ch et comporte deux roues à un rang d'aubes du côté HP suivies d'une roue à action et de cinq roues à réaction de diamètres appropriés. Elle tourne à 8.800 tours pour une vitesse de la locomotive de 125 km-h et la poussée axiale est compensée du côté HP par un piston équilibreur.

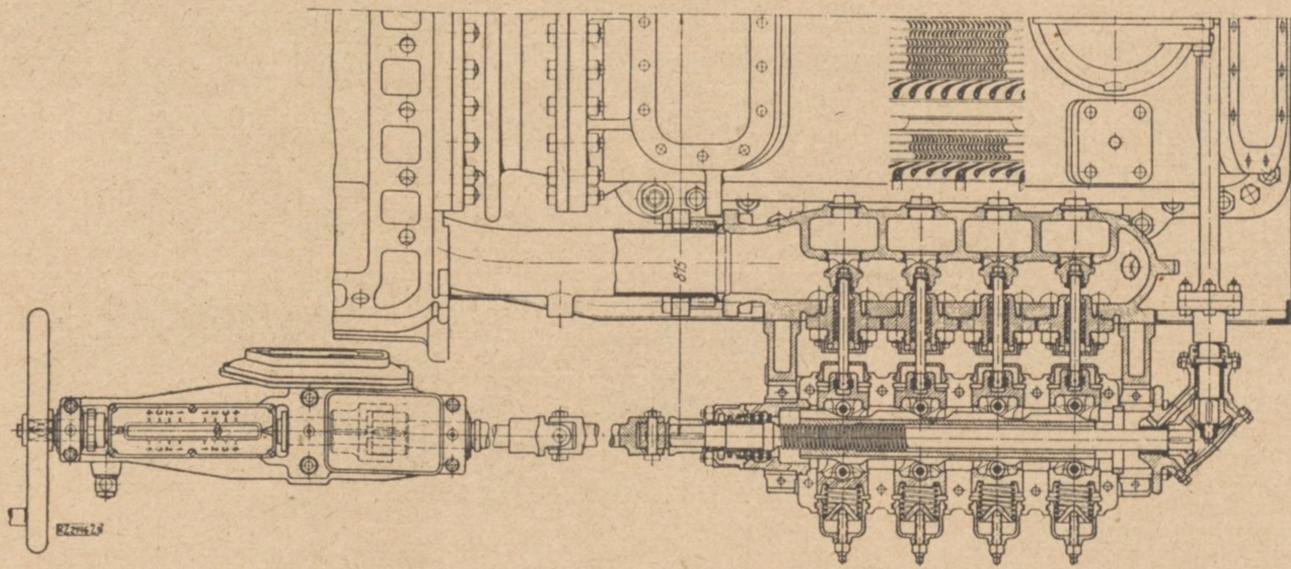
La turbine marche *R* comporte une roue de plus petit diamètre à trois rangs d'aubes. Quand la turbine marche *N* fonctionne, la turbine marche *R* marche sur le vide. Il est évident que la turbine marche *R* ne peut pas avoir la même puissance que la turbine marche *N* mais cela n'a pas d'importance pour une locomotive d'express.

L'enveloppe de la turbine marche *R* est logée dans celle de la turbine marche *N* et comporte un canal d'échappement disposé de telle façon que l'échappement de chaque turbine s'effectue sans que la vapeur sortant d'une turbine aille sur les aubes de l'autre. La conduite d'échappement se divise sous la chaudière en deux branches, permettant à la vapeur d'aller vers les deux condenseurs à surface, placés de chaque côté de la chaudière. Dans le cas d'avarie des condenseurs, une soupape de sûreté permet d'éviter une surpression dans la conduite d'échappement de la turbine ou dans les condenseurs.

Les aubes des turbines sont en acier contenant 3 à 5 % de nickel ou en acier au nickel-chrome très résistants et sont usinées en employant des gabarits spéciaux pour obtenir une précision absolue. On les fixe sur la couronne, en les enfilant dans des logements en forme de parallélogramme gauche et en leur imprimant ensuite un mouvement de rotation qui permet aux rainures ménagées de chaque côté des aubes de venir se placer sur les talons qui se trouvent dans la rainure de la couronne. Cette disposition permet de ne pas trop élargir la rainure de la couronne tout en assurant une fixation solide des aubes. Les aubes les plus longues ont leur largeur réduite au fur et à mesure qu'on s'éloigne de leur base afin de diminuer le moment de flexion.

Pour permettre d'obtenir un bon rendement, même à faible charge, les turbines marche *N* et marche *R* sont commandées chacune au moyen de quatre soupapes indépendantes (Fig. 13).

Fig. 13.



Ces soupapes, munies de sièges en nickel sont à fermeture automatique et ouverture à la main. La commande de chaque groupe de quatre soupapes se fait par un arbre à cames ; ces deux arbres, rendus solidaires par un arbre transversal auxiliaire et par des pignons coniques, sont commandés depuis l'abri au moyen de l'arbre de changement de marche. La

position des soupapes de chaque groupe est indiquée sur un cadran dans l'abri. A chaque soupape correspond une buse d'admission de vapeur agissant sur les ailettes de la première roue de la turbine. Les deux chambres d'admission, placées dans la partie supérieure de l'enveloppe de turbine, reçoivent chacune une conduite indépendante venant de la chambre de vapeur surchauffée.

Le régulateur principal n'est pas équilibré et ne peut être ouvert qu'au moyen d'une petite soupape auxiliaire permettant de créer une augmentation de pression au-dessous de la soupape principale et cela quand les buses ne débitent pas.

Pour obtenir une réduction de pression dans la turbine, le mécanicien est obligé d'agir sur le changement de marche et non sur le régulateur.

Les deux condenseurs à surface sont placés en parallèle à la fois pour la circulation de la vapeur et celle de l'eau. L'eau de refroidissement est partagée entre quatre groupes principaux de tubes de façon à augmenter le plus possible la vitesse de circulation. Un groupe distinct de tubes est disposé pour refroidir l'air qui se dégage et reste emprisonné dans le condenseur.

On a pris tous les soins nécessaires pour la construction des joints et le mode de fixation des tubes afin d'éviter la déformation de ces tubes et les fuites en résultant. On peut démonter et examiner les tubes sans enlever les condenseurs de la locomotive.

L'eau condensée va dans une bêche munie d'un flotteur. Elle est prise dans cette bêche, au moyen de la pompe à air montée en tandem avec la pompe alimentaire.

Ces pompes sont entourées par une enveloppe remplie d'eau, qui est en communication avec les soutes à eau du tender.

La pompe à air fonctionne à la pression atmosphérique, la pompe alimentaire renvoie l'eau sous pression dans la chaudière. Un by-pass, dans la conduite d'alimentation, permet au mécanicien de faire marcher pendant un certain temps la pompe alimentaire à vide, afin que la pompe à air puisse travailler seule quand le niveau de l'eau s'élève trop vite dans la bêche, ce dont le mécanicien est prévenu par l'intermédiaire du flotteur et de transmissions appropriées. Ce cas se présente rarement car le débit de la pompe à air est de 20 % supérieur à celui de la pompe alimentaire.

L'air emprisonné dans les condenseurs est extrait par deux éjecteurs à vapeur, dont la vapeur d'échappement alimente le premier réchauffeur d'eau qui reçoit également la vapeur d'échappement de la pompe alimentaire, du compresseur d'air, des deux éjecteurs et de la turbine commandant la dynamo. L'eau venant des condenseurs à la température de 43 à 49° est portée dans ce premier appareil réchauffeur à une température de 88 à 93°. Elle est ensuite réchauffée à 127° environ dans le deuxième réchauffeur qui est alimenté par la vapeur d'échappement de la turbine du ventilateur placé dans la boîte à fumée et par la partie, non utilisée pour le chauffage du train de la vapeur d'échappement de la turbine, placée sur le tender, commandant la pompe à eau du réfrigérant.

Au moyen d'un régulateur de pression, cette vapeur est admise à 2 kg,6 dans le deuxième réchauffeur. L'excès de vapeur, après avoir traversé un autre régulateur de pression, est envoyé à un étage basse pression de la turbine principale.

Pour récupérer toute la vapeur, on a installé un petit condenseur supplémentaire, entre les deux condenseurs principaux, qui reçoit la vapeur non condensée, sortant des réchauffeurs ; de là, l'eau condensée va à la bêche. La liaison entre le tender et la machine est réalisée pour l'eau de circulation du condenseur par deux tuyaux de caoutchouc avec têtes d'accouplement convenables et pour la vapeur par une conduite métallique, placée dans l'axe et munie de joints à rotule.

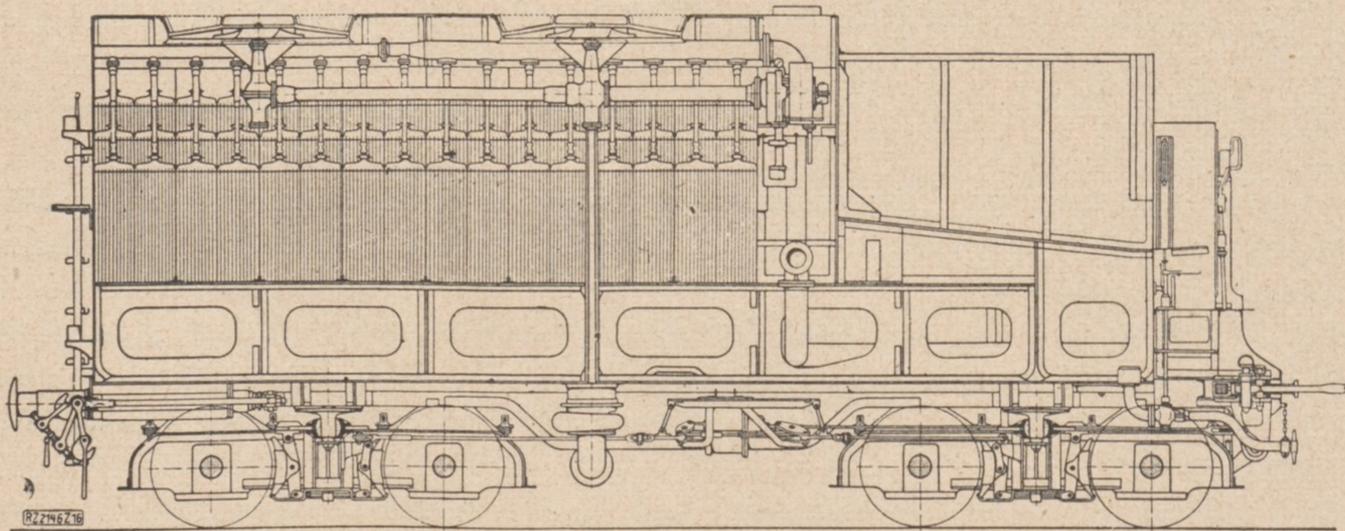
Pour obtenir un tirage convenable dans la boîte à fumée, on emploie un ventilateur de construction très simple, à ailettes en métal inoxydable, accouplé directement à une petite turbine tournant à grande vitesse (6.000 à 7.000 tours) et qui peut être alimentée par de la vapeur saturée ou surchauffée.

Le groupe ventilateur-turbine est logé dans la pointe avant de la porte de boîte à fumée, de sorte que le palier avant du ventilateur et la chambre à huile adjacente sont convenablement refroidis quand la machine est en marche. L'enveloppe de turbine est munie à l'extérieur de nervures permettant le refroidissement des paliers par l'air circulant autour de la turbine. La soupape d'admission de la turbine est manœuvrée par le mécanicien depuis l'abri.

Les essais de ce ventilateur ont montré qu'on pouvait obtenir les dépressions voulues avec des rendements élevés. Il suffit simplement que sa vitesse soit réglée au moyen de la soupape d'admission et elle reste constante malgré les variations de la combustion. Aucun autre appareil de réglage n'est nécessaire.

Le tender (Fig. 14) monté sur deux bogies à deux essieux a une longueur totale de 11 m,500.

Fig. 14.



Une soute à eau (contenance : 4.300 l) est placée à l'avant et au-dessus d'elle se trouve la soute à charbon (contenance 5.500 kg).

Derrière ces soutes, se trouve la turbine commandant la pompe et les ventilateurs du réfrigérant. Elle tourne à 6.000 tours et commande un arbre horizontal qui entraîne au moyen de pignons coniques les arbres verticaux des ventilateurs et de la pompe à eau tournant à 1.000 tours. Les ventilateurs absorbent 13 *ch* et débitent chacun 25 m³ d'air par seconde ; la pompe absorbe 23 *ch* et débite 360 m³ d'eau par heure.

La plus grande partie du tender, à l'arrière, est occupée par le réfrigérant, mais l'espace ainsi occupé (11 m²,40) est seulement un dixième de celui employé ordinairement pour les installations fixes de même puissance (enlèvement de 4 à 4 millions et demi de calories par heure).

L'air appelé par les ventilateurs de chaque côté du tender, passe sur des déflecteurs et traverse le compartiment réfrigérant. Ce dernier est partagé en 48 éléments, formés de plaques de cuivre perforées, maintenues à une certaine distance les unes des autres par des pièces intermédiaires et assemblées au moyen de boulons. L'eau coule sur elles, en sens inverse de l'air. On s'est attaché à éviter la formation de gouttes, entraînées par le courant d'air et il a fallu prendre

des précautions spéciales à ce sujet ainsi que pour diminuer les vibrations et la puissance du moteur des ventilateurs.

A pleine charge, le vide moyen est de 80 à 90 % et il augmente à charge moindre.

Une partie de la vapeur d'échappement de la turbine auxiliaire, placée sur le tender, est utilisée pour le chauffage du train, à différentes pressions suivant la température et autres conditions.

Une petite turbo-dynamo fournit le courant d'éclairage.

Voici les caractéristiques principales de la locomotive :

Chaudière à foyer Belpaire		Poids total en ordre de	
Timbre	22 kg 5	marche	104.100 kg
Diamètre intérieur du corps		Empatement rigide	4 m,243
cylindrique	1 m,650	» total (locomo-	
Surface de grille	3 m ² ,50	tive)	11 m,115
Surface de chauffe du foyer	13 m ²	Empatement (locomotive et	
» » destubes	147 m ²	tender)	20 m,328
» » totale.	160 m ²	Tender : Contenance du	
» surchauffe	51 m ²	réservoir d'eau de	
Longueur des tubes entre		refroidissement...	20.000 l
plaques tubulaires	5 m,220	» Contenance du	
Surface de refroidissement		réservoir d'eau d'ali-	
du condenseur	1.500 m ²	mentation	4.300 l
Diamètre des roues motrices	1 m,750	» Contenance des	
Poids adhérent	60.000 kg	soutes à combus-	
» sur bogie <i>N</i>	30.000 kg	tible	5.500 kg
» » bissel <i>R</i>	14.100 kg	Poids total	68.000 kg

Cette locomotive à turbines a des roues plus petites que la locomotive Pacific unifiée des Chemins de fer du Reich (1 m,750 au lieu de 2 m) et pèse moins, comme le montre la comparaison suivante :

	LOCOMOTIVES.....	A TURBINES	PACIFIC UNIFIÉE
Poids adhérent.....		60.000 kg	60.000 kg
Poids total en ordre de marche de la machine		104.000 »	113.000 »
Poids total en ordre de marche du tender.....		68.000 »	67.000 »
Poids total en ordre de marche de la machine et du tender		172.000 »	180.000 »

Malgré son poids moindre, la locomotive à turbines est évidemment d'un prix plus élevé que la locomotive à pistons, qui bénéficie d'un siècle d'expérience, mais elle a un meilleur rendement : 15,6 % de la chaleur produite pourront être utilisés à 70 kmh sur la locomotive à turbines, au lieu de 7 à 8 % seulement sur la locomotive à pistons. De plus, on a estimé qu'un cheval-vapeur sur le faux essieu est produit avec 1.840 calories ce qui correspond, par cheval, à une consommation de 0 kg,570 de charbon à pouvoir calorifique de 7.000 calories (en tenant compte de la vapeur consommée par les appareils auxiliaires). En hiver, on espère obtenir un rendement total de 20 à 22 %, grâce à l'utilisation pour le chauffage du train de la vapeur d'échappement de la turbine auxiliaire sur le tender.

Cette locomotive à turbines doit remorquer des trains express lourds à une vitesse moyenne de 100 kmh et à une vitesse maximum de 125 kmh.