

La Revue TRAINS, Amis Lecteurs, désirent être toujours à l'avant-garde de l'actualité ferroviaire, vous présente un article des plus documenté paru dans la revue « L'OSSATURE METALLIQUE » de qui nous avons reçu l'aimable autorisation de reproduction à votre intention.

21819

NOUVELLES TENDANCES DANS LA CONSTRUCTION DU MATERIEL ROULANT EN BELGIQUE

par

J. LOURTIE,

Directeur du Groupe « Matériel de Chemin de Fer et Tramways »
à la Fédération des Industries des Fabrications Métalliques.

HISTORIQUE ET CONSIDERATIONS GENERALES

L'économie belge, depuis le début du XIX^e siècle, a été étroitement liée à l'évolution de la machine à vapeur. Pendant tout le XIX^e siècle et jusqu'à la première guerre mondiale, c'est-à-dire pendant l'âge de la vapeur, le développement économique de la Belgique est souligné par les chiffres suivants :

Année.	Nombre de machines à vapeur.	Puissance en CV.
1830	350	11.300
1850	2.250	54.300
1875	12.240	510.000
1900	17.663	903.340
1913	28.297	3.112.770

Dès 1830, la Belgique est le pays le plus industrialisé d'Europe. Elle le montre en inaugurant, cinq ans plus tard, la première ligne de chemins de fer du continent, Bruxelles-Malines.

Etant, au même titre, pays de transit et pays transformateur, la Belgique attache une importance capitale aux fonctions que doivent remplir les moyens de transport dans son économie générale et en particulier le transport par rail. Son réseau ferroviaire est le plus dense du monde et son industrie du matériel roulant, en raison de la qualité de sa production, est fréquemment sollicitée par les pays étrangers.

Les découvertes de nos techniciens en matière de matériel de chemin de fer furent retentissantes et révolutionnèrent souvent la construction et notamment celle des locomotives.

Parmi les noms de ces techniciens, nous pouvons épingler :

Egide Walschaerts, qui inventa en 1844 la coulisse qui a rendu si aisé le renversement du sens de marche de la locomotive et a permis de faire varier à volonté la durée d'admission de la vapeur aux cylindres pendant la marche même de la machine. La coulisse Walschaerts est encore de nos jours appliquée dans le monde entier et a remplacé avantageusement la coulisse Stephenson.

Delpaire, qui, en 1860, créa un foyer permettant d'utiliser des charbons menus, maigres et demi-gras.

Flamme, qui intervint dans la mise au point de la surchauffe des locomotives, dont la machine « type Flamme » fit sensation à l'exposition de Bruxelles 1910.

C'est la Belgique qui, en 1872, fut la première sur le continent à appliquer le frein à air comprimé pour les trains de voyageurs.

Dans la suite, elle fit l'application des freins continus automatiques aux trains de marchandises et ce fut un des faits les plus marquants de l'histoire de l'exploitation du transport.

Ce problème était, à la fois, d'ordre technique et d'ordre international. Il a été résolu d'une façon exemplaire sur le réseau belge en 1930 et a fourni l'occasion d'appliquer en grand, sur environ 100.000 véhicules, le travail de série organisé à la chaîne.

En effet, le montage dut se réaliser en l'espace de quelques mois et les résultats obtenus, du point de vue de l'organisation du travail, montrèrent aux plus sceptiques la valeur et le rendement du travail en série, appliqué à la construction du matériel roulant.

Depuis lors, tous les projets de la Société Nationale des Chemins de Fer Belges (S.N.C.B.) ont toujours été inspirés par l'obligation de favoriser la standardisation du matériel et la construction en grande série.

NOUVELLES PRESCRIPTIONS ET SPECIFICATIONS TECHNIQUES

La pause que l'industrie belge du matériel roulant s'est imposée durant les années d'occupation, a été consacrée à la revision des Spécifications Techniques de la S.N.C.B. et à la mise au point de nouveaux problèmes de normalisation.

A cet effet, il a été fait appel à la Commission Technique du Matériel Roulant et à la Commission Mixte des Aciers. Cette dernière comprend des délégués de la sidérurgie, de l'industrie des constructions métalliques et des grandes administrations. Les prescriptions établies pour les aciers de construction métallique et mécanique furent reprises dans les nouvelles spécifications techniques de la S.N.C.B.

Parmi les quelque 30 nouvelles spécifications techniques, soulignons celles relatives aux :

— Aciers de forge :

Cette spécification technique est valable pour les blooms, billettes, largets, ronds, carrés, polygones, plats en acier des classes B 37, C 15, C 20, C 40, Mn 315, NiCr 322, NiCrMo 425.

— Barres laminées et profilés :

Valable pour les barres laminées rondes de diamètre supérieur à 4,75 mm, les barres laminées de côté supérieur à 4,75 mm, les fers plats à angles vifs, à champs arrondis de 8 à 150 mm de large et de 3 à 16 mm d'épaisseur, les profilés L T I U Z pour des épaisseurs comprises entre 3 et 16 mm et ce pour les aciers des classes A 00, A 37, A 37 SC, A 52 HS, H 56 HS.

— Tôles d'acier pour matériel roulant :

Valable pour les tôles d'usage général, tôles pour emboutissage, tôles de garniture de voitures, tôles de chaudières, tôles pour châssis de locomotives, et ce, pour les mêmes classes d'acier que la spécification technique ci-dessus.

— Acier en barres pour ressorts :

Valable pour les ressorts en acier silico-manganeux, trempant à l'eau.

Au point de vue « normalisation », mentionnons une application très particulière, qui a été réalisée en Belgique grâce à la collaboration des bureaux d'études de la S.N.C.B. et des constructeurs.

Toutes les pièces entrant dans la construction des voitures, wagons, fourgons, locomotives, ont été examinées au point de vue des tolérances et du fini de surface.

L'une et l'autre ont été arrêtés en fonction de l'utilisation des pièces, de leur usinage et de la facilité avec laquelle elles peuvent être contrôlées.

Il résulte de ce travail important que dorénavant les plans des pièces du matériel roulant n'indiqueront plus ni les tolérances ni le fini de surface qui sont devenus des constantes, comme le sont les cotes nominales d'un simple bouton standardisé.

VOITURES METALLIQUES

La construction des voitures métalliques, à partir de 1930, fut une nouvelle occasion d'apporter sur le réseau de substantielles améliorations et de donner aux constructeurs les moyens de développer encore leurs connaissances et leurs méthodes de travail.

Les voitures métalliques du réseau de la S.N.C.B. sont luxueuses, confortables et bien équipées. Elles présentent sur l'ancien matériel des avantages évidents, dont il serait trop long d'aborder tous les aspects.

Toutefois, qu'il nous soit permis de dire quelques mots de certains de ceux-ci.

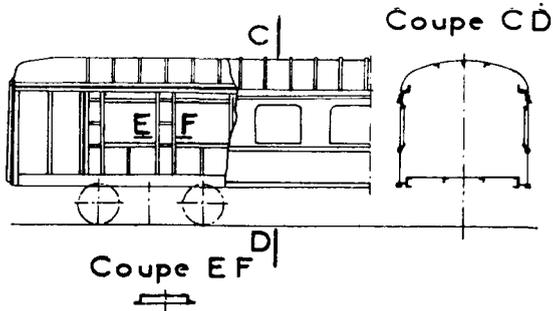


Fig. 1. Schéma de principe du dispositif de sécurité des voitures métalliques.

Parmi les diverses solutions possibles envisagées, deux types de caisse de voiture, essentiellement distincts, ont retenu l'attention. Dans le premier, la travée est constituée par une poutre tubulaire percée d'ouvertures latérales pour la réalisation des baies; dans l'autre, elle est faite de deux longs pas longitudinaux, à nœuds rigides calculés comme une poutre Vierendeel et assurant à eux seuls l'autosustentation de la caisse.

Ce second type fut adopté parce que, tout en assurant une plus grande résistance aux déformations de la caisse, sa conception permet une fabrication à la chaîne et sous chaîne plus aisée.

En outre, l'ossature à section tubulaire, telle qu'elle avait été prévue, est légèrement plus lourde que celle à longs pans longitudinaux.

La figure représente le schéma de la solution retenue.

L'aménagement de la paroi frontale constitue un des problèmes essentiels de la construction de ces ossatures au point de vue sécurité, car c'est cette paroi qui subit le choc de la collision lorsque, comme c'est le cas le plus fréquent, deux rames se heurtent sur une même voie. En effet, les butoirs ne se trouvant jamais sur le même plan horizontal, les châssis des véhicules se chevauchent les uns les autres en balayant les caisses. On en est arrivé à la conclusion que le voyageur souffrirait d'autant moins d'un choc à la paroi frontale que celle-ci, par des déformations et des ruptures de matières, serait susceptible d'absorber la plus grande part de l'énergie cinétique due au choc.

Aussi a-t-on été tout naturellement conduit à donner aux parois frontales une résistance extrêmement élevée, con-

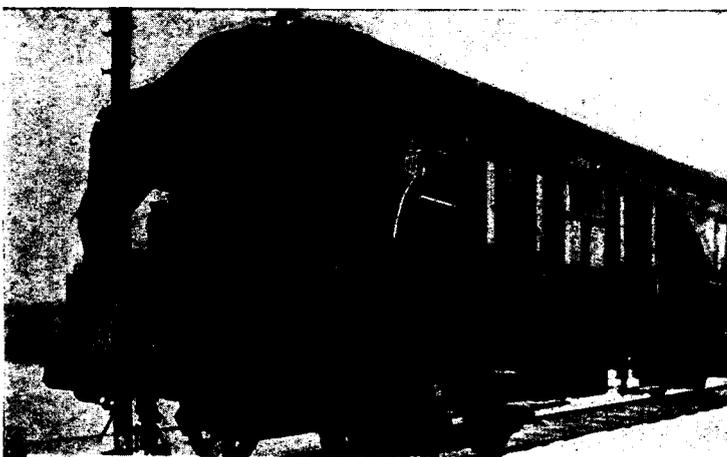


Fig. 3. Troisième voiture d'un train gravement tamponné par un autre roulant à du 86 km à l'heure.

Sous l'impulsion éclairée des dirigeants de la Société Nationale des Chemins de Fer Belges, les constructeurs créèrent en commun, en vue de la construction des voitures métalliques, un Bureau d'Etudes où furent conçus et élaborés les plans du nouveau matériel.

La collaboration entre les constructeurs et l'exploitant s'est avérée des plus heureuse et la coordination des efforts a permis de faire la mise au point d'une voiture qui offre, outre une tenue de route parfaite, une résistance et un confort impeccables, alliés aux meilleures garanties de sécurité pour les voyageurs.

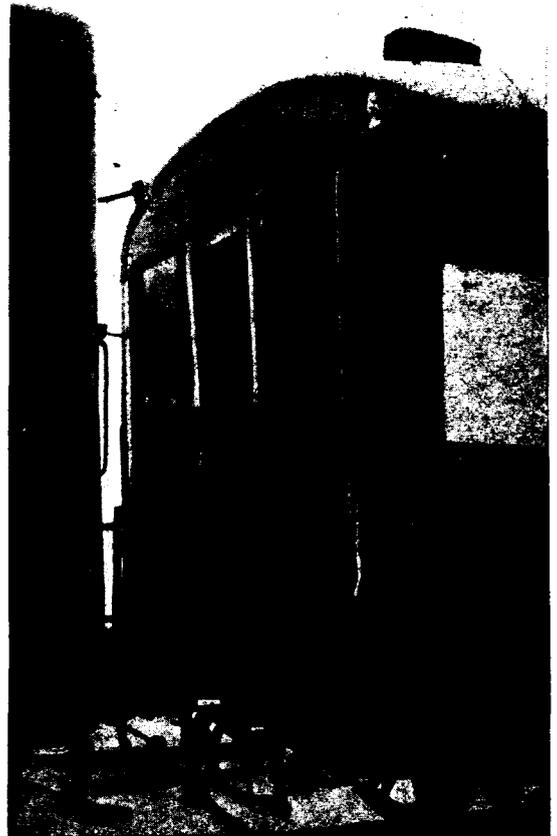


Fig. 2. Première voiture de la rame ayant tamponné le train de la fig. 3.

sidérant qu'il convenait de placer les voyageurs entre deux boucliers de sécurité (fig. 1) présentant à la fois le maximum de résistance et de déformabilité, de telle sorte que, lors de la collision, une énergie cinétique considérable soit absorbée dans les boucliers par des déformations, des ruptures et des travaux résistants.

Cette conception particulière est typiquement belge et nous pouvons nous enorgueillir d'avoir conçu un système réellement efficace de protection qui a donné des preuves de sa valeur dans maintes circonstances. Ces considérations ont conduit à prévoir des bouts de voitures destinés, non à résister, mais, au contraire, à être déformés ou détruits lors des collisions. La figure 3 montre la troisième voiture d'un train gravement tamponné par un



Fig. 4. Construction à la chaîne de wagons.

pour l'exploitation, notamment dans la dépense d'énergie de remorque, dans les frais d'entretien et de renouvellement des voies.

Des études ont été entreprises, et les essais systématiques de laboratoire qui mettent en évidence les caractéristiques mécaniques des métaux, furent mis à profit pour que les éléments constitutifs de la voiture soient allégés en fonction de la nature des sollicitations auxquelles ils sont effectivement soumis.

La doctrine est basée sur le principe scientifique suivant :

Toute construction doit avoir une résistance homogène, c'est-à-dire que tous les éléments qui composent cette construction doivent révéler des coefficients de sécurité égaux. Ce principe a conduit à la recherche des sollicitations réelles, dues aux surcharges verticales, aux efforts de freinage, aux efforts de traction et de choc et aux efforts transversaux. Les calculs bien conduits ont mené à des résultats pratiquement exacts, en concordance avec les essais de laboratoire.

L'étude approfondie des caractéristiques des matériaux a permis de fixer ceux s'avérant les plus adéquats à résister aux sollicitations et de donner aux pièces les profils rationnels d'un poids minimum.

Cette saine conception de l'allègement, due à l'intime collaboration des ingénieurs de la Société Nationale et des constructeurs, eut des résultats tout à fait remarquables.

C'est ainsi que, dans le cas des automotrices doubles de la ligne Bruxelles-Anvers, le poids a été réduit de près de 50 % en 10 ans.

Le tableau suivant est plus éloquent à ce sujet que n'importe quelle documentation.

<i>Poids de l'automotrice double électrique.</i>	
<i>Année.</i>	<i>Poids en tonnes.</i>
1935	130
1939	120
1940	102
1946	70

Il convient de souligner que ces automotrices ont conservé, dans leur évolution, une même capacité de transport et assurent exactement le même trafic, avec une même sécurité pour le voyageur.

Il est actuellement question de construire pour le programme 1947 des voitures qui pourraient ne peser que 50 à 57 tonnes, mais où la sécurité pour le voyageur serait quelque peu réduite.

autre roulant à du 86 km à l'heure. La rame tamponneuse qui provoqua l'accident resta pratiquement intacte, sauf un léger défoncement des parois d'about de la première voiture, comme le montre la figure 2.

Il est, en outre, à remarquer que le train tamponneur est resté sur les rails, sans autres mécomptes.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le souci de la sécurité du voyageur n'a pas empêché de poursuivre l'allègement de la voiture, qui a pu être obtenu, grâce à l'intervention de plusieurs moyens.

ALLEGEMENT

Outre le bénéfice immédiat que l'allègement est susceptible de procurer sur le prix de la construction, il est aussi une source d'économies diverses



Fig. 5. Soudure des tenders sur gabarit tournant.



Fig. 6. Montage à la chaîne des wagons fermés.

Parmi les moyens envisagés pour obtenir cet allègement, citons : l'étude de pièces de formes mieux appropriées, l'intervention des métaux légers ou plus résistants et les assemblages par soudure.

SOUDURE

L'utilisation rationnelle du métal ainsi que les procédés d'assemblage par soudure ne peuvent donner des résultats favorables que si les soudures offrent par elles-mêmes une sécurité complète.

Pour ce faire, il faut choisir un métal de base de qualité, des électrodes appropriées, de la main-d'œuvre bien éduquée et sélectionnée, une surveillance active et un contrôle efficace, et notamment celui de la radiographie des cordons.

Depuis une dizaine d'années, les constructeurs, les métallurgistes, les fabricants d'électrodes et des professeurs d'Université se sont attachés à résoudre ce problème et l'on peut affirmer que présentement, en Belgique, les soudures sont de haute qualité.

Notre expérience dans le domaine de la soudure ne se limite pas aux constructions en acier ordinaire, elle s'étend aux aciers spéciaux et aux alliages légers pour lesquels nous possédons les ateliers compétents et spécialisés.

La soudure ayant réalisé cette dernière décade un formidable bond en avant, la Société Nationale et les constructeurs ont estimé qu'il fallait entériner les résultats obtenus et en 1946 ils publièrent, de commun accord, les nouveaux cahiers des charges et spécifications techniques suivantes :

CAHIER DES CHARGES

Construction du matériel roulant soudé. — Ce document régleme l'agrégation du métal de base, du procédé de soudure, de l'entrepreneur soumissionnaire du matériel de soudure et de son installation, du métal d'apport, des soudeurs et des méthodes d'exécution des soudures.

Il traite également la réception des soudures et les tolérances de dimensions autorisées pour les cordons.

Spécifications techniques sur la soudure à l'arc ou au chalumeau. — Ces spécifications codifient les conditions techniques que doivent remplir les installations de soudure. Elles stipulent quels sont les essais destinés à contrôler :

La convenance du métal d'apport et de l'acier laminé ou moulé choisi pour la construction ;

La qualité intrinsèque du métal d'apport proprement dit ;

La qualification du soudeur travaillant sur des pièces de 1 à 4 mm d'épaisseur ;

La qualification du soudeur travaillant sur des pièces de plus de 4 mm d'épaisseur.

Spécification technique sur la soudure par résistance. — Cette spécification traite de la soudure au point, au galet, bout à bout par rapprochement et par étincelage.

Elle stipule quelles sont les con-



Fig. 7. Vue d'un grand hall de montage à la chaîne des toitures de wagons fermés.



Fig. 8. Montage en série des châssis.
L'opération se fait sur châssis retournés.

Ainsi, le contrôle radiographique des soudures met le soudeur dans l'obligation continue de veiller à la bonne réalisation de son travail, qui est, à tout moment, susceptible d'être contrôlé:

PROTECTION CONTRE LA CORROSION

Des expériences multiples ont été effectuées dans nos laboratoires et dans diverses stations d'essais du pays. Depuis des années nos spécialistes ont étudié le problème et sont actuellement à même de poser les critères d'une protection efficace des constructions métalliques.

Il est établi que la résistance des peintures dépend davantage de la préparation des surfaces à protéger et des soins pris lors de l'application du produit de protection, que de la qualité ultime du revêtement.

Pour cette raison, les constructeurs ont élaboré des codes modernes de bonne pratique pour le décapage oxy-acétylénique, le décapage chimique et le décapage au jet.

De son côté, la Société Nationale des Chemins de Fer Belges, en collaboration avec les constructeurs, a mis sur pied un cahier des charges pratique et simple, afin de contrôler et garantir la bonne exécution des revêtements et de leurs qualités.

CONSTRUCTION EN CHAÎNE

La production moderne, basée sur la recherche du travail le plus économique et compatible avec une bonne exécution, ne peut s'obtenir qu'en organisant, avec le plus grand soin, les diverses opérations élémentaires de la construction.

Le meilleur résultat s'obtient à l'occasion de l'exécution répétée d'un même travail, judicieusement décomposé en ses opérations simples.

Le succès est certain lorsqu'il s'agit de fabriquer en masse par le dispositif dit « à la chaîne ». Cette méthode implique la détermination de la cadence de production.

Antérieurement, cette « cadence » était fixée d'une façon purement suggestive et le rendement de la chaîne



Fig. 9. Mise des châssis sur trains de roues.

n'était pas connu. Actuellement une étude technique sur l'application du travail à la chaîne dans la construction du matériel roulant a permis de fixer quelle est la cadence optimum qui doit être choisie pour la fabrication de wagons et de voitures. Chaque usine peut, d'après ses moyens et son importance, régler sa cadence ou durée de phase pour obtenir un rendement maximum.

Le résultat ne peut toutefois être obtenu que par la spécialisation de la main-d'œuvre, dans l'accomplissement d'une tâche bien déterminée et grâce à l'utilisation d'outillages spéciaux, particulièrement appropriés.

L'examen minutieux de ces deux facteurs a permis de réduire d'une façon très appréciable les temps de chaque opération, et les critères de base retenus pour cette réalisation furent :

— Travail exécuté dans la position la plus facile pour l'ouvrier, en donnant le maximum de garantie pour l'exécution ;

— Succession des différentes opérations établie de façon à réduire au minimum le déplacement des ouvriers ;

— Groupage des opérations de même genre et de nature analogue.

— Stricte classification des travaux selon la qualification des exécutants ;

— Groupement des opérations en vue de permettre, partout où cela est possible, l'emploi d'outillages spéciaux bien appropriés.

La fabrication d'outillages spéciaux est généralement onéreuse et il faut en prévoir l'amortissement. Cet amortissement grève chaque véhicule sortant de la chaîne d'une sorte d'impôt, qui est inversement proportionnel au nombre de véhicules de la commande. D'autre part, si la commande est très importante, l'utilisation d'outillages nombreux et particulièrement bien appropriés, provoque une réduction de la main-d'œuvre et une diminution du prix de chaque véhicule.

En conséquence, il est souhaitable autant que possible, que les acheteurs de matériel roulant ne scindent pas leurs commandes entre divers fournisseurs.

Il est recommandable, au contraire, qu'ils établissent un plan de renouvellement du matériel adapté à la construction en chaîne, car ils obtiendront un plus « juste prix » en passant des commandes massives et si possible pendant les périodes de crise, plutôt que des commandes répétées de moindre importance.

LES NOUVEAUX WAGONS ET FOURGONS

En 1942, la S.N.C.B. s'est préoccupée de préparer les plans des wagons qui seraient à construire une fois les hostilités terminées. C'était une occasion pour elle, étant donné le bouleversement que la guerre devait entraîner dans son parc de matériel, de revoir tout le problème de la conception et de l'utilisation de son matériel à marchandises, qui avait peu évolué dans les 15 ou 20 années antérieures. Les constructeurs ont été associés à l'étude de ce problème et aux discussions qui ont eu lieu à ce sujet entre les différents services de la Société Nationale des Chemins de fer Belges (S.N.C.B.).

Cette méthode de travail était entièrement neuve ; nous croyons pouvoir dire qu'elle a été fructueuse tant pour les constructeurs que pour les utilisateurs et la S.N.C.B. est décidée à continuer dans cette voie.

Les études préliminaires en commun ont porté sur la détermination des éléments du problème, et le service d'exploitation, le service commercial, le service des wagons et le service d'études ont été appelés à donner leur avis dûment motivé sur ces questions.

Il s'agissait d'étudier un wagon tombereau à 2 essieux, un wagon fermé à 2 essieux, un wagon plat à 2 essieux et un fourgon à marchandises. Les chargements et capacités de chaque type de wagons ont été déterminés après examen approfondi de statistiques de chargement et d'utilisation des wagons qui sont utilisés sur le réseau et il a été tenu compte des perspectives d'exploitation du matériel à marchandises durant les prochaines années.

Ces considérations ont conduit à choisir :

Un wagon tombereau de 25 t de charge, 35 m³ de capacité et 8 m de long ;

Un wagon fermé de 20 t de charge, 57 m³ de capacité et 8 m 310 de long ;

Un wagon plat de 25 t de charge et 12 m 50 de long.

Le service d'exploitation a été appelé à donner ses suggestions motivées sur les dimensions et les dispositions des portes, les rayons minima de courbure des voies, les obligations résultant des règlements internationaux ainsi que les vitesses maxima que devait supporter le matériel. On s'est arrêté, en fin de compte, à une vitesse maximum de 80 km/heure pour le wagon tombereau et le wagon plat, et de 100 km/heure pour le wagon fermé et le fourgon, ces deux derniers véhicules pouvant être appelés à entrer dans la composition de trains de voyageurs.



Fig. 10. Bogie d'une voiture à voyageurs.

Les éléments du problème étant ainsi déterminés, l'étude des principes de réalisation a été abordée. Les constructeurs ont été chargés de faire des propositions au sujet des sollicitations dont il fallait tenir compte en vue du calcul des différents éléments des véhicules. Il fut décidé de tenir compte des sollicitations suivantes, basées sur la théorie et sur l'expérience :

- 1° Les charges verticales ;
- 2° Les oscillations verticales ;
- 3° Le choc droit ;
- 4° Le choc en diagonale ;
- 5° La traction ;
- 6° Le freinage ;
- 7° Les sollicitations transversales ;
- 8° La poussée statique de la charge ;
- 9° L'inertie de la masse chargée ;
- 10° L'inertie de la toiture pour le calcul du wagon fermé.

Après discussion, les propositions des constructeurs ont été admises, après que la S.N.C.B. eut augmenté de façon très sensible les sollicitations à compter pour le choc en diagonale ; les constructeurs se sont inclinés quoiqu'ils restent convaincus que le choc en diagonale dont il a été tenu compte est exagéré.

Deux conceptions différentes se sont affrontées en ce qui concerne l'amortissement du matériel. La S.N.C.B. a coutume de se baser pour l'amortissement de ses wagons sur une période de 40 ans ; après 25 ans environ les wagons subissent une grande réparation qui demande un démontage de tous les organes de roulement, de suspension, choc, traction et de la caisse.

Depuis quelques années, à l'occasion de cette grande réparation, les châssis des wagons tombeaux, chaque fois qu'il y a moyen, sont retournés ; les ailes des longerons qui sont très sérieusement entamées par l'oxydation, sont très souvent découpées et remplacées par un plat soudé. Les constructeurs ont proposé de tabler sur un amortissement en 50 ans pour les organes principaux, tels que trains de roues, boîtes à huile, butoirs, etc..., et sur un amortissement en 25 ans pour les châssis et caisses.

Cette conception supprime la grande réparation, qui est onéreuse, et permet après 25 ans de réutiliser sur du matériel neuf les organes essentiels qui sont coûteux, et en même temps de revoir tous les 25 ans la conception et les caractéristiques du matériel pour mieux les adapter aux conditions d'exploitation du moment. La S.N.C.B. a rejeté cette conception des constructeurs parce que, dit-elle, après 25 ans on examine quel est le meilleur parti à tirer du wagon.

La détermination des coefficients de sécurité à admettre dans les calculs a été résolue d'une façon très élégante par la S.N.C.B. ; il a été imposé aux constructeurs, pour chaque type de matériel, d'étudier avec les sollicitations dont il a été question ci-dessus, les coefficients de sécurité de différents wagons du même type, tant belges qu'étrangers, et d'examiner pour chaque pièce les inconvénients qui ont été rencontrés par les utilisateurs. On est arrivé de cette façon à dimensionner chaque élément de façon telle que son allègement soit maximum et sa sécurité suffisante.

Pour chaque véhicule, une note de calculs a été rédigée, présentant pour chaque pièce un tableau de comparaison des coefficients de sécurité que présentent différents wagons du même type, ainsi qu'une discussion amenant la détermination du coefficient de sécurité à compter pour le nouveau matériel.

Par souci d'allègement également, des études ont été demandées à la Commission Mixte des Aciers, quant à la qualité d'acier qu'il y a lieu d'utiliser pour le matériel.

Une voiture à voyageurs, suivant la conception moderne, doit protéger les passagers en cas de collision ; il faut donc prévoir un matériau pour la construction de ce véhicule qui, en cas de télescopage, absorbe le plus grand travail possible. Tel n'est pas le cas pour les wagons ; la marchandise transportée n'étant pas de grande valeur, on considère que le wagon et sa charge peuvent être perdus en cas de collision grave et qu'il y a lieu d'éviter que le wagon ne prenne des déformations permanentes dans tous les cas qui ne peuvent pas être qualifiés de télescopage.

Dans ces conditions, c'est la limite élastique dont il y a lieu de tenir compte et la Commission Mixte des Aciers a étudié à cet effet un acier à haute limite élastique. Cependant, étant donné le peu d'expérience qu'on possède jusqu'à présent au sujet de l'utilisation et de la bonne tenue de ces aciers, il a été décidé de faire les études en deux hypothèses :

- 1° En acier 37 kg/mm² de résistance ;
- 2° En acier 52 kg/mm² de résistance à la rupture.

Ce dernier acier présente l'avantage important pour le matériel roulant d'avoir une résistance améliorée à la corrosion.

Le mode d'assemblage a fait l'objet d'examen approfondis. On constate une tendance généralisée chez les compagnies de chemins de fer à utiliser la soudure pour la construction de matériel roulant.

Il a été décidé de prime abord que le mode de construction de wagons soudés ou rivés n'est pas une question de principe : la soudure ne doit être considérée que comme un moyen d'assemblage parmi d'autres et elle doit être employée chaque fois qu'elle s'impose ; à cet égard, la question a été étudiée au point de vue allègement et au point de vue entretien et réparation.

Les chemins de fer belges ont en service, depuis 1931, 50 wagons tombereaux entièrement soudés. L'expérience a montré que ces wagons soudés se sont comportés sensiblement mieux en service que les wagons rivés du même type ; leur entretien a été moins onéreux, le nombre d'avaries moindre et le prix d'une réparation approximativement égal au prix de la même réparation exécutée sur un wagon rivé.

Dans chacune des deux hypothèses, il s'est avéré que le wagon soudé permet une économie de poids de quelque 15 % dans les parties suspendues du véhicule. Les mêmes calculs ont montré que le wagon soudé n'est pas plus coûteux que le wagon rivé, l'augmentation du coût de la main-d'œuvre étant compensée par la réduction du prix des matières.

Enfin, l'expérience qu'ont les constructeurs de matériel roulant dans la construction des wagons soudés les a engagés à proposer à la S.N.C.B. de construire des wagons en éléments soudés, ces éléments étant le châssis, les longs pans, les pignons et toitures, etc., et d'assembler ces différents éléments entre eux par rivure, étant donné la difficulté d'exécuter de bonnes soudures sur des wagons entièrement assemblés tant à cause de la position des soudeurs que de la rigidité de l'ensemble qui pourrait entraîner la création de tensions internes.

C'est en définitive ce mode de construction qui a été admis pour tous les wagons.

Enfin, un dernier problème difficile s'est posé, à savoir l'aménagement des wagons à 2 essieux en vue des vitesses de 80 et 100 km/heure. Cette question n'ayant jamais été étudiée dans le pays, les constructeurs ont recherché ce qui a été fait à l'étranger à ce sujet et ont essayé d'établir une formule mathématique conduisant à certaines conclusions. La S.N.C.B. a fait de son côté des essais de vitesse en attelant des wagons à une locomotive rapide.

Les conclusions de ces études et de ces essais peuvent se résumer dans les trois décisions suivantes : pour augmenter la bonne tenue sur rails des véhicules à 2 essieux à grande vitesse, il faut :

1° Augmenter l'empattement du véhicule ;

2° Augmenter la flexibilité des ressorts de suspension ;

3° Remplacer les menottes de suspension par des maillons ; ces maillons forment en outre un amortisseur de chocs transversaux dus aux réactions des rails sur les bourrelets des roues, de sorte qu'ils entraînent une meilleure conservation du matériel.

L'augmentation de l'empattement du véhicule, c'est-à-dire le fait que les véhicules à 2 essieux aient un empattement plus grand que l'empattement idéal sous charges statiques seules, pose un nouveau problème constructif.

Les constructeurs ont proposé, en vue d'alléger le matériel, d'armer les longerons des wagons de la façon suivante :

Les dimensions des longerons seraient déterminées par toutes les sollicitations énumérées au début de la présente note et en supposant l'empattement idéal sous charges verticales, l'armature ayant uniquement pour but de reprendre le supplément de charges verticales qu'entraîne l'augmentation de l'empattement du véhicule.

La S.N.C.B., de son côté, partant de l'idée qu'un wagon à 2 essieux périclète le plus souvent sous des sollicitations de chocs répétés, a estimé préférable de supprimer les armatures des longerons, quitte à mettre davantage de matières dans le longeron lui-même, ce qui a pour résultat de donner en tout état de cause, une plus grande résistance du wagon au choc. Cette conception sacrifie l'allègement du véhicule.

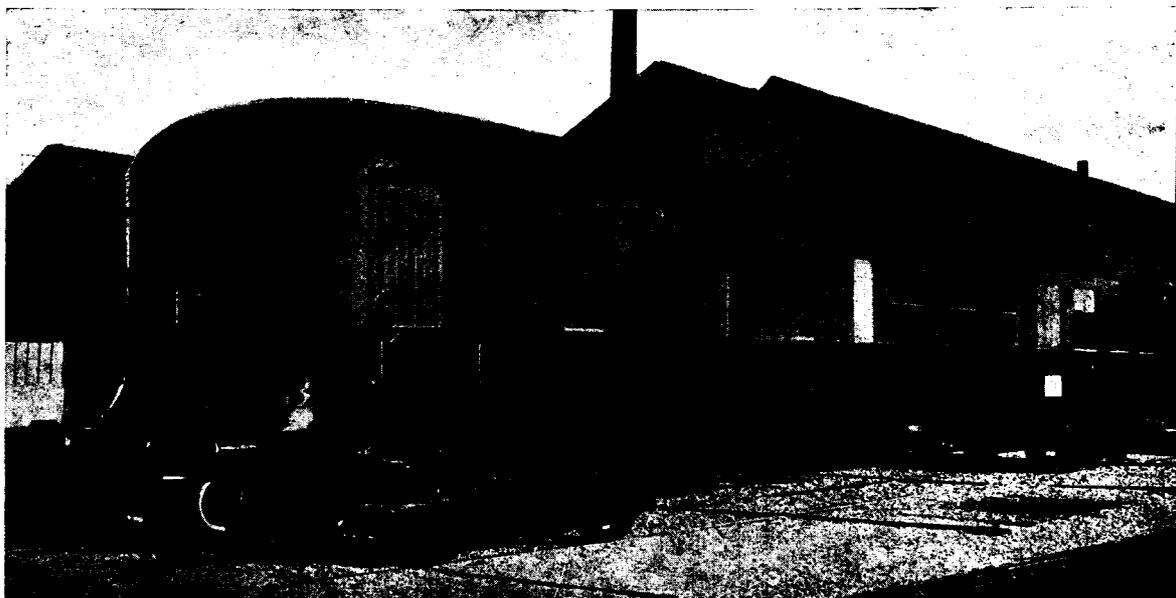


Fig. 11. Voiture fourgon métallique 3^e classe, de 22 m, pour le service international.

Admissible pour le wagon tombereau de 8 mètres de longueur et de 5 mètres d'empattement et pour le wagon plat de 12 m 50 de long et 7 m 50 d'empattement, cette solution ne pouvait être retenue pour le wagon fermé ; il fallut en trouver une autre. Il a été entendu dès le début des pourparlers qu'on envisagerait, pour le wagon tombereau et le wagon fermé, la possibilité de traiter les parois latérales comme auto-sustentatrices. Cette conception, appliquée au wagon tombereau, donna un allègement insignifiant tout en compliquant singulièrement la construction ; elle fut abandonnée.

Par contre, elle s'imposa pour le wagon fermé où un empattement de 6 mètres était nécessaire pour réaliser une vitesse de 100 km/heure. D'ailleurs, le long pan du wagon fermé se prêtait particulièrement bien à former une poutre porteuse, parce qu'elle comprend une seule baie de porte dans sa partie milieu. En outre, elle présentait le grand avantage de former poutre résistante aux sollicitations horizontales dues à l'inertie de la masse chargée et de la toiture.

Tous les anciens wagons fermés présentent le grand défaut de bris répétés des montants d'angle des caisses. La poutre de long pan, qui dans le wagon fermé tôlé est une poutre à âme pleine et dans le wagon fermé bois, une poutre triangulée, reprend les sollicitations horizontales supportées entièrement autrefois par les seuls montants d'angle. Mais cette poutre porteuse suppose l'existence d'une bride inférieure, c'est-à-dire que les consoles soient supprimées et que le longeron du véhicule soit reporté au droit du long pan.

Différents dessins du châssis furent projetés à 2 - 4 et 6 longerons et on s'arrêta en fin de compte au châssis à 6 longerons, qui n'est pas plus lourd que le châssis à 4 longerons ordinaires et présente l'avantage d'avoir un longeron milieu entre les butoirs, qui reprend la plus grande part des sollicitations de choc.

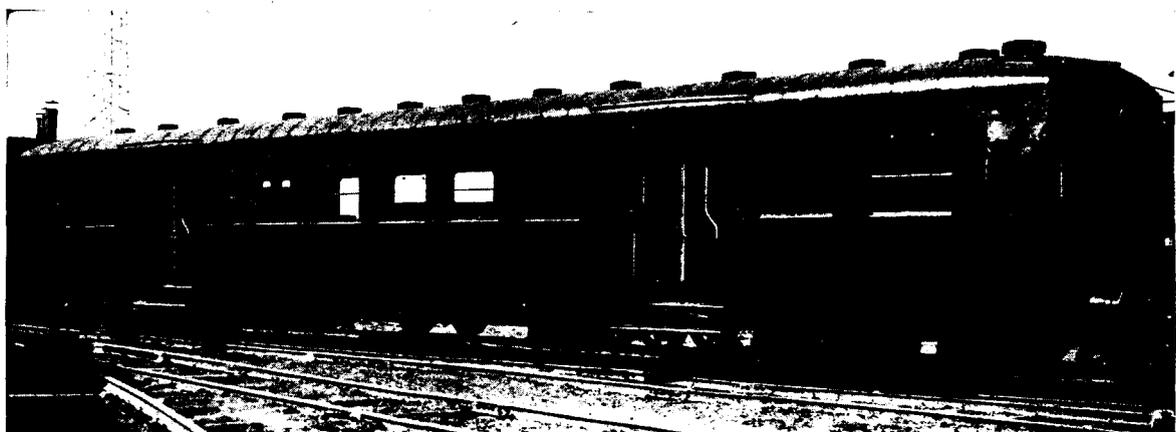
Nous avons signalé la fragilité des montants d'angle des anciens wagons fermés. Les wagons tombereaux présentent de leur côté généralement le grand défaut d'avoir une mauvaise liaison entre le châssis et la caisse, ce qui en cas de choc cause un déplacement de la caisse par rapport au châssis.

Cette mauvaise liaison est due le plus souvent à la conception défectueuse des consoles fixées au longeron par une seule rangée de rivets, de sorte que les montants d'angle seuls s'opposent au déplacement de la caisse par rapport au châssis. Les consoles des nouveaux wagons tombereaux sont en forme de double T et sont soudées au longeron ; elles ont été dessinées en profils d'égale résistance et, en outre, des goussets horizontaux largement dimensionnés relient les traverses de tête et donc les montants d'angle au longeron, de sorte que de part et d'autre du wagon, une véritable poutre horizontale s'oppose au déplacement de la caisse par rapport au châssis et tous les montants intermédiaires interviennent dans cette résistance.

Dans un but d'allègement également, le service d'exploitation a été appelé à se prononcer sur la nécessité qu'il y a de conserver sur les wagons équipés d'un frein à main, une guérite et une plateforme pour freineur. Il s'est avéré que depuis la généralisation de l'équipement du frein pneumatique sur le réseau belge, le frein à main n'était plus employé que d'une façon tout à fait accidentelle, lorsque, par exemple, le frein d'une locomotive s'avarie en rase campagne et qu'il n'est pas possible de faire appel à une locomotive de secours. Pour cette raison, s'inspirant de la solution américaine, les wagons avec frein à main n'ont plus de guérite ni de passerelle et sont équipés d'un simple passet qui peut être logé sur le pignon du wagon.

Le frein pneumatique a aussi été entièrement réexaminé ; les wagons construits par la S.N.C.B. avant la guerre étaient équipés de deux cylindres, un cylindre de tare et un cylindre de charge. Il a été décidé d'abandonner ce système et d'adopter le frein pneumatique à un cylindre avec amplificateur et régleur automatique de timonerie. Le nouveau système est sensiblement plus léger que l'ancien, coûte sensiblement le même prix et procure, en outre, l'avantage d'avoir un réglage automatique des sabots de frein quelle que soit l'usure de ces dernières pièces. On a prévu, en variante, le remplacement du cylindre lourd en fonte par un cylindre léger en tôle emboutie et soudée. Une deuxième variante de frein a été étudiée, consistant dans l'application sur le wagon du bloc-frein système Westinghouse. Suivant cette hypothèse, le cylindre, le réservoir et la triple valve forment un seul bloc léger, d'un montage facile et avec un minimum de tuyauteries.

Fig. 12. Voiture métallique pour trains omnibus de 22 m.



Afin de déterminer le type de boîtes d'essieux à adopter, il a été fait usage des statistiques de la S.N.C.B. donnant le nombre d'échauffements des boîtes de différents types, les dépenses occasionnées par une boîte chauffante de chaque type en usage sur le réseau, ainsi que les résultats des essais de résistance aux mouvements de wagons équipés de ces boîtes. Les boîtes perfectionnées présentent sur les boîtes ordinaires l'avantage d'une moindre résistance au roulement; par contre, elles ont donné des résultats défectueux en ce qui concerne les pourcentages de boîtes chauffantes et les dépenses occasionnées par l'échauffement d'une boîte perfectionnée sont onéreuses. C'est pourquoi, la S.N.C.B., tenant compte également du prix des différents types de boîtes d'essieux, s'est arrêtée à la boîte avec graissage au packing.

Les considérations exposées ci-dessus montrent qu'indubitablement les nouveaux wagons constitueront un progrès important sur le matériel actuellement en usage.

Les constructeurs auraient souhaité pousser davantage l'allègement des véhicules; cela aurait été possible notamment en construisant des châssis et caisses à amortir en 25 ans au lieu de 40, en donnant parmi les sollicitations moins d'importance au choc en diagonale, en armant les longerons du véhicule à grand empattement et en adoptant derechef, comme beaucoup d'autres réseaux l'ont fait, les cylindres de freins légers en tôle soudée en lieu et place de cylindres lourds en fonte.

Cependant, les contacts entre les chemins de fer et les constructeurs ont amené, dans bien des domaines, des solutions nouvelles et heureuses; elles ont eu notamment pour résultat de faire connaître aux constructeurs toutes les raisons pour lesquelles chaque solution a été adoptée, alors qu'autrefois les constructeurs avaient trop souvent l'impression, et à tort d'ailleurs, que ces solutions étaient le résultat d'habitudes non justifiées. Aussi, les constructeurs savent gré à la S.N.C.B. d'avoir fait appel à eux; ils souhaitent très vivement qu'elle persiste dans la voie dans laquelle elle s'est engagée et qu'ils soient appelés à donner leur avis quant à la solution de tous les problèmes qui intéressent leurs fabrications.

LOCOMOTIVES A VAPEUR

Les constructeurs de locomotives ont également entrepris, toujours sur les mêmes bases que celles envisagées pour les voitures et les wagons, l'étude de plusieurs types nouveaux. Ils ont ainsi réalisé une série de machines qui ramène à dix les différents modèles de locomotives sur le réseau, lesquels devraient être substitués aux multiples modèles en service. On réalise ainsi un travail de standardisation important.

Outre les locomotives à vapeur, on mit au point un tender de 24.000 litres et la première locomotive électrique, type B.B.

Un certain nombre de nouveautés furent incorporées lors de la construction et notamment un très large emploi d'aciers spéciaux, en particulier pour la chaudière, les pistons, tige, crosse, bielle, coudé, longerons, frein et suspension.

L'allègement du mécanisme moteur des locomotives fut poussé à l'extrême grâce au calcul particulièrement soigné, au dessin original sur de nombreux points et à l'emploi des aciers spéciaux précités. Le poids des masses alternatives, rapporté à la tonne d'efforts transmis par le piston, est tombé plus bas que pour n'importe quelle machine européenne ou américaine, réduisant ainsi la fatigue des portées de la bielle et des boîtes d'essieux et simplifiant la question de l'équilibrage.

Une grande attention a été accordée à la commodité de l'entretien et de la réparation, par un dessin attentif de tous les organes en vue de leur usinage, montage et démontage.

Enfin, la standardisation des organes a été poussée très loin, non seulement dans les détails mais même dans des pièces ou ensembles de pièces très importants, tels que les essieux, les boîtes à l'huile et même la chaudière complète.

Le graissage sous pression est largement appliqué.

La consommation des nouvelles locomotives étudiées est très basse grâce au timbre élevé qui atteint 18 kg/cm², et à la surchauffe, qui, en pleine puissance, est prévue pour 415° C, au réchauffage de l'eau d'alimentation, au dessin judicieux de la chaudière, du circuit de vapeur très large, des tiroirs à grande ouverture et de l'échappement.

Rappelons que la locomotive type 12, de la S.N.C.B., a une consommation de 0,750 kg de charbon par cheval-heure indiqué, ce qui représente déjà une très faible consommation à la puissance.

Enfin, beaucoup d'importance a été attachée à l'esthétique des machines, au confort du personnel et à la tenue de voie. Ce dernier point a été fort heureusement réalisé, grâce à l'emploi de dispositifs de rappel adéquats pour les boggies et bissels, ainsi que pour les essieux arrière des « Consolidations lourdes ».

TENDERS

Dans le même ordre d'idées, un nouveau tender a été étudié et conçu en ordre principal pour permettre son accouplement aux différents types de locomotives. Ici encore, on a invité les Services d'Exploitation et d'Entretien à formuler, au cours des études, des critiques constructives grâce auxquelles on est parvenu, par un compromis heureux, à satisfaire les utilisateurs et les constructeurs.

Les caisses et châssis des nouveaux tenders forment un monobloc entièrement soudé, la poutre inférieure du type Vierendeel constituant l'ossature principale de l'ensemble.

Les caisses sont de construction auto-sustentatrice et les dispositions des traverses et cloisons donnent au calcul les meilleurs résultats de raideur de l'ensemble, tant dans le sens transversal que dans le sens longitudinal.

ELECTRIFICATION

L'électrification des grandes lignes de chemins de fer du pays est décidée, en principe, depuis de nombreuses années. Par suite de l'existence d'un parc important de locomotives à vapeur, il n'a pas été possible de passer aussi rapidement qu'on l'aurait voulu à l'électrification d'une bonne partie du réseau. La guerre, avec ses destructions profondes, a modifié la situation, et il est actuellement possible d'envisager l'exécution du projet.

D'après les prévisions, 1.450 km de voies seront électrifiées dans la prochaine décennie. Ce sera pour les constructeurs belges l'occasion de trouver à leurs portes un nouveau champ d'activité et d'expérience à même de les porter au niveau de leurs concurrents étrangers. Le rôle qu'ils joueront dans la réalisation de cette grande œuvre sera primordial du fait que la S.N.C.B. leur a confié la conception, l'étude et la construction du nouveau matériel électrique.

CONCLUSIONS

Les considérations exposées ci-dessus, montrent qu'indubitablement le nouveau matériel constitue un progrès important sur le matériel actuellement en usage.

Les constructeurs auraient souhaité pousser davantage l'allègement des véhicules ; cela aurait été possible, notamment, en construisant pour les wagons des châssis et des caisses dont la durée de vie serait de 25 ans au lieu de 40, en utilisant des cylindres de frein légers en tôle soudée, en lieu et place de cylindres lourds en fonte.

Cependant, les contacts entre la S.N.C.B. et les constructeurs ont amené, dans bien des domaines, des solutions nouvelles et heureuses ; elles ont eu notamment pour résultat de faire connaître aux constructeurs toutes les raisons pour lesquelles chaque solution a été adoptée.

Dans le domaine de l'électrification, comme dans celui de la construction des locomotives à vapeur et du matériel tracté, la S.N.C.B. a admirablement compris l'intérêt d'une étroite collaboration entre ses divers services et les constructeurs. A cet effet, elle a créé un Comité permanent de Liaison (S.N.C.B. — Constructeurs) qui, en tant que commission d'études, examine en toute sérénité les possibilités des constructeurs et les exigences de l'exploitant.

La voie dans laquelle est engagée la construction belge de matériel de chemins de fer est prometteuse. Elle illustre d'une façon vivante l'application de la vieille devise nationale belge :

« L'UNION FAIT LA FORCE ».

J. L.



Fig. 13. Hall de montage des voitures métalliques.

