

LES NOUVEAUX WAGONS TREMIES EN ALLIAGE LEGER DES CHEMINS DE FER DU MAROC

Les Chemins de Fer du Maroc assurent, entre les centres miniers et les ports d'embarquement, le transport des phosphates extraits et séchés par l'Office Chérifien des Phosphates.

Ce transport représente une part importante du trafic des C.F.M.; en 1959, les transports de 5 528 000 tonnes de phosphate entre Khouribga et Casablanca, et de 1 656 781 t de phosphate entre Louis-Gentil et Safi ont représenté respectivement 49,3 % et 8,7 % du tonnage kilométrique transporté en petite vitesse.

En 1960, les tonnages transportés se sont élevés à 5 955 122 t sur Casablanca et à 1 641 000 t sur Safi.

Etant donné l'importance de ces transports, les conditions dans lesquelles ils sont effectués sont étudiées avec un soin particulier.

Conditions générales d'utilisation et d'établissement des wagons.

Le transport des phosphates secs est effectué en wagons trémies couverts avec trappe de chargement dans l'axe de la toiture. A Khouribga, ces wagons passent sous les silos à phosphate sec et sont remplis par gravité au moyen de goulottes écartées de 4 m.

A la station d'embarquement, à Casablanca, les voies de déchargement sont établies sur des fosses; les wagons sont déchargés par ouverture des trappes inférieures; le phosphate tombant dans la fosse est

repris par un tapis roulant qui le conduit au stock ou à l'embarquement sur bateau.

En dehors des conditions générales de construction: gabarit et charge des essieux, limitée à 20 t, la longueur des wagons trémies doit être un multiple de la distance d'écartement des goulottes de chargement: 4 m.; ainsi toute la rame se trouve simultanément placée correctement pour le remplissage des trémies.

Ces conditions fixent le cadre dans lequel peut évoluer la construction des wagons trémies à phosphate.

Evolution des transports

A l'origine, les transports de phosphate étaient effectués en wagons trémies à 2 essieux, de 8 m de longueur, d'une tare de 11 t et transportant 20 t de phosphate, ayant donc un rapport charge/tare de 1,81.

Dès 1929, on mettait en service des wagons à bogies, de 12 m de longueur, d'une tare moyenne de 22 t 3, et transportant 48 t de phosphate et caractérisés par le rapport charge/tare de 2,152.

Dès 1930, un nouveau type de wagon trémie était mis en service, de mêmes caractéristiques que le précédent; sa tare moyenne s'élevait à 24 t 12, mais il transportait 54 t de phosphate et était caractérisé par le rapport charge/tare de 2,238.

Le tableau ci-après donne les résultats obtenus:

		mode de calcul	Type de wagon trémie		
			20 t	48 t	54 t
1	Année	—	1928	1929	1931
2	Type de locomotive et puissance	—	BB 500- 1000 CV	BB 500- 1000 CV	BB 600- 1250 CV
3	Caractéristiques des wagons	Charge utile	20 t	48 t	54 t
4		Tare moyenne	11 t	22,3 t	24,12 t
5		Rapport charge/tare	$\frac{3}{4}$ <u>1,818</u>	$\frac{3}{4}$ <u>2,152</u>	$\frac{3}{4}$ <u>2,238</u>
6	Caractéristiques des trains	Nombre de wagons	35	18	28
7		Poids à vide	6 x 4 385 t	401 t	675 t
8		Poids en charge	6x(3+4) 1 085 t	1 265 t	2 187 t
9		Phosphate transporté	6 x 3 700 t	864 t	1 512 t
10	Consommation de courant à la locomotive	à la montée à vide	— 2015 + 300 ⁽¹⁾	2188 + 300 ⁽¹⁾	3078 + 300 ⁽¹⁾
11		à la descente en charge	— 377 + 300 ⁽¹⁾	382 + 300 ⁽¹⁾	674 + 300 ⁽¹⁾
12		totale	10 + 11 2992 kWh	3170 kWh	4352 kWh
13	Consommation de courant en 60 kV à la S/Station. Rendement 0,65		$\frac{12}{0,65}$ 4603 kWh	4769 kWh	6695 kWh
14	Courant récupéré par freinage électrique	à la locomotive	— 1200 kWh	1292 kWh	1562 kWh
15		en 60 kV à la sous- station	14x0,65 780 kWh	840 kWh	1015 kWh
16	Consommation totale		12 — 15 3823 kWh	3929 kWh	5680 kWh
17	Consommation à la tonne de phosphate transporté		$\frac{16}{9}$ <u>5,46 kWh</u>	<u>4,547 kWh</u>	<u>3,750 kWh</u>

(1) La Consommation du groupe auxiliaire : 65 kW pendant 4 h 40 n'était pas, à l'époque, enregistrée par les compteurs des locomotives.

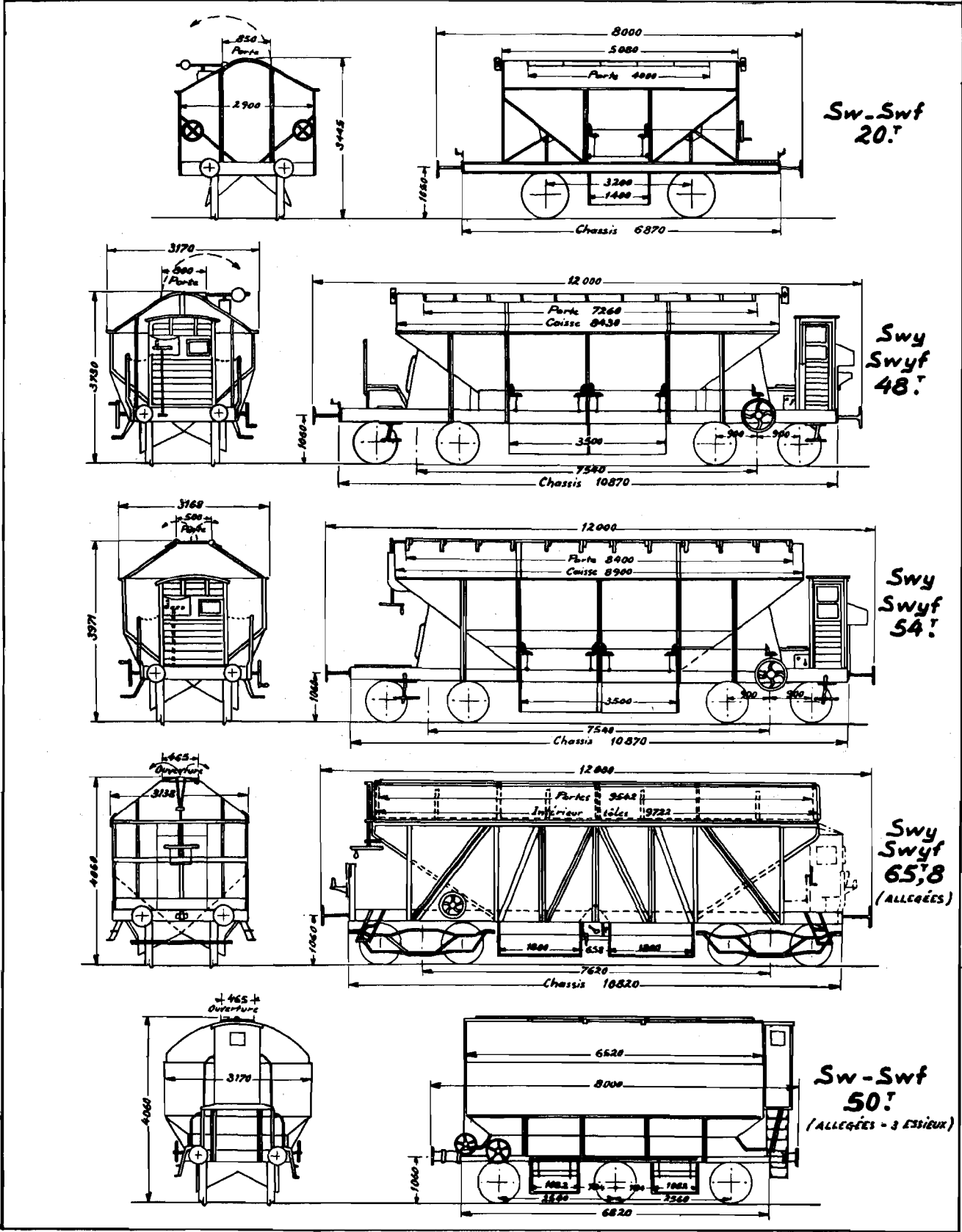
Ces résultats indiquaient nettement que la dépense de courant électrique à la tonne de phosphate transportée diminuait lorsque le rapport charge/tare du matériel remorqué allait en augmentant.

A partir de 1950, devant les progrès de la métallurgie de l'aluminium et de ses alliages, les Chemins de Fer du Maroc ont étudié les possibilités de réalisation d'un matériel spécialisé présentant un rapport charge/tare nettement plus élevé. L'utilisation d'un métal léger était favorisée par le fait que le phosphate se présente sous une forme pulvérulente fine, tandis que la présence de blocs ou de pierres dans le cas de transport d'un autre minéral, risquerait de produire dans le métal léger des rayures qui sont des amorces de fissures. Un wagon prototype ayant une tare de 15 t 14 pour une charge de 60 t et construit par la S.T.E.M.I. fut mis en service le 5 juillet 1952 pour essais.

En 1954, un concours fut lancé auprès de différents constructeurs qui présentèrent des offres de wagons en acier, de wagons avec chassis en acier et caisse en métal léger et de wagons presque exclusivement construits en métal léger. Ce fut ce dernier type qui fut retenu et une commande fut passée à la S.T.E.M.I. (Reims) et à la S.C.I.F. (Ain-Sebaa) pour la construction d'une série de 60 wagons à bogies d'une tare moyenne de 14 t 24 avec une charge utile de 65 t ayant un coefficient charge/tare de 4,564.

Ces wagons furent mis en service en 1956.

Par la suite et pour satisfaire à l'augmentation du trafic des phosphates, une nouvelle commande de wagons trémies fut nécessaire ; les C.F.M. arrêtaient leur choix sur des wagons à 3 essieux, d'une longueur de 8 mètres, ayant une tare moyenne de 9 t 614 et transportant 50 t de phosphate avec un rapport



Vues schématiques des différents types de wagons trémies pour le transport du phosphate du lieu d'extraction au port

charge/tare de 5,2. La réalisation d'une série de 150 wagons fut confiée, pour 80 wagons à la S.C.I.F. (Aïn-Sebaa), auteur de l'étude, et pour 70 wagons aux Etablissements NORDON et C.A.M. de Casablanca, travaillant sur les plans établis par la S.C.I.F.

Environ 60 % de la série de ces wagons était livrée en janvier 1961.

Wagons à bogies S.T.E.M.I. - S.C.I.F. - 1956

Ces wagons ont une longueur totale hors tampons de 12 mètres ; le volume de la caisse est de 52 mètres cubes ; ils peuvent recevoir une charge de 65 t de phosphate (Photo 1).

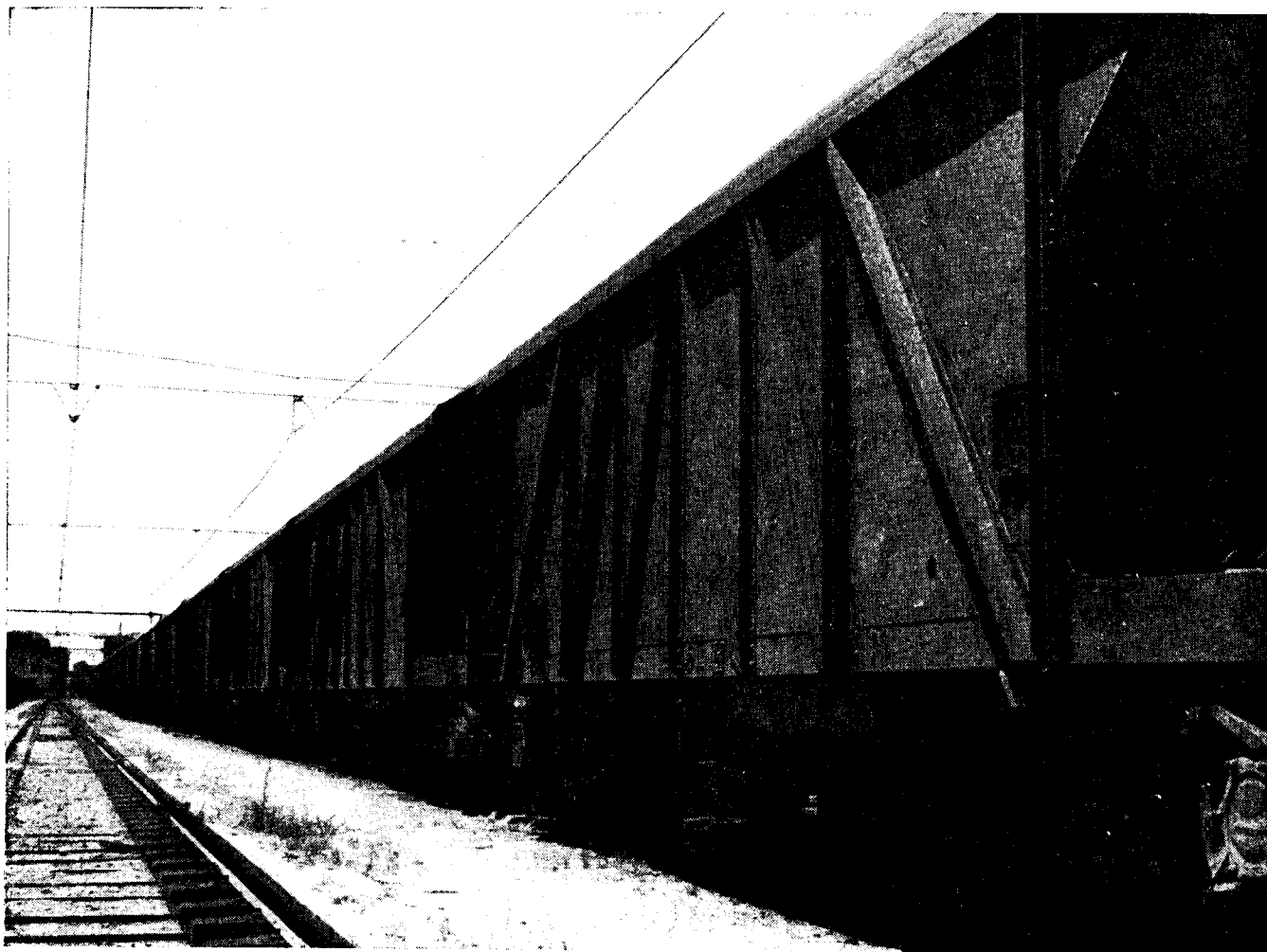


Photo 1. — Rame de wagons trémies à bogies STEMI-SCIF 1956
Tare moyenne 14,24 t — Charge 65 t

Leur châssis est constitué de 2 longerons extérieurs composés de tôles et de profilés en alliage léger ; ils sont entretoisés par des traverses intermédiaires formant cloisons.

Les traverses de pivot et les traverses de tête sont en tôles et profilés en alliage léger.

Les tampons sont en métal léger et les organes de tractions en acier. La caisse est entièrement réalisée en tôles de Duralinox avec des raidisseurs constitués par des tôles pliées et des profilés.

Les bogies, du type Diamond avec traverse danseuse suspendue par des ressorts à double étage de flexibilité, sont constitués de barres en alliage AU 4 G (duralumin) forgé et trempé.

La traverse danseuse est en tôle d'acier.

Les boîtes d'essieu du type Athermos à graissage mécanique sont en alliage léger et fixées entre les longerons des bogies.

Les essieux renforcés et les roues sont en acier.

Les wagons sont munis du frein à air automatique Westinghouse avec dispositif « plaine-montagne » et dispositif « vide-charge » système S.A.B. La timonerie de frein est munie d'un régulateur automatique S.A.B. Dans la construction du châssis et de la caisse il a été fait un large emploi de la soudure électrique en atmosphère d'argon.

Ces wagons ont été mis en service en 1956 ; ils effectuent un service intensif à la cadence de 10 000 km par mois ; les frais d'entretien n'ont pas été différents de ceux des wagons en acier.

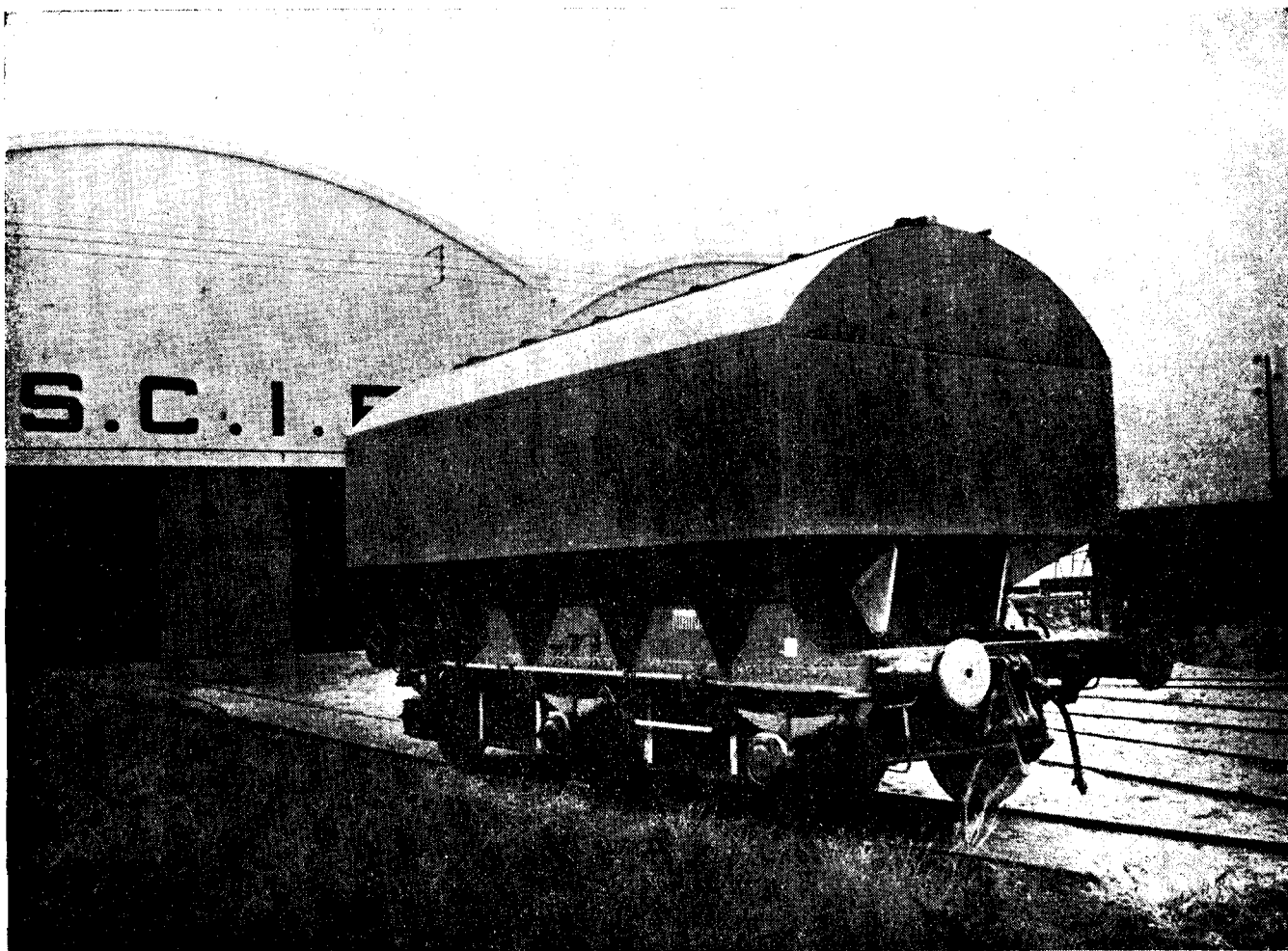


Photo 2. — Wagon à 3 essieux SCIF NORDON CAM 1960
 Noter le dispositif d'équilibrage des charges entre les suspensions des deux essieux avant

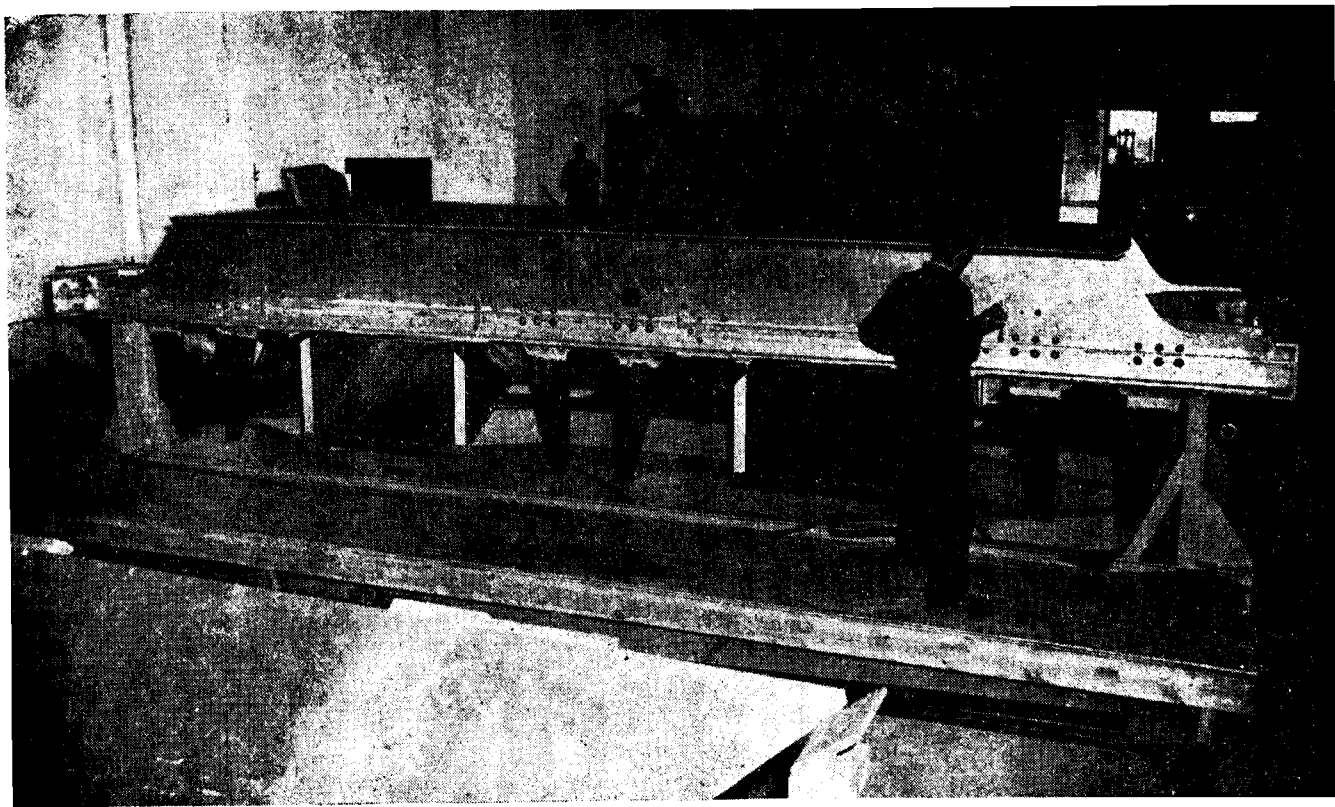


Photo 3. — Wagons SCIF - NORDON CAM 1960 Chassis

Wagons à trois essieux S.C.I.F., Nordon C.A.M., 1960

Ces wagons ont une longueur totale, hors tampons, de 8 m. Le volume de la caisse est de 45 m³ et ils peuvent recevoir une charge de 50 tonnes de phosphate (photo 2). Leur châssis est constitué de deux longerons en alliage léger, à grand moment d'inertie, placés à l'aplomb des boîtes d'essieux (photo 3).

Les traverses de tête sont en tôles et profilés en métal léger.

Les tampons sont en métal léger et les organes de traction sont en acier.

La caisse est entièrement réalisée en tôle de Duralinox renforcée à l'aide de profilés et d'éléments en tôle pliée (photo 4).

Les pièces de suspension, les plaques de garde, les boîtes Athermos, les essieux et les roues sont en acier.

Deux des essieux sont liés par des balanciers longitudinaux pour répartir les charges.

Les wagons sont munis du frein à air automatique Westinghouse avec dispositif « plaine-montagne » et dispositif « vide-charge » système S.A.B.

La timonerie de frein munie d'un régleur automatique S.A.B. agit sur les 2 essieux extrêmes par huit sabots.

Dans la construction du châssis et de la caisse il a été fait un large emploi de la soudure électrique en atmosphère d'argon.

Compte tenu de sa rigidité, ce wagon doit s'avérer encore plus robuste que le wagon à bogie et l'emploi de ce matériel simplifié permettra de diminuer les frais d'entretien dans une notable proportion.

Résultats de l'utilisation des wagons trémies en alliage léger

Le tableau ci-après donne les résultats obtenus avec des trains remorqués par des locomotives BB 700 de 1660 CV et composés de wagons acier 54 t du type 1931 pour comparaison avec les deux dernières séries de wagons allégés.

		mode de calcul	Type de wagon trémie		
			54 t Acier	65 t Aluminium	50 t Aluminium
3	Caractéristiques des trémies	charge utile	54 t	65 t	50 t
4		tare moyenne	24,12 t	14,24 t	9,614 t
5		Rapport charge/tare	<u>2,238</u>	<u>4,564</u>	<u>5,2</u>
6	Caractéristiques des trains	nombre de wagons .	40	50	67
7		poids à vide	964,8 t	712 t	644 t 13
8		poids en charge . .	3124,8 t	3962 t	3994 t 13
9		phosphate transporté	2160 t	3250 t	3350 t
10	Consommation de courant à la locomotive	à la montée à vide	4685 kWh	3470 kWh	3146 kWh
11		à la descente en charge	1270 »	1590 »	1590 »
12		totale	5955 »	5060 »	4736 »
13	Consommation de courant en 60 kV à la sous-station - Rendement 0,65		<u>12</u> 0,65	9160 »	7785 »
14	Courant récupéré par freinage électrique	à la locomotive	1600 »	1600 »	1600 »
15		en 60 kV à la sous-station	1040 »	1040 »	1040 »
16	Consommation totale		8120 »	6745 »	6246 »
17	Consommation à la tonne de phosphate transporté		<u>3,75</u> »	<u>2,07</u> »	<u>1,86</u> »

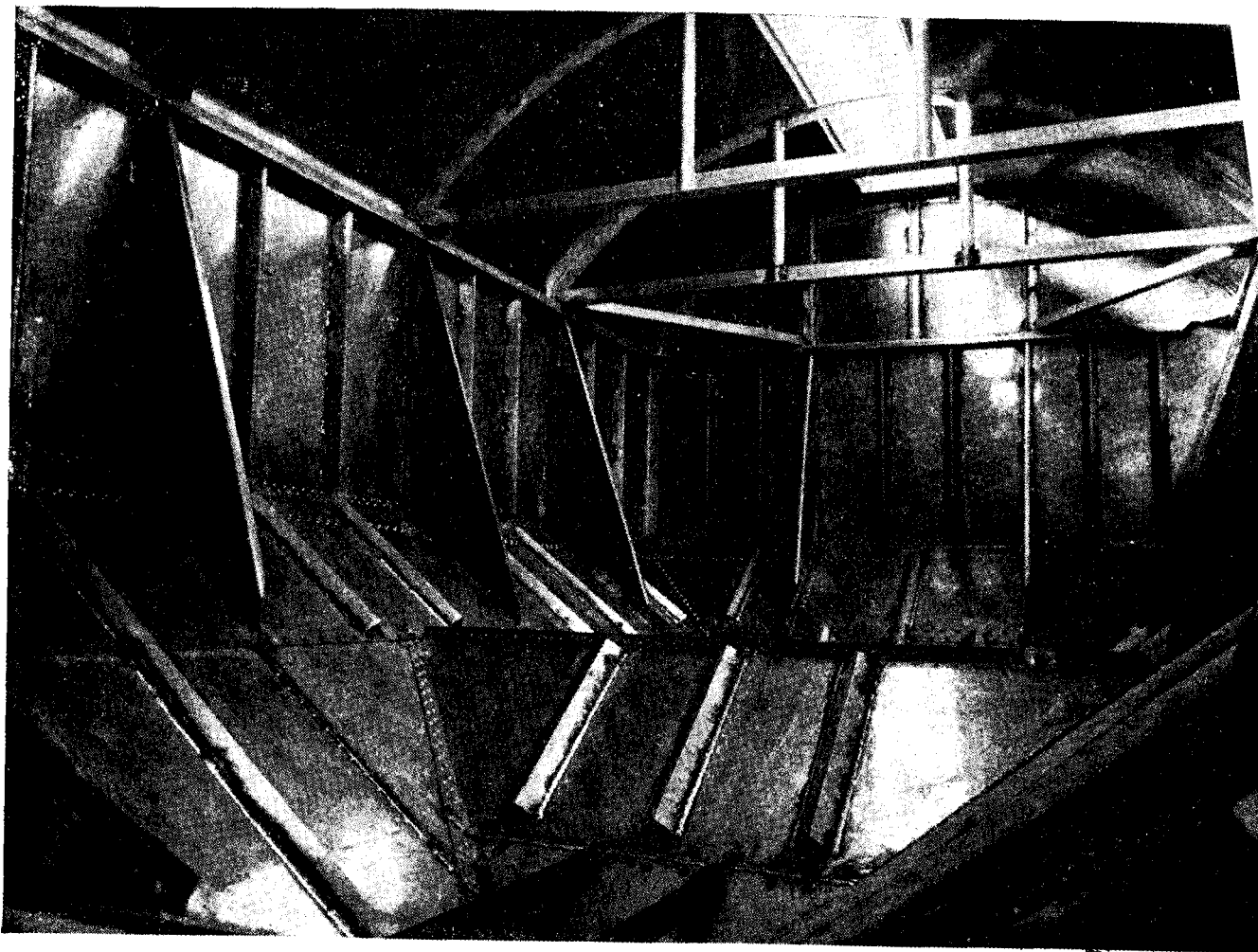


Photo 4. — Wagon SCIF NORDON CAM 1960 — Intérieur de la caisse

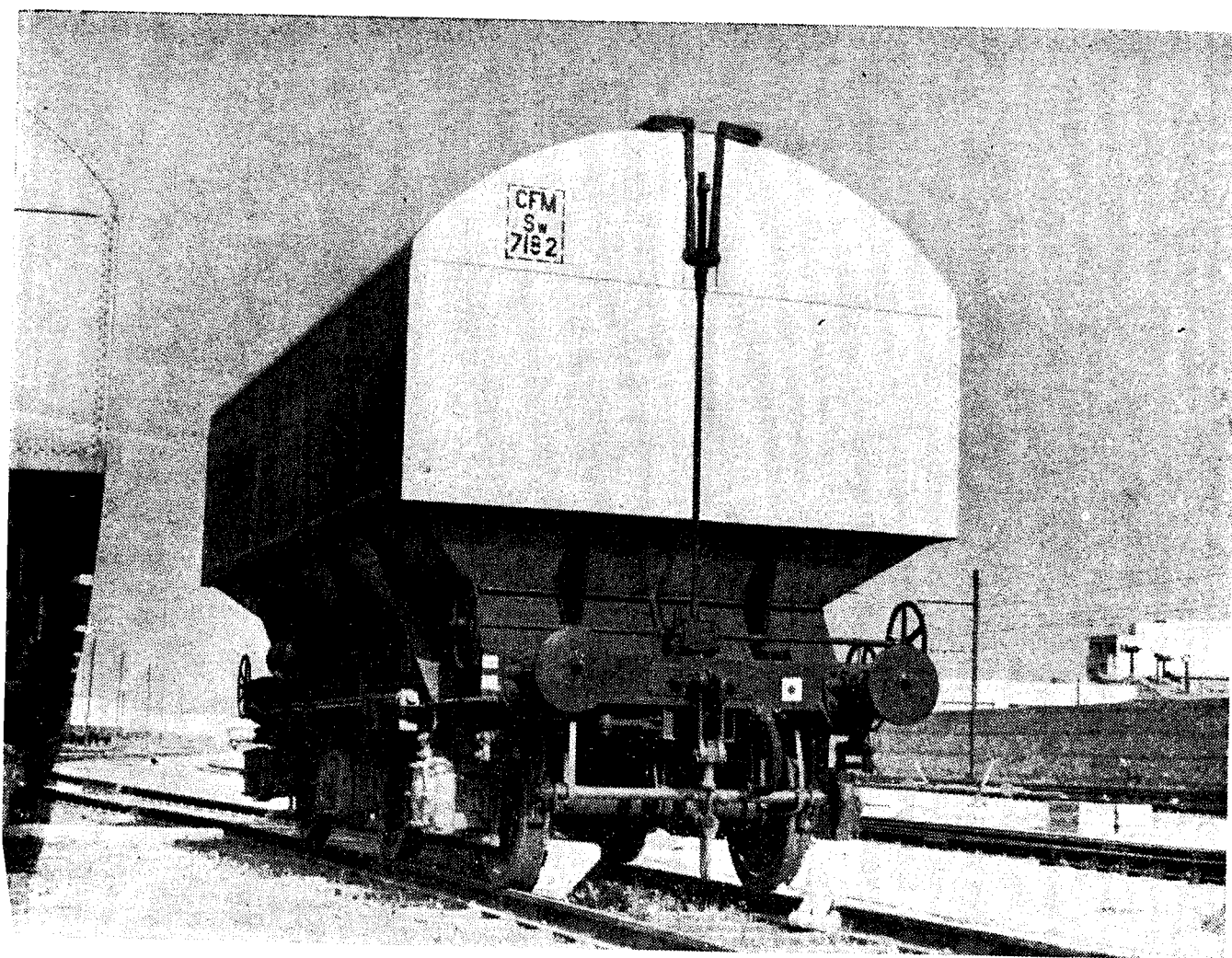


Photo 5. — Nouveaux wagons trémies en alliage léger employés sur la ligne Khouribga-Casablanca

Ces résultats confirment que dans le cas des transports de phosphate, pour les chemins de fer du Maroc, l'économie du transport est fonction du rapport charge/tare des wagons utilisés.

Par contre, le nombre des wagons remorqués lorsqu'ils sont du même type, est pratiquement sans influence sur la dépense d'énergie électrique à la tonne de phosphate, les résultats de 1931 avec un train de 28 trémies acier de 54 t étant identiques à ceux de 1961 avec un train composé de 40 trémies du même type.

C'est l'amélioration de l'économie des transports, par la mise en service de wagons à rendement continuellement amélioré, qui a permis aux Chemins de Fer du Maroc de maintenir à un taux très bas le prix du transport des phosphates malgré la hausse de la main-d'œuvre, des matières et de l'énergie électrique.

Perspectives d'avenir

Il ne semble pas, dans l'état actuel de la métallurgie des métaux légers, qu'il soit possible, raisonnablement, d'envisager un nouvel allègement des wagons modifiant sensiblement le rapport charge/tare ; tout allègement au-delà d'une certaine limite étant extrêmement coûteux. L'emploi même de plastiques stratifiés, pour certaines parties des wagons trémies, comme la toiture, ne paraît pas dans l'état actuel des choses, pouvoir donner des avantages chiffrables, eu égard aux difficultés de réparation.

Il est toutefois une mesure qu'il convient d'envisager très sérieusement : c'est le déclassement des wagons de construction lourde qui seraient utilisés à des transports moins actifs : engrais, céréales, ciment, ou réformés, et leur remplacement par des wagons trémies du dernier modèle pour le service des phosphates.

DAUMAS