

ACEC *Revue*

1956

Numéro 4



ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE CHARLEROI

La plus récente du réseau belge ...



**...LA LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE
A RÉCUPÉRATION
"TYPE 123" DE LA S.N.C.B.**

C. D. U. : 621.335.2 : 621.337.522(493)

Pour la traction des trains sur la ligne Bruxelles-Luxembourg, récemment électrifiée, la S.N.C.B. a passé commande aux constructeurs électriciens "ACEC-SEM" et aux constructeurs mécaniciens "La Brugeoise et Nivelles" de 83 locomotives Bo-Bo type 123.

Du point de vue de la traction, ces locomotives sont identiques aux 50 locomotives type 122, livrées dans le courant de l'année 1954. (Voir la description des locomotives type 122 dans la Revue des ACEC n° 2 de l'année 1955). Ces locomotives peuvent assurer indifféremment, la traction des trains lourds de marchandises et la traction des trains rapides de voyageurs.

L'équipement de ces locomotives a été complété pour leur permettre de freiner par récupération. Ce freinage électrique est utilisé pour retenir économiquement les trains sur les longues et fortes descentes qui caractérisent le profil de la ligne du Luxembourg. Les pentes de 16‰ à 17‰ de Ciney, de Jemelle, de Libramont sont les plus fortes du réseau de la S.N.C.B. et s'étendent sur des longueurs de 20 à 30 km.

— Caractéristiques de la locomotive type 123.

1) La partie mécanique des locomotives type 123 a été construite par « La Brugeoise et Nivelles ». Ce sont des locomotives Bo-Bo, c'est-à-dire que la caisse repose sur deux bogies à deux essieux moteurs. Leurs caractéristiques principales,

- longueur hors tampons : 18 m.
- distance d'axe en axe des bogies : 8,6 m.
- empattement rigide du bogie : 3,45 m.
- diamètre des roues neuves : 1,262 m.
- diamètre des roues usées : 1,170 m.

sont identiques à celles des locomotives type 122.

Extérieurement, les locomotives du type 122 et du type 123 se distinguent à peine (fig. 1). Le poids total de la locomotive type 123 a cependant été augmenté jusqu'à 92 tonnes, afin de dispo-



Fig. 1. - La locomotive type 123 de la S.N.C.B. se distingue extérieurement de la locomotive type 122, par le double V sur l'avant et par la présence d'ouies de ventilation sur les longs pans.

ser d'un plus grand poids adhérent, facilitant le démarrage des trains sur les fortes rampes de la ligne du Luxembourg. Cette augmentation du poids, due pour une très petite part au supplément

— La fonction traction.

L'expérience en service a prouvé que les locomotives type 122 répondent parfaitement à toutes les exigences de la S.N.C.B. C'est pourquoi, l'équipement de traction des locomotives type 122 a été appliqué sans aucune retouche aux locomotives type 123.

Ces locomotives peuvent remorquer des trains de marchandises d'un tonnage variant d'après le profil de la ligne de 1 600 à 600 tonnes, à des vitesses commerciales de 40 à 70 Km/h. et des trains de voyageurs de 650 à 430 tonnes à des vitesses commerciales de 100 à 110 Km/h. Remorquant une charge de 350 tonnes, elles gravissent allè-

d'appareillage requis pour le freinage par récupération, a été obtenu par le lestage de la locomotive.

2) Malgré la charge supplémentaire imposée aux moteurs de traction par leur fonctionnement en génératrices dans les descentes, le calcul a établi que les moteurs ACEC 729, utilisés sur les locomotives type 122, pouvaient encore satisfaire au programme imposé à ces locomotives, savoir :

— En simple traction, la remorque d'un train de voyageurs de 430 tonnes reliant Bruxelles à Arlon, avec arrêts à Bruxelles-Quartier Léopold, Namur, Jemelle et Libramont en 2 h. 20 min.

— En simple traction, la remorque d'un train de marchandises de 675 tonnes entre Ronet et Athus en 3 heures 20 min.

La traction au moyen de ces locomotives des trains internationaux de Bruxelles-Nord à Luxembourg réalise un gain de 38 minutes sur l'horaire des anciens trains à vapeur. De plus, le parcours d'Ostende à Luxembourg s'effectue avec une seule et même locomotive électrique alors qu'avec la traction à vapeur, il fallait atteler aux trains internationaux deux nouvelles locomotives à Bruxelles. L'électrification de la ligne Luxembourg-Bâle, qui sera terminée dans le courant de l'année 1958, permettra de réduire de près de deux heures l'horaire des trains internationaux entre Bruxelles et Bâle.

3) Les moteurs ACEC 729 sont des moteurs suspendus par le nez, entraînant l'essieu par un seul train d'engrenages, légèrement élastique. A 1 500 V. par collecteur, ils développent :

— une puissance unihoraire de 640 CV à la vitesse de 46,8 Km/h. ;

— une puissance continue de 590 CV à la vitesse de 48,2 Km/h.

La vitesse maximum de ces locomotives reste fixée à 125 Km/h. Mais aux essais de performances, elles pourraient circuler à des vitesses de l'ordre de 140 Km/h.

gement et sans locomotive d'allège, le plan incliné d'Ans (27 ‰ de rampe) à la sortie de Liège, à la vitesse de 70 Km/h.

Grâce aux dix crans de marche économique, — efforts au crochet en fonction de la vitesse, uniformément répartis entre les vitesses de 25 et 100 Km/h., — ces locomotives peuvent assurer indifféremment le service des trains de marchandises et de voyageurs (fig. 6). Ces crans économiques sont obtenus en modifiant le couplage série ou parallèle des moteurs de traction et en poussant jusqu'à 73 % le shuntage des inducteurs par une résistance et un shunt inductif.

■ La fonction freinage.

1) Le freinage mécanique.

Normalement, le freinage des trains est réalisé par le frein à air comprimé qui commande l'application des sabots sur les bandages des roues des wagons. Dans ce cas, la locomotive se comporte comme un wagon ; elle intervient, en outre, pour fournir, par ses groupes compresseurs, l'air comprimé nécessaire à la commande à distance du frein mécanique. Celle-ci s'effectue par le réglage de la pression de l'air comprimé dans la conduite automatique interconnectée à travers tout le train.

a) Le frein mécanique est *coûteux*. Toute l'énergie libérée par la descente du train sur la pente est transformée en chaleur ou absorbée par l'usure des sabots de frein et des bandages.

La circulation des trains sur un profil aussi accidenté que celui de la ligne du Luxembourg, demande une surveillance constante des appareillages de frein, un remplacement continu des sabots et un reprofilage fréquent des bandages.

b) Le frein mécanique à air comprimé est d'un *maniement délicat*. Ce frein n'est modérable qu'au serrage ; il est possible d'augmenter progressivement l'effort d'application des sabots sur les bandages, en diminuant par la manœuvre du robinet du mécanicien, la pression de l'air dans la conduite automatique. Mais il est impossible de relâcher progressivement le frein. Pour diminuer l'effort de freinage, il faut d'abord desserrer complètement le frein, en alimentant en air comprimé la conduite automatique, pour le resserrer ensuite à un degré moindre, en diminuant à nouveau la pression dans cette conduite. Pour retenir le train sur une descente à la vitesse maximum autorisée, il faut régler constamment le degré de serrage des freins d'après les variations de la pente ; ce qui nécessite avec le frein à air comprimé des relâchements et des serrages continus du frein. Par suite des pertes de charge dans la conduite automatique, les ordres de relâchement des freins, malgré tous les perfectionnements introduits dans les valves, ne s'exécutent pas simultanément sur tous les wagons. Une manipulation trop brutale du robinet du mécanicien, provoque une distribution irrégulière de l'effort de freinage tout le long du train, causant dans les attelages des réactions violentes préjudiciables au confort des voyageurs.

c) Le frein mécanique à air comprimé est *dangereux* lorsqu'il est mal conduit. Par l'effet de la diminution de la vitesse du train, l'effort de frottement des sabots sur le bandage augmente et risque de dépasser l'effort d'adhérence de la roue sur le rail. Si le serrage des sabots est maintenu, la roue s'immobilise. L'effort de freinage d'une roue enrayée est inférieur à celui de la roue roulant sur le rail ; à ce moment, le train n'est plus suffisamment retenu sur la pente. De plus, le glis-

sement de la roue sur le rail, provoque un plat dans le bandage. Il importe donc de relâcher au plus tôt le freinage d'un essieu enrayé pour le remettre en vitesse afin de pouvoir ensuite reprendre le serrage du frein. Pendant les manœuvres de relâchement du frein, le train peut s'emballer sur la descente.

2) Le freinage électrique.

Rien d'étonnant dès lors que, dès le début de l'électrification des chemins de fer, on ait cherché à confier à la locomotive seule, la fonction freinage.

Une machine électrique étant réversible, le freinage de retenue d'un train dans une descente, peut être effectué, en principe, par une locomotive électrique. Dans les rampes, la locomotive fonctionne en *moteur* ; elle transforme l'énergie électrique absorbée à la ligne, en énergie mécanique qui se manifeste sous forme d'un effort appliqué au crochet d'attelage tirant le train à une certaine vitesse. Dans les pentes, la locomotive fonctionne en *générateur* ; elle absorbe, sous forme d'un effort de freinage développé aux jantes, à une certaine vitesse, l'énergie mécanique libérée par la descente du train et la transforme en énergie électrique restituée à la ligne caténaire ou absorbée dans une résistance.

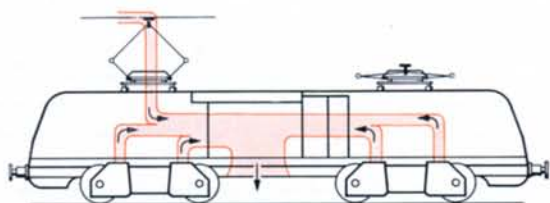
Le freinage électrique par la locomotive n'occasionne aucune usure des pièces mécaniques. Le frein électrique est modérable tant au serrage qu'au desserrage ; il se conduit très aisément. Tout le train appuyant constamment sur les butoirs de la locomotive, les réactions violentes dans les attelages sont évitées, car ceux-ci se maintiennent toujours à butée malgré les variations de l'effort de freinage. Enfin, il est possible de réaliser une caractéristique de freinage dont l'effort diminue en fonction de la vitesse, de façon à éviter l'enrayage des essieux freinés.

Il existe trois genres de freinage électrique des moteurs de traction (*fig. 2*) : le freinage à contre-courant, le freinage rhéostatique et le freinage à récupération.

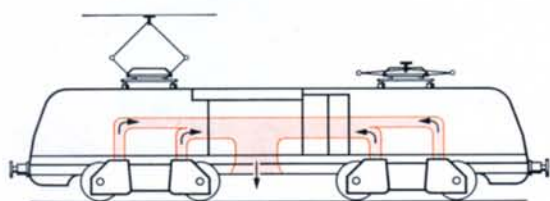
a) Le freinage à contre-courant.

Dans ce système de freinage, le moteur est connecté de telle sorte que sa tension s'ajoute à celle de la ligne caténaire, débite du courant dans une résistance. Le freinage à contre-courant s'établit instantanément car la tension de la ligne est utilisée pour injecter immédiatement le courant de freinage dans le moteur. Malheureusement, il emprunte pour son fonctionnement, de l'énergie à la ligne caténaire ; cette énergie, plus l'énergie mécanique produite par la descente du train, sont dissipées sous forme de chaleur dans la résistance de freinage.

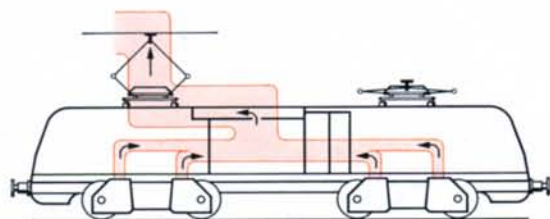
Fig. 2. - Les trois systèmes de freinage électrique.



1 Dans le freinage à contre-courant, l'énergie de freinage, plus une petite quantité d'énergie absorbée à la ligne caténaire, sont dissipées sous forme de chaleur dans une résistance.



2 Dans le freinage rhéostatique, l'énergie de freinage est dissipée sous forme de chaleur dans une résistance.



3 Dans le freinage par récupération, l'énergie absorbée par le freinage est restituée à la ligne caténaire.

b) Le freinage rhéostatique.

Dans ce système de freinage, le moteur fonctionnant en génératrice, débite le courant dans une résistance branchée à ses bornes. L'énergie libérée par la descente du train, est intégralement transformée en chaleur dans la résistance de freinage. Ce freinage, généralement appliqué sur les tramways, est sûr, car indépendant de la tension de la ligne; le freinage du train s'établit même si la sous-station alimentant la caténaire déclenche. Mais ce système de freinage développe des tensions élevées aux collecteurs des moteurs. Appliqué aux locomotives type 123, la tension par moteur à 120 Km/h. atteindrait 3 000 volts pour un effort de retenue de l'ordre de 7 tonnes. Il ne pouvait donc être envisagé pour ces locomotives fonctionnant déjà à la tension élevée de 1 500 volts. par collecteur de moteur.

c) Le freinage à récupération.

Dans ce système de freinage, le moteur est excité de manière à induire une force contre-électromotrice un peu supérieure à celle de la ligne; à ce moment, le courant traversant le moteur s'inverse et retourne dans la caténaire. L'énergie, libérée par la descente du train et transformée en énergie électrique, est renvoyée dans le réseau. Cette énergie, obtenue par le freinage de retenue du train, est *récupérée*. Deux trains de marchandises de 675 tonnes, descendant une pente de 16 ‰ à la vitesse de 60 Km/h., récupèrent une quantité d'énergie suffisante pour remorquer, sur la même rampe, un train de marchandises de 415 tonnes, à la vitesse de 60 Km/h. L'emploi du freinage à récupération sur la ligne du Luxembourg, permet d'escompter un gain sur la consommation d'énergie électrique de l'ordre de 20 %. Enfin, l'application de ce freinage limite aux environs de 2 000 V. la tension aux collecteurs des moteurs fonctionnant en récupération.

— Le freinage à récupération

de la locomotive type 123

1) Modification des caractéristiques du moteur de traction pour le freinage par récupération.

a) le moteur de traction du type série ne convient pas pour le freinage par récupération. En effet, la caractéristique de ce moteur « vitesse en fonction de l'effort aux jantes », reste intégralement dans le quadrant de la traction (fig. 3). Ce moteur ne peut développer un effort de freinage, c'est-à-dire opposé à son sens de rotation.

Pour réaliser une locomotive capable de freiner en récupération, il faut disposer d'un moteur dont la caractéristique « vitesse en fonction de l'ef-

fort aux jantes » passe du quadrant de la traction au quadrant du freinage. Le moteur shunt possède une caractéristique de ce genre. Lorsqu'il est entraîné par une vitesse supérieure à sa vitesse à vide, il entre automatiquement en récupération sans qu'il soit nécessaire de modifier ses connexions. Malheureusement le moteur shunt est un mauvais moteur de traction: il ne peut supporter sans incidents, les variations brusques de tension de la ligne caténaire. A cause de sa caractéristique très peu plongeante, il est moins autorégulateur de puissance que le moteur série dont la vitesse diminue sensiblement lorsque l'effort augmente. Enfin, il est difficile de faire fonctionner en parallèle, les moteurs shunt attelés aux essieux d'une locomotive sans risquer d'établir

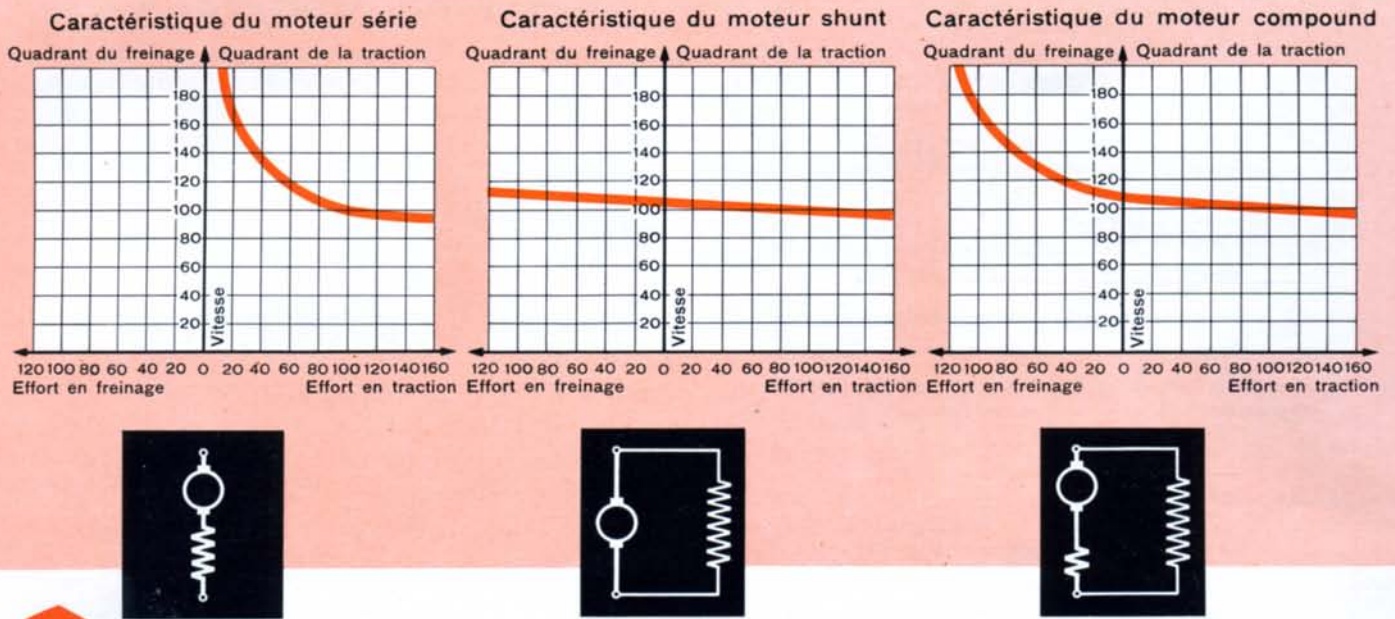


Fig. 3. - Caractéristiques des moteurs de traction.

entre eux des courants de circulation importants, résultant de différences minimales dans leur circuit de magnétisation ou dans les diamètres des roues.

Puisque le moteur shunt ne convient pas pour un service de traction et puisque le moteur série ne peut récupérer l'énergie de freinage, il a bien fallu installer sur les locomotives à récupération, un moteur compound possédant simultanément les propriétés du moteur shunt et du moteur série. Sa caractéristique « vitesse en fonction de l'effort aux jantes », passant dans le quadrant du freinage, il peut récupérer l'énergie libérée par le train dans la descente. De plus, à cause des quelques spires série de son excitation, il bénéficie encore des mêmes qualités qu'un moteur série pour un service de traction.

b) Le moteur série ACEC 729, s'est avéré un excellent engin sur les locomotives type 122 et il ne pouvait être question d'abandonner ce moteur pour le fonctionnement en traction des locomotives type 123. Celles-ci sont donc équipées de moteurs ACEC 729. En traction, les induc-

Fig. 4. - Schéma de traction.

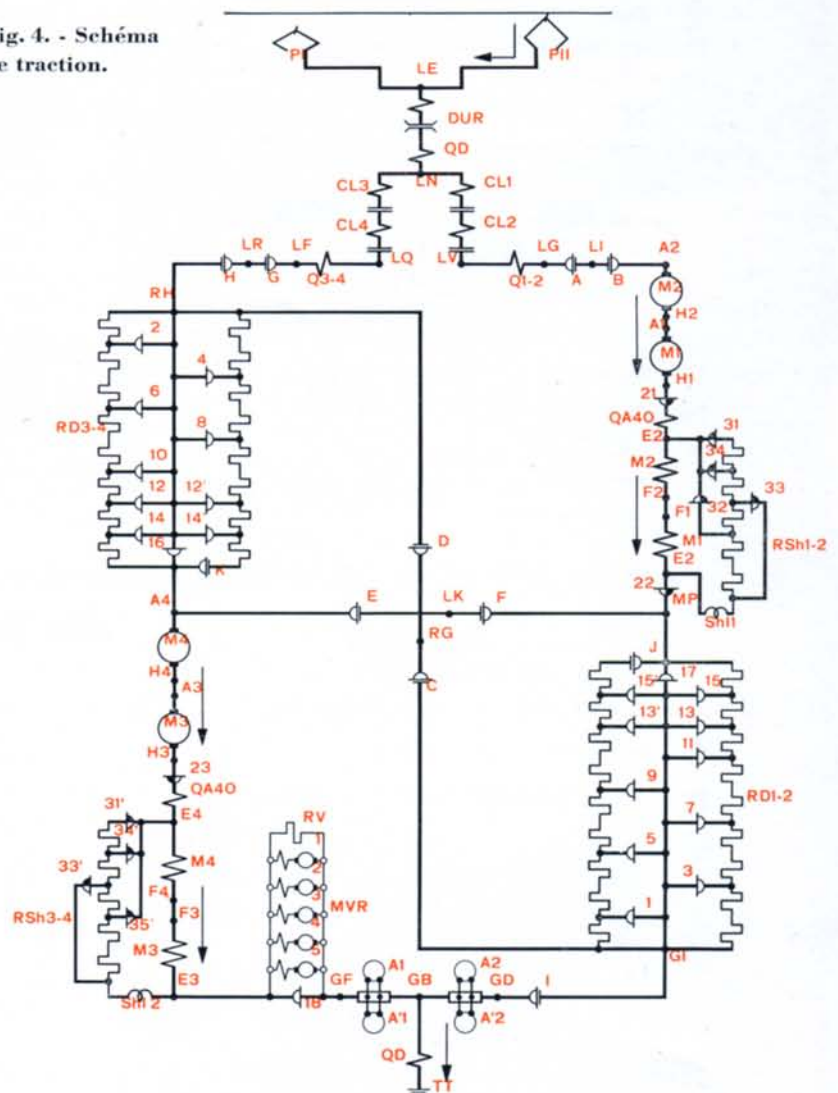


Fig. 4 et 5. - Les circuits de puissance de la locomotive type 123.

teurs sont connectés en série avec les induits et les schémas de puissance en traction des locomotives types 122 et 123 sont absolument identiques (fig. 4).

Pour le fonctionnement en freinage par récupération, il faut transformer, par un dispositif d'appareillage, les moteurs série en moteurs compound. A cette fin, (fig. 5) les inducteurs sont extraits du schéma de puissance. Les deux groupes de deux induits connectés chacun en série avec un bloc de résistances, peuvent être couplés, entre la ligne et la terre, soit en série, soit en parallèle, comme en traction. Quant aux quatre inducteurs connectés en série, ils sont alimentés par une excitatrice possédant une excitation séparée et qui est compoundée par le courant d'induit d'une ligne de moteurs. Cette double excitation séparée et compound de l'excitatrice, confère aux moteurs de traction excités par cette machine, la caractéristique compound utilisée pour leur fonctionnement en récupération.

2) Le réglage du freinage

par récupération.

L'excitation séparée de l'excitatrice est réglable au moyen d'un rhéostat; à chaque position de la manette de ce rhéostat, correspond en récupération une caractéristique « vitesse-effort de freinage aux jantes » (fig. 6). En utilisant le couplage série ou parallèle des moteurs, il est possible de faire varier, dans le rapport de 1 à 2, la tension à induire et, par conséquent, la vitesse des moteurs en récupération. Le changement de couplage permet ainsi d'obtenir deux réseaux de 16 caractéristiques de freinage s'étendant dans deux gammes de vitesses échelonnées dans le rapport de 1 à 2.

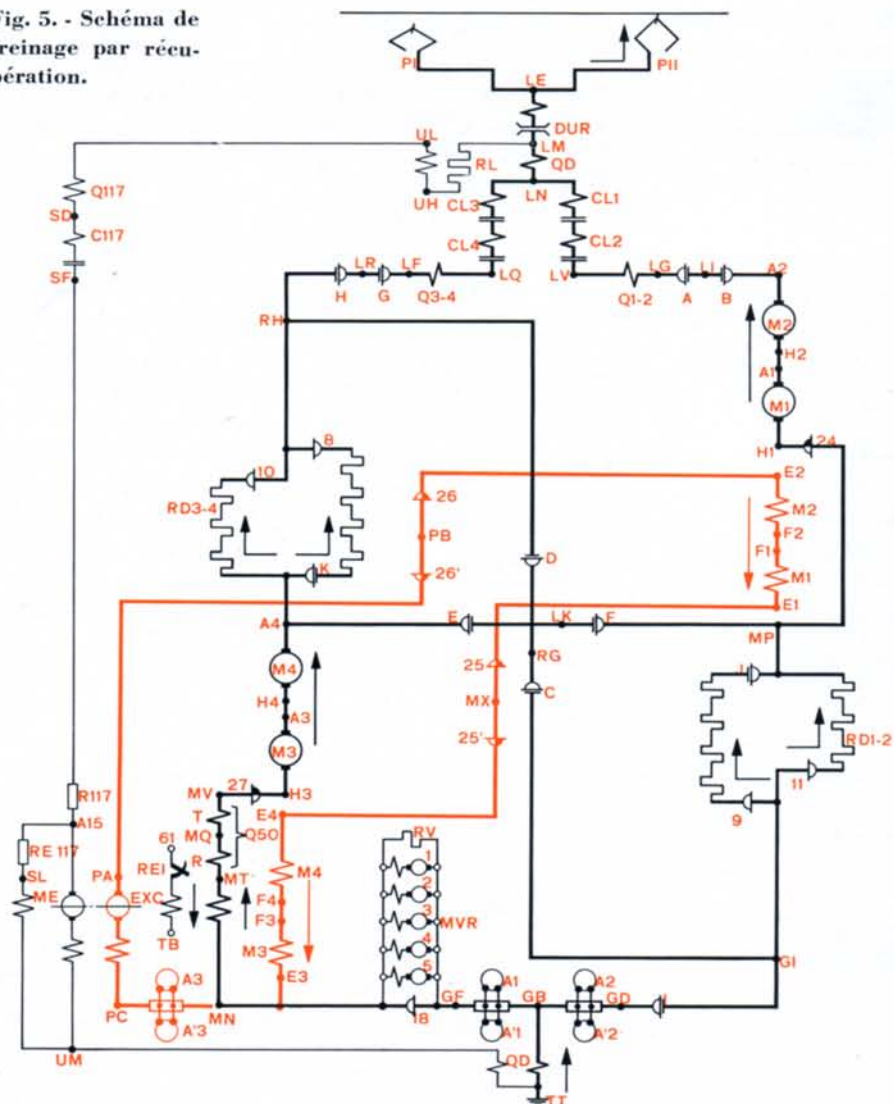
En examinant les caractéristiques de marche économique, tracées dans le quadrant de la traction et les caractéristiques de récupération tracées dans le quadrant du freinage, il est aisé de se rendre compte des performances des locomoti-

Légende

A1-A2	Ampèremètres traction-récupération
A3	Ampèremètres d'excitatrice
CL1 à CL4	Contacteurs de ligne
C 117	Contacteur du moteur d'excitatrice
DUR	Disjoncteur ultra-rapide
EXC	Excitatrice de récupération
M1 à M4	Moteurs de traction
ME	Moteur du groupe excitatrice
MVR	Moteurs ventilateurs des résistances de démarrage
PI - PII	Pantographes
Q1-2- Q3-4	Relais à maxima des moteurs de traction
Q 117	Relais à maxima du moteur d'excitatrice
Q 50	Relais à retour de courant
QA 40	Relais d'accélération
QD	Relais différentiel
R 117	Résistance de limitation du moteur d'excitatrice
RD1-2 -RD3-4	Résistances de démarrage
RE 117	Résistance d'excitation du moteur d'excitatrice
REI	Rhéostat de réglage de l'excitation
RL	Résistance de limitation
RSh1-2-RSh3-4	Résistances de shuntage
RV	Résistance en shunt sur moteurs ventilateurs
ShII- ShI2	Shunts inductifs.



Fig. 5. - Schéma de freinage par récupération.

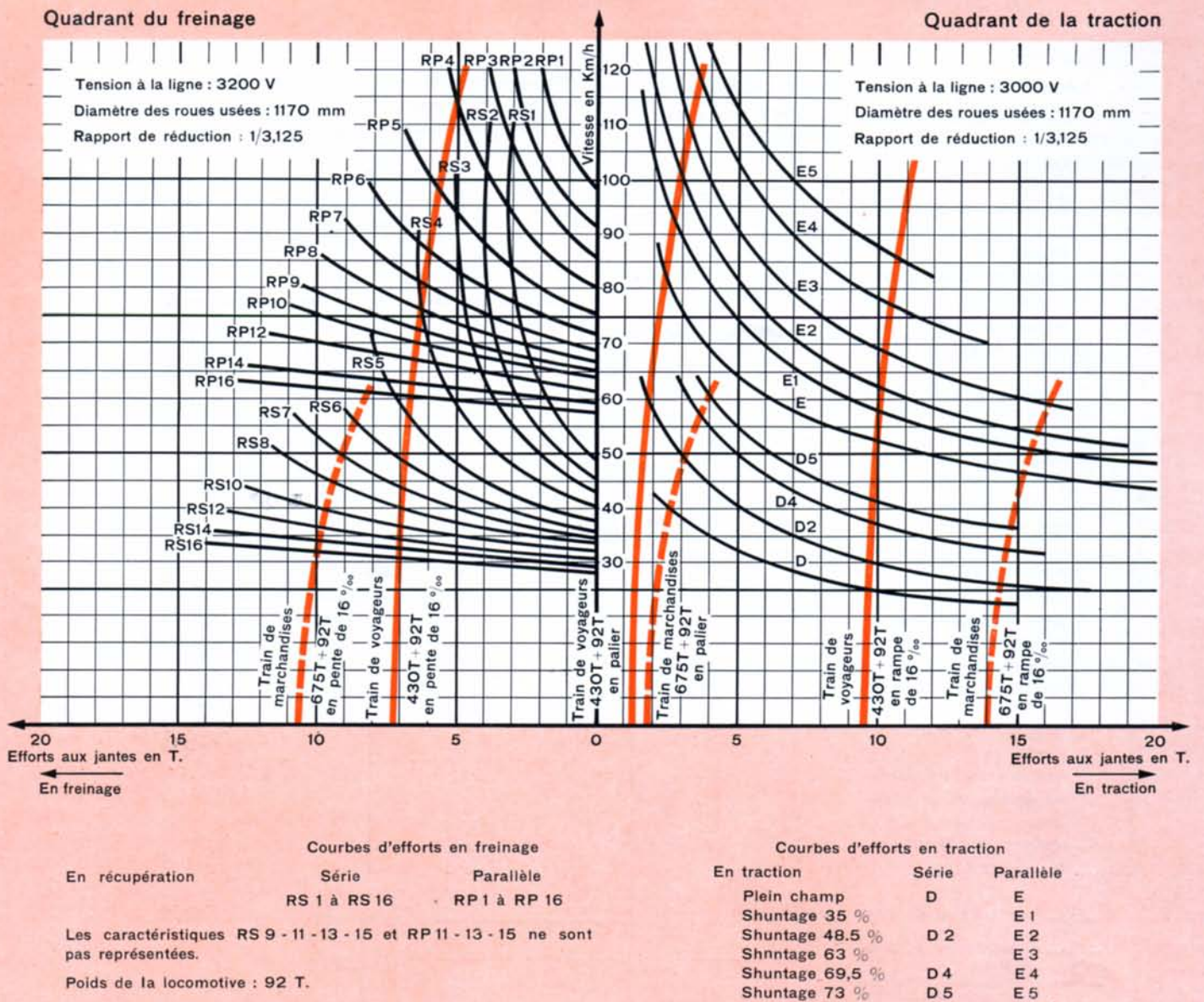


ves type 123. Dans ce diagramme, ont été tracées les courbes « effort de traction-vitesse », d'un train de voyageurs de 430 tonnes et d'un train de marchandises de 675 tonnes, remorqués chacun par une locomotive de 92 tonnes et gravissant une rampe de 16 ‰. De même on a tracé les courbes « effort de freinage-vitesse », des mêmes trains descendant une pente de 16 ‰. Les points d'intersection de ces courbes avec les caractéristiques de la locomotive, donnent les vitesses réalisables par ces trains sur une rampe de 16 ‰ tant à la montée qu'à la descente. On peut vérifier qu'à la montée sur une rampe de 16 ‰, il est possible de régler la vitesse du train de voyageurs entre 25 et 85 Km/h. et celle du train de marchandises entre 22

et 60 Km/h. en utilisant les caractéristiques du couplage série et du couplage parallèle. De même, à la descente d'une pente de 16 ‰, le train de marchandises peut être freiné à des vitesses réglables entre 55 et 32 Km/h. en utilisant uniquement les caractéristiques de récupération du couplage série. Le train de voyageurs peut être retenu sur la même pente à des vitesses variant de 115 à 31 Km/h. en utilisant les caractéristiques de récupération dans les deux couplages.

Ce grand nombre de caractéristiques, disponibles pour la traction comme pour la récupération, assurent aux locomotives type 123 une étonnante souplesse leur permettant d'assurer aussi bien les services marchandises que les services voyageurs.

Fig. 6. - Caractéristiques en traction et freinage de la locomotive type 123.



3) La mise en récupération de la locomotive.

La mise en récupération d'une locomotive est une manœuvre délicate ; il s'agit en effet d'accrocher sur un réseau subissant des variations brusques de tension, une petite centrale électrique dont les génératrices tournent à des vitesses constamment variables.

La mise en traction de la locomotive est infiniment plus simple. Dès que l'inverseur, manœuvrant à vide, a établi les connexions pour obtenir le sens de marche désiré, il suffit de commander, sans autre précaution, la fermeture des contacteurs à cames de l'équipement JH₁. Ceux-ci alimentent les moteurs qui développent immédiatement l'effort de traction aux jantes. Le démarrage se poursuit par la progression du JH₁ qui, par la fermeture des contacteurs rhéostatiques, élimine progressivement les résistances de démarrage. Ensuite, par la manœuvre des contacteurs de couplage, le JH₁ effectue la transition du couplage série à parallèle des moteurs. Enfin, l'opération s'achève dans le couplage parallèle par une nouvelle élimination des résistances de démarrage, au moyen des contacteurs rhéostatiques. Lorsque le JH₁ est arrivé en fin de position série ou parallèle, l'équipement des contacteurs à cames de shuntage JH₂, est libéré ; par sa manœuvre, il branche des résistances en shunt sur l'inducteur pour les réduire ensuite progressivement. Le conducteur peut régler ainsi la vitesse de la locomotive en utilisant les divers crans de marche économique.

L'opération de mise en récupération des locomotives type 123 se déroule en diverses phases :

1^{re} phase.

Le groupe moteur-excitatrice est lancé.

2^{me} phase.

Tout le circuit de traction est déconnecté de la ligne par l'ouverture des deux contacteurs électropneumatiques placés en tête de chaque ligne de moteurs. La commutation des circuits, pour passer du schéma traction au schéma récupération, doit en effet s'effectuer à blanc.

3^{me} phase.

Le JH₁, par sa manœuvre, choisit le couplage des induits des moteurs en se plaçant soit sur le premier cran série, soit sur le premier cran parallèle, toute la résistance de démarrage étant en service.

Le JH₂, par sa manœuvre, extrait les inducteurs du schéma de puissance, les connecte en série pour les brancher aux bornes de l'excitatrice.

4^{me} phase

Le schéma de récupération établi et le groupe moteur-excitatrice étant lancé à sa vitesse de ré-

gime, le conducteur peut régler l'excitation séparée de l'excitatrice en partant de sa valeur minimum. La tension induite dans les moteurs de traction s'élève progressivement. Un relais différentiel compare la tension aux bornes des moteurs à la tension de la caténaire. Dès que l'équilibre des tensions s'établit, ce relais commande l'enclenchement des contacteurs électropneumatiques de ligne. Dès ce moment, les moteurs sont accrochés à la ligne et la locomotive est prête à freiner par récupération.

L'accrochage sur la ligne s'effectue avec toute la résistance de démarrage connectée en série avec les moteurs. Cette résistance, de valeur ohmique élevée, a pour but de limiter à une valeur négligeable, le courant qui pourrait s'établir dans les moteurs au moment de l'accrochage sur la ligne, par suite d'un dérèglement du relais différentiel de tension ou par suite d'une brusque variation de la tension de la caténaire. Dès que les contacteurs électropneumatiques de ligne sont enclenchés, le JH₁ progresse et élimine rapidement une partie de la résistance de démarrage.

5^{me} phase.

Lorsque les moteurs sont accrochés sur la ligne, le conducteur peut régler le freinage par récupération en modifiant l'excitation séparée de l'excitatrice. Pour réduire la vitesse du train, il lui suffit d'augmenter l'excitation ; pour l'augmenter, il la diminue.

Pendant la récupération, un talon de résistance reste intercalé dans chaque ligne de moteurs, afin de tamponner les variations inattendues de courant et, par conséquent, de l'effort de freinage, dues aux sautes brusques de la tension de ligne. Cette résistance limite aussi le courant de circulation entre les deux lignes de moteurs récupérant en parallèle.

Pour supprimer le freinage par récupération, les contacteurs électropneumatiques de ligne sont déclenchés et le groupe moteur-excitatrice est arrêté. Les équipements JH₁ et JH₂ reviennent à vide à leur position initiale. A ce moment, les contacteurs électropneumatiques de ligne sont réenclenchés et la locomotive est prête à reprendre la traction.

4) Le freinage mécanique pendant la récupération.

Lorsque la locomotive freine par récupération, il faut empêcher son freinage mécanique car les deux freinages se superposant, ses essieux risquent de patiner. Des électrovalves, excitées pendant le freinage par récupération, empêchent l'alimentation des cylindres de frein de la locomotive. Le frein à air comprimé reste cependant toujours opérant sur les wagons du train. Le conducteur peut, suivant le besoin, compléter le freinage à récupération de la locomotive par un freinage méca-

nique du train en manœuvrant le robinet de commande du frein.

5) La protection pendant le freinage par récupération.

Les relais protégeant la locomotive pendant le fonctionnement en traction, continuent à surveiller les circuits de puissance pendant le fonctionnement en récupération. En cas d'incident, ces relais commandent le déclenchement du disjoncteur ultra-rapide et déconnectent ainsi instantanément les circuits de récupération de la ligne.

Un *relais différentiel* constate que les courants circulant à l'entrée et à la sortie de la locomotive sont toujours égaux ; il décèle un courant de fuite s'écoulant par une masse.

Deux *relais à maxima* sur chaque ligne de moteurs, les protègent contre toute surcharge.

Un *relais de vigilance*, surveille constamment le JH1 et le JH2. Si ceux-ci n'exécutent pas la commutation nécessaire à l'établissement des circuits de traction ou de récupération, le disjoncteur s'ouvre. Il n'est donc pas possible d'établir la traction ou le freinage électrique si la locomotive n'est pas prête pour ces manœuvres.

Deux relais supplémentaires interviennent encore en récupération.

Les sous-stations alimentant les lignes caténaïres ne sont pas réversibles ; par conséquent, tout le courant récupéré doit être absorbé par les autres locomotives circulant sur le réseau. Si la seule locomotive, qui remorque sur le réseau, coupe son courant pendant qu'une autre locomotive récupère, le freinage de cette dernière locomotive est brusquement annulé ; il se produit un raté de ré-

cupération. Cet incident est détecté par un *relais de surtension*. En effet, sur la locomotive dont le freinage par récupération est ainsi suspendu, la tension aux bornes des moteurs s'élève brusquement et dépasse la tension maximum de la caténaire. L'enclenchement de ce relais de surtension annule la commande du freinage à récupération.

Si le conducteur règle maladroitement l'excitation de l'excitatrice, la tension induite dans les moteurs de traction peut devenir inférieure à celle de la ligne. A ce moment, la locomotive absorbe du courant en développant un effort de traction au crochet. Il se produit aussi un raté de récupération détecté par un *relais à retour de courant*. Ce relais polarisé entre en action dès que le courant des moteurs n'est plus renvoyé dans la ligne caténaire. En ouvrant les contacteurs électropneumatiques de ligne, il interdit d'utiliser les caractéristiques de récupération dans le quadrant de la traction. Toutefois, un bouton-poussoir manœuvré à la table de bord, empêche l'action du relais à retour de courant. Il permet au conducteur de franchir en traction, dans le couplage récupération, le palier d'une gare intercalé sur une longue pente, de façon à éviter une nouvelle manœuvre d'accrochage sur la ligne à l'extrémité de ce palier.

En cas de raté de récupération, le freinage de la locomotive est annulé ; la sécurité exige que, dans ce cas, un freinage d'urgence se substitue au freinage par récupération indépendamment du conducteur, même si le robinet du frein à air comprimé se trouve dans la position desserrage. Toutefois, ce freinage d'urgence est appliqué après une certaine temporisation. Un sifflet avertit le conducteur et, si celui-ci est vigilant, il peut empêcher le déclenchement du freinage d'urgence et reprendre en main la commande de la locomotive.



Fig. 7. - Locomotive type 123 remorquant un train de voyageurs sur la rampe de Dave (16 ‰) à la sortie de Namur.



Fig. 8. - Vue du poste de conduite de la locomotive type 123.

Le conducteur est assis à droite de la cabine, devant un pupitre amovible groupant les organes de commande, les instruments de mesure et les lampes de signalisation.

— Les organes de commande

du frein à récupération.

1) Les organes de commande.

Les locomotives type 122 étant automatiques, les organes de commande sont peu nombreux. Pour la commande des circuits électriques, ces organes comportent :

— Un jeu de boutons-poussoirs pour la levée des pantographes, l'enclenchement du disjoncteur, le démarrage des moteurs des services auxiliaires : compresseurs et ventilateurs des moteurs de traction.

— Un manipulateur avec :

- une manette d'inversion pour la commande du sens de marche ;
- un volant pour le choix de la vitesse du train ;
- une manette à boule pour le réglage de l'effort de démarrage.

Afin de conserver la même facilité de conduite sur les locomotives type 123, aucun organe supplémentaire n'a été ajouté pour la commande du frein à récupération (fig. 8). Le freinage par récupération est commandé en portant le volant de choix de la vitesse en-deçà du zéro sur une des deux positions : récupération couplage série ou récupération couplage parallèle. Une butée effaçable empêche toutefois le conducteur de passer, par inadvertance, sur les positions de récupération lorsqu'il ramène le volant au zéro, après une commande de traction. Le réglage de l'excitation séparée de l'excitatrice et, par conséquent, de l'effort de freinage en récupération, se commande par la manœuvre de la manette à boule.

2) La commande du freinage

par récupération.

Pour commander le freinage par récupération, le conducteur place, d'après la vitesse du train, le volant du manipulateur sur la position récupération série ou parallèle ; durant cette manœuvre la manette à boule doit être dans la position initiale. Une lampe « récupération » de la table de bord s'allume, signalant que l'ordre de mise en récupération de la locomotive est enregistré. Lorsque les équipements JH1 et JH2 ont effectué les commutations, pour passer du schéma de traction au schéma récupération et lorsque le groupe moteur excitatrice est complètement démarré, que l'excitation séparée de l'excitatrice est alimentée au minimum de courant, le circuit de récupération est prêt pour l'accrochage des moteurs sur la ligne. La fin de ces manœuvres est signalée par l'extinction de la lampe « récupération ».

Le conducteur peut alors régler l'excitation des moteurs de traction en actionnant la manette à boule. Il suit l'effet de cette manœuvre en observant les indications de deux voltmètres : un voltmètre, branché sur la ligne caténaire, l'autre aux bornes des moteurs de traction. L'équipement s'accroche automatiquement sur la caténaire, par enclenchement des contacteurs électropneumatiques de ligne, dès que la tension aux bornes des moteurs atteint celle de la caténaire ; à partir de ce moment, les ampèremètres des moteurs indiquent qu'un faible courant commence à circuler dans le sens récupération. De plus, les lampes de signalisation du JH1 indiquent que celui-ci, par sa manœuvre en progression, élimine successivement les résistances branchées dans chaque ligne de mo-



teur, jusqu'à la valeur du talon conservé pendant le freinage à récupération. Dès que la locomotive récupère, sa conduite devient très simple. Pour réduire la vitesse par le serrage du frein à récupération, le conducteur tire sur la manette à boule ; pour augmenter la vitesse par le desserrage du frein, il repousse cette manette.

Pour supprimer la commande du frein à récupération, le conducteur ramène à zéro le volant du manipulateur.

Comme les commutations des circuits, pour réaliser le couplage série ou parallèle en récupération, doivent toujours s'effectuer à vide, il n'est plus permis d'effectuer un changement de couplage lorsque l'équipement récupère. C'est pourquoi

dès que les moteurs sont accrochés sur la ligne, le déplacement du volant sur les crans de récupération série ou parallèle est rendu inopérant. Si, par suite de la diminution de la vitesse au cours du freinage, le conducteur est amené à passer du couplage parallèle au couplage série, il doit d'abord ramener le volant à zéro afin d'annuler l'ordre de récupération et le reporter ensuite sur l'autre couplage de récupération pour recommencer une nouvelle manœuvre d'accrochage sur la ligne.

Après un raté de récupération, le conducteur peut, en ramenant au zéro le volant du manipulateur, empêcher le déclenchement automatique du freinage d'urgence.

■ Installation des locomotives type 123.

1) Les blocs d'appareillage.

Malgré le supplément d'appareillage requis pour le freinage à récupération, on a cherché à conserver, sur les locomotives type 123, la clarté d'installation qui caractérise les locomotives type 122. Le groupement de tout l'appareillage en quelques blocs (fig. 9 et 10) a été maintenu à cause des nombreux avantages qui en résultent, tant pour la construction, l'installation, la vérification et le montage des locomotives.

Ce groupement de tout l'équipement de la locomotive, en quelques blocs préfabriqués, a permis la construction des 83 locomotives type 123 à la cadence très rapide, d'une locomotive sortant des ateliers tous les quatre jours.

2) L'installation de l'appareillage.

L'étage toiture, avec les pantographes et les isolateurs d'entrée de courant, et l'étage bogie avec les quatre moteurs de traction sont identiques sur les deux types de locomotives.

Fig. 9. - Vue d'une locomotive type 123 en cours de montage. Les blocs d'appareillage viennent d'être descendus dans la caisse par les ouvertures de la toiture. 

Fig. 10 - Montage des blocs d'appareillage dans la locomotive type 123.

Tout l'équipement électrique de la locomotive a été groupé en quelques blocs préfabriqués dont la mise en place aisée par les ouvertures de la toiture a permis la construction de cet engin à la cadence très rapide, d'une unité tous les quatre jours.

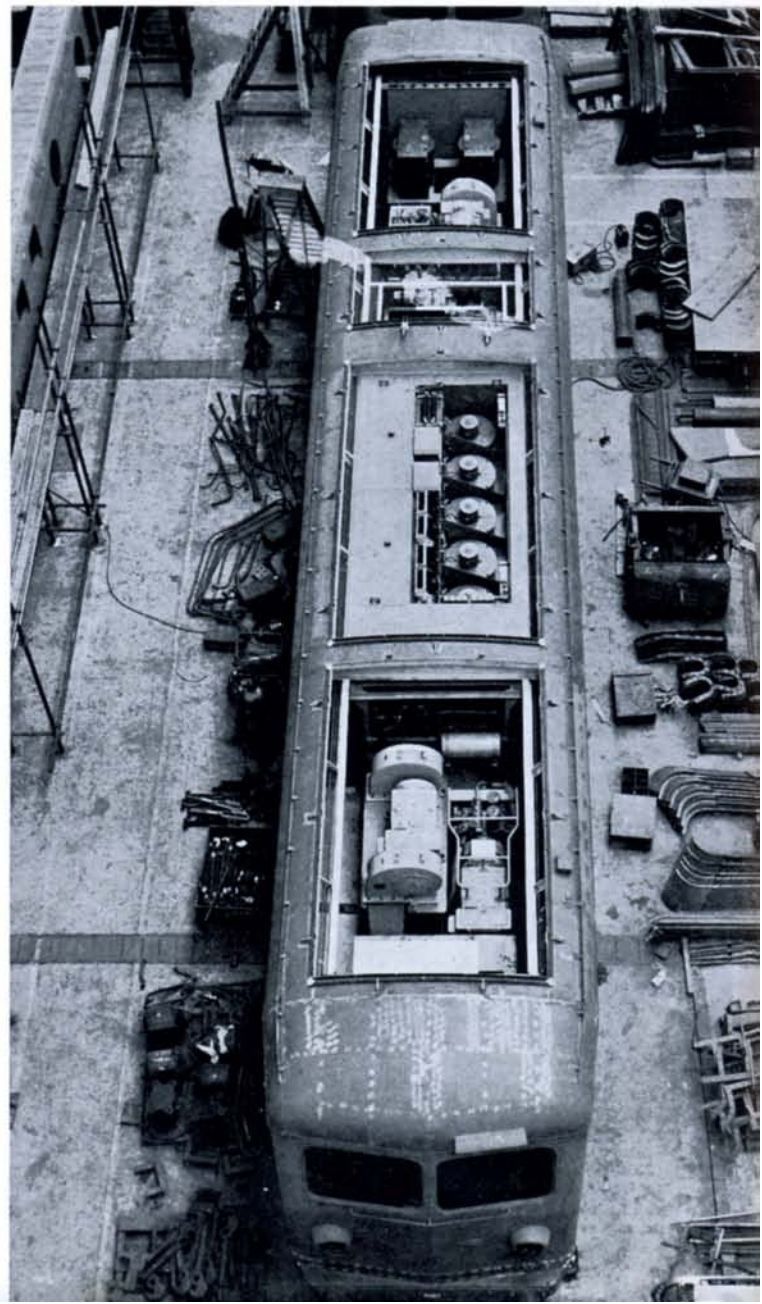


Fig. 10.

- ① Blocs pupitres du poste de conduite
- ② Groupe moteur-excitatrice
- ③ Groupes moteur-ventilateur
- ④ Groupes moteur-compresseur
- ⑤ Bloc JH
- ⑥ Bloc disjoncteur ultra-rapide
- ⑦ Shunts inductifs
- ⑧ Faux châssis contenant tout le câblage de la locomotive, dans les deux caniveaux.

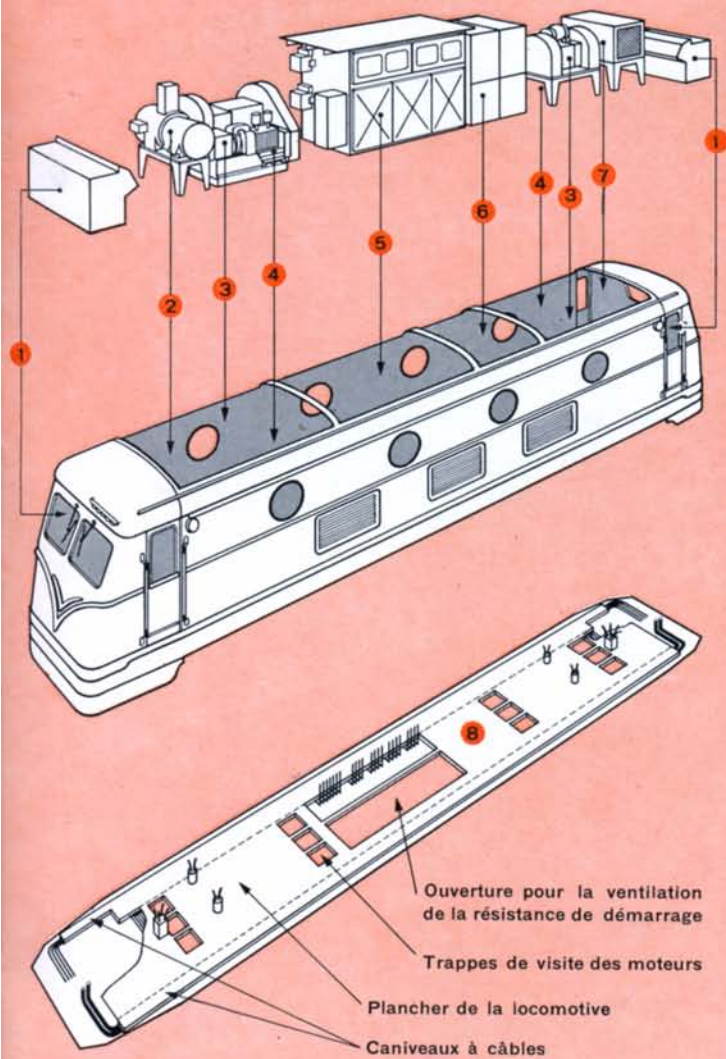


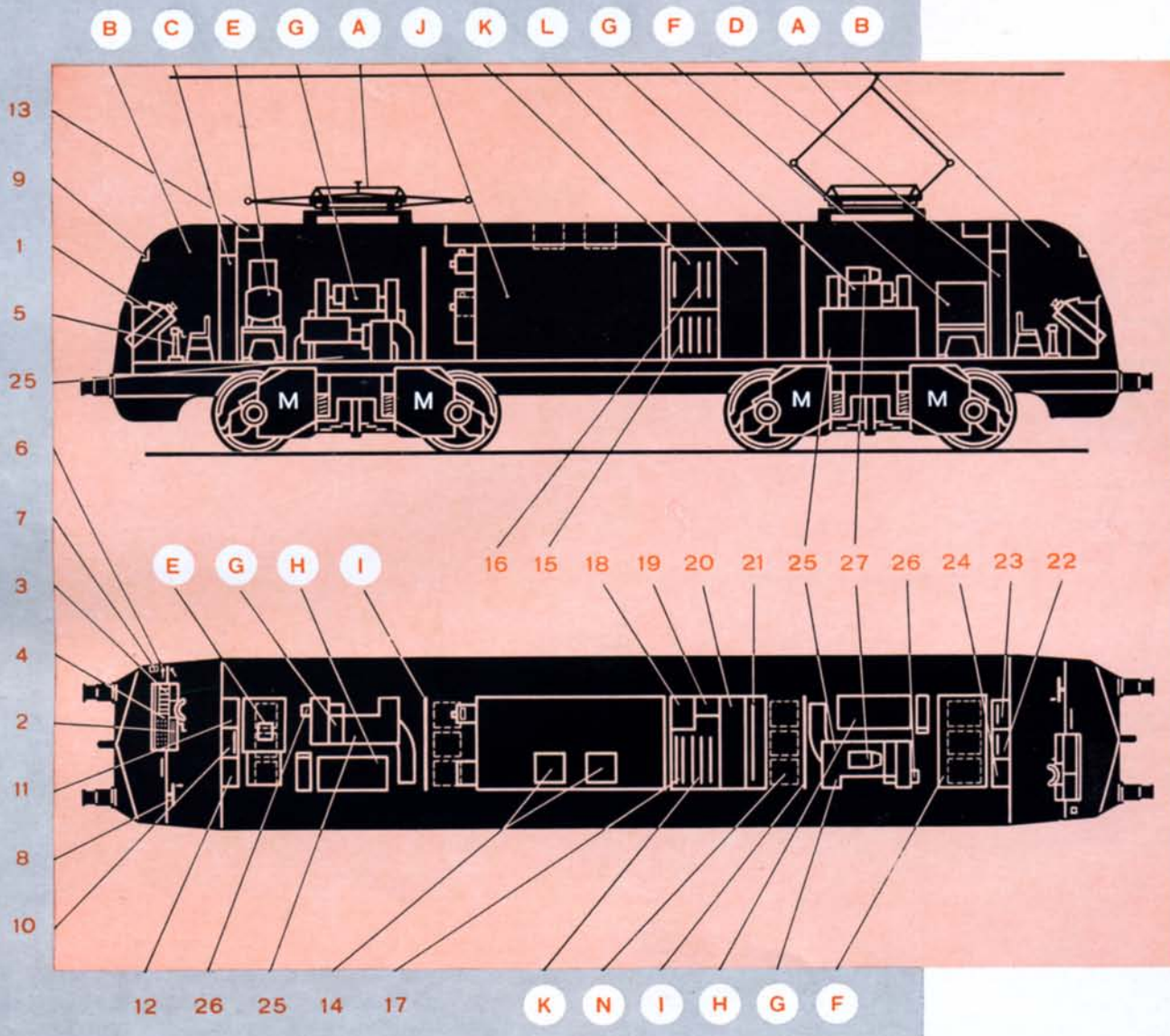
Fig. 11. - Descente du bloc des JH préfabriqué, dans la caisse de la locomotive.

a) L'ordonnance de l'étage caisse est très semblable (fig. 12) :

- les deux postes de conduite sont pratiquement les mêmes ;
- la caisse proprement dite est occupée au centre par trois blocs d'appareillage juxtaposés :
 - le bloc du disjoncteur ultra-rapide ;
 - le bloc récupération ;
 - le bloc des JH (fig. 11).

Au droit de chaque bogie, sont placés un groupe moteur-compresseur et un groupe moteur-ventilateur. Le groupe moteur-ventilateur est monté sur une table, la surface du plancher, sous ce groupe, étant occupée par la batterie d'accumulateurs.

Derrière la paroi de séparation des postes de conduite, sont installés d'un côté, les deux shunts inductifs, de l'autre côté, le groupe moteur-excitatrice. Ces shunts et ce groupe sont également placés sur une table, afin de libérer l'accès aux trappes de visite des moteurs de traction.



- | | | |
|--|---|--|
| A Pantographes | 3 Appareils de mesure | 16 Contacteurs électropneumatiques de chauffage |
| B Postes de conduite | 4 Lampes de signalisation | 17 Panneaux à relais auxiliaires |
| C Armoire côté Cabine I | 5 Commande manuelle | 18 Boîte à clefs et relais à retour de courant |
| D Armoire côté Cabine II | 6 Robinets de frein | 19 Relais à max. de chauffage et sectionneur de mise à la terre |
| E Groupe moteur excitatrice | 7 Manomètre et Téléc | 20 Disjoncteur ultra-rapide |
| F Shunts inductifs | 8 Frein à main | 21 Relais de tension nulle, différentiel de tension et de sur-tension |
| G Groupes moteurs ventilateurs | 9 Signalisation du JH | 22 Tableau d'asservissement-appareillage de commande du Téléc |
| H Groupes moteurs compresseurs | 10 Tableau d'asservissement et appareillage pneumatique | 23 Tableau de batterie et régulateur de tension de batterie |
| I Panneau avec l'appareillage de commande du frein à air comprimé | 11 Appareillage de commande du groupe d'excitation | 24 Armoire vestiaire |
| J Bloc de JH | 12 Armoire à outils | 25 Batterie |
| K Bloc récupération | 13 Résistance de démarrage des groupes compresseurs et ventilateurs | 26 Relais anémométrique |
| L Bloc DUR | 14 Résistance de démarrage, de limitation et d'excitation du moteur du groupe d'excitation | 27 Génératrice auxiliaire pour la charge de batterie |
| M 4 moteurs de traction | 15 Contacteurs électropneumatiques de ligne | |
| N Trappes de visite | | |
| 1 Manipulateur | | |
| 2 Boîte à interrupteurs | | |

Fig. 12. - Schéma de l'installation de la locomotive - type 123.

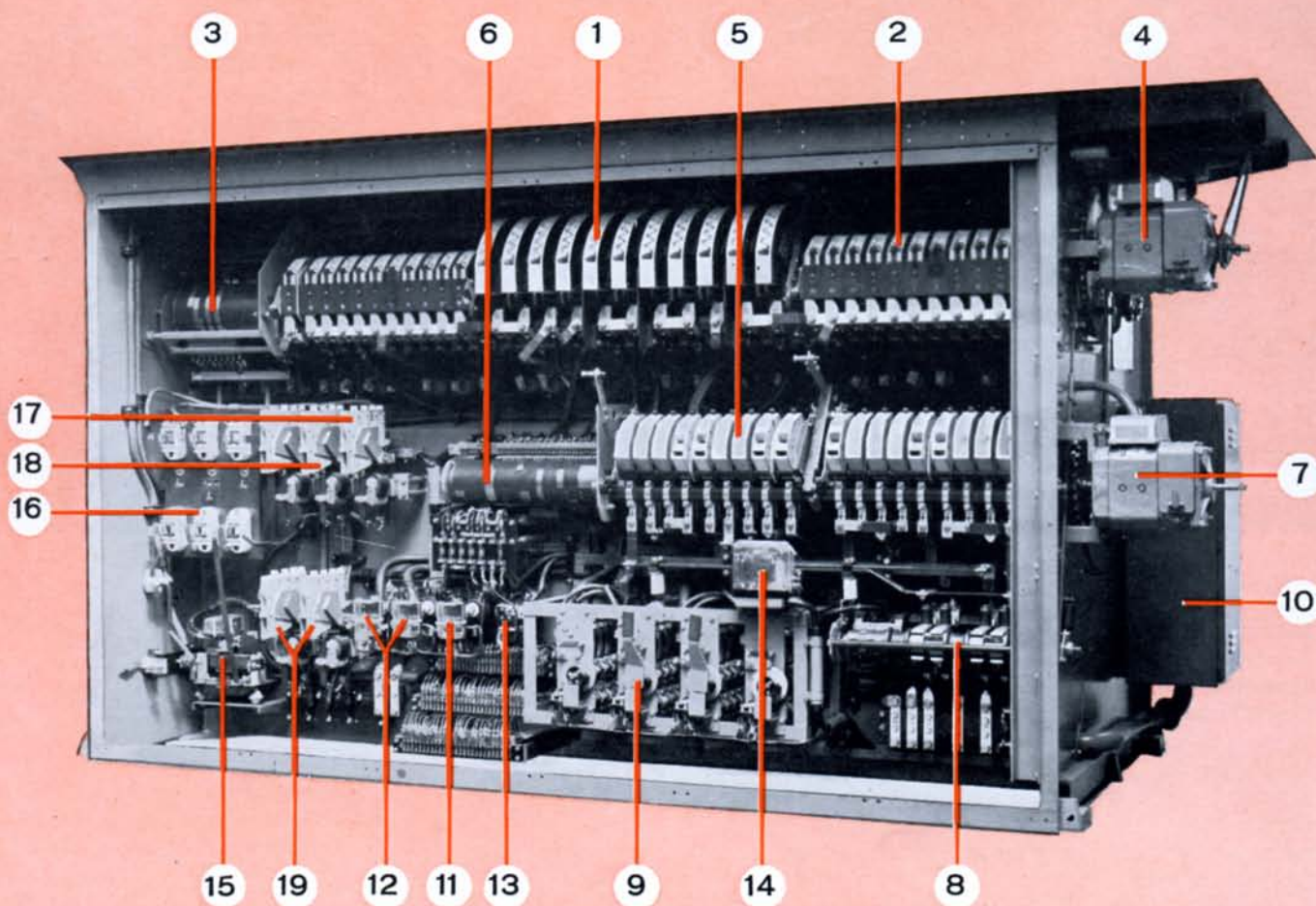
Les deux couloirs longeant les parois de la caisse permettent toujours la circulation aisée entre les deux postes de conduite.

b) Le bloc du disjoncteur ultra-rapide contient le contacteur, le relais de tension nulle, le para-foudre et, en supplément, les relais différentiels de tension et de surtension utilisés en récupération.

c) Le bloc récupération a pris la place du bloc des shunts inductifs des locomotives type 122. Sa

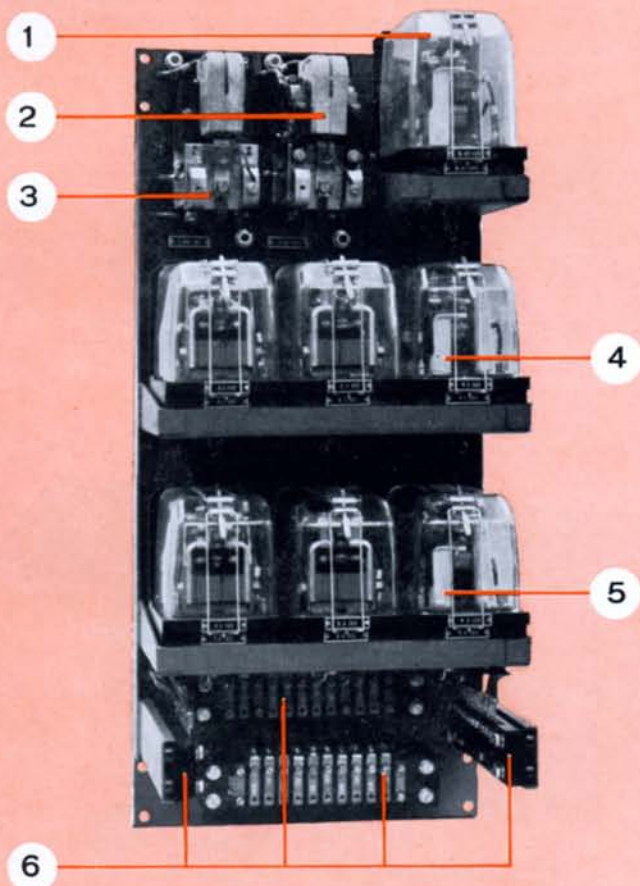
construction a été complètement remaniée. Outre l'appareillage du circuit de chauffage du train, il contient, au niveau du plancher, les quatre contacteurs de ligne à commande électropneumatique, le relais à retour de courant et, à la partie supérieure, un panneau de petits relais auxiliaires.

d) L'encombrement du bloc des JH a pu être conservé, malgré l'appareillage supplémentaire de récupération (fig. 13). La disposition du compartiment appareillage est analogue à celle des locomotives type 122, sauf que, pour disposer de la



- | | | |
|--|---|---|
| 1 Contacteurs de couplage du JH 1. | 7 Servo-moteur de commande du JH 2. | 14 Relais d'accélération. |
| 2 Contacteurs rhéostatiques du JH 1. | 8 Inverseur du sens de marche. | 15 Relais différentiel. |
| 3 Tambours d'asservissement du JH 1. | 9 Sectionneur d'élimination des moteurs | 16 Panneau pour fusibles 3000 volts. |
| 4 Servo-moteur de commande du JH 1. | 10 Armoire à relais des JH. | 17 Contacteurs électromagnétiques pour le chauffage des cabines. |
| 5 Contacteurs de shuntage et de commutation "Traction récupération" du JH 2. | 11 Relais de survitesse. | 18 Contacteurs électromagnétiques pour les moteurs de compresseurs. |
| 6 Tambour d'asservissement du JH 2. | 12 Relais à maxima. | 19 Contacteurs électromagnétiques pour les moteurs de ventilateurs. |
| | 13 Relais de décel de patinage. | |

Fig. 13. - Bloc des JH de la locomotive type 123 ; vue du compartiment appareillage portes enlevées.



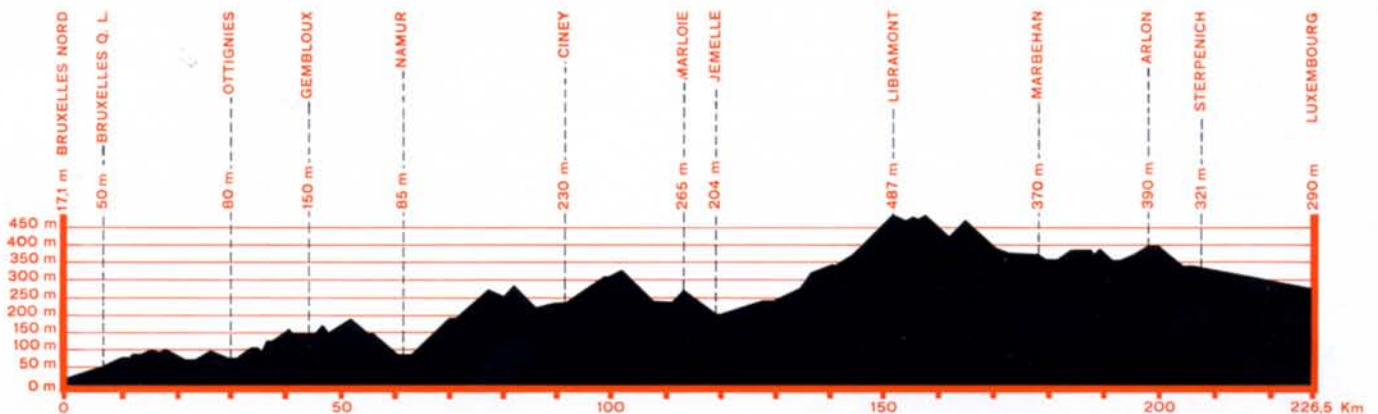
- 1 Relais de surveillance des JH
- 2 Relais de substitution pour la commande de déclenchement du disjoncteur ultra-rapide
- 3 Contacteur d'alimentation des servo-moteurs
- 4 Relais de commande du JH1
- 5 Relais de commande du JH2
- 6 Planches à bornes pour le raccordement des relais

Fig. 14. - Panneau des relais de commande du JH.

Les relais du JH sont protégés par un capot en plexiglas. Ils sont montés sur leur socle au moyen de broches permettant un remplacement facile.

place nécessaire à un équipement JH2 plus volumineux, les neuf relais pour la commande du JH ont été retirés du bloc des JH1 pour être installés dans une armoire accrochée à l'extérieur (fig. 14). Les résistances nécessaires au démarrage du groupe moteur-excitatrice sont suspendues à la toiture, au-dessus du compartiment résistances; elles bénéficient ainsi du soufflage énergétique engendré par les ventilateurs de résistances, automatiquement mis en service pendant le démarrage et le freinage à récupération.

Fig. 15. - Profil en long de la ligne Bruxelles-Luxembourg montrant les longues rampes de 16 ‰, sur lesquelles les locomotives Bo-Bo, type 123, doivent remorquer et freiner des trains de voyageurs de 430 tonnes ou des trains de marchandises de 675 tonnes.



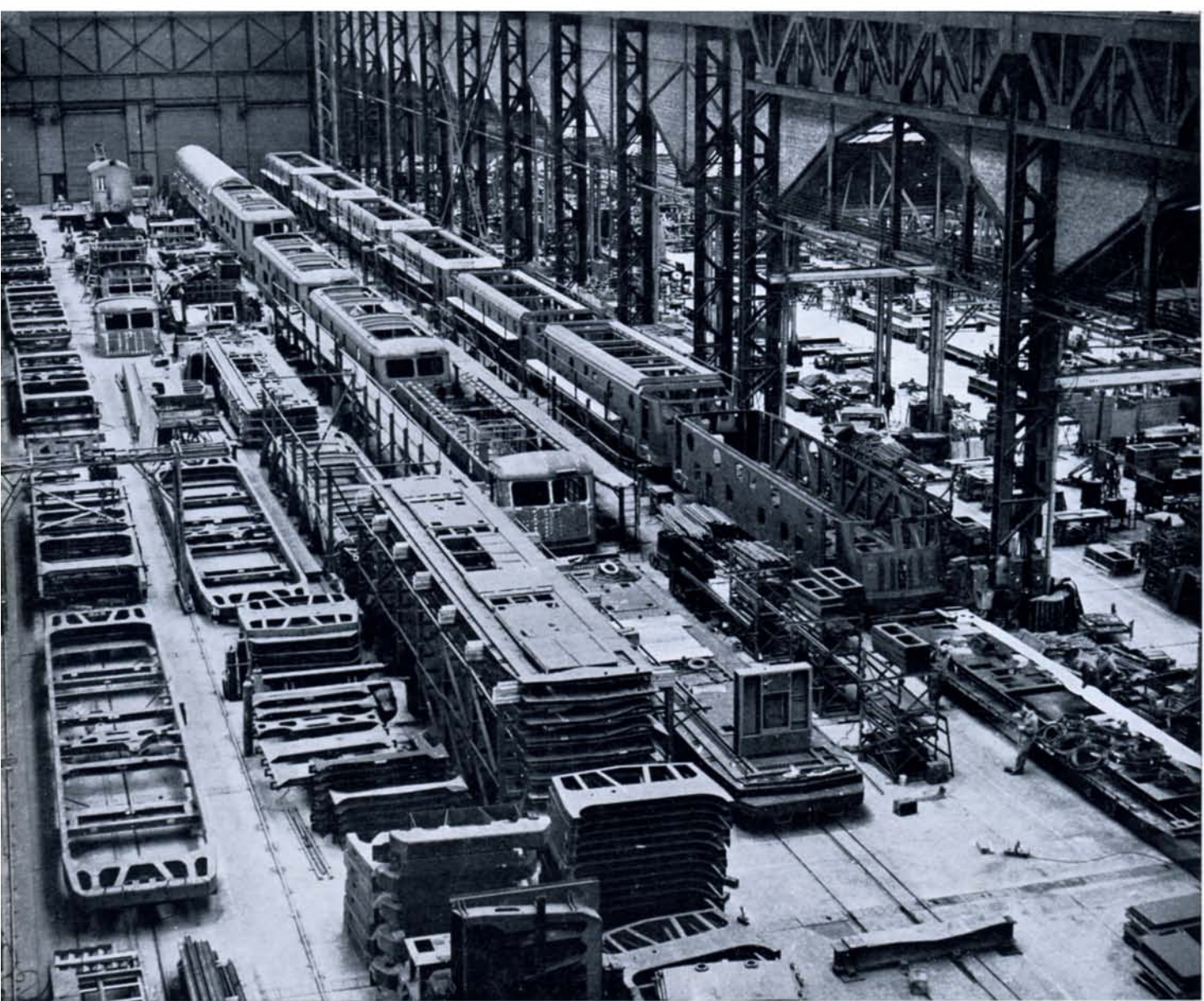


Fig. 16. - La chaîne de montage des locomotives type 123, dans les Ateliers de "La Brugeoise et Nivelles".

Conclusions

Le freinage à récupération demande un certain temps pour sa mise en service et requiert une certaine habileté de la part du conducteur pour l'accrochage des moteurs de traction sur la ligne. Il n'est pas destiné à remplacer le frein automatique à air comprimé, toujours prêt à fonctionner et capable d'effectuer instantanément les freinages d'urgence. Le freinage à récupération est prévu uniquement pour retenir les trains sur les longues descentes (fig. 15). Dans ce cas, le retard à son déclenchement, ne présente aucun inconvénient. Il permet un réglage aisé de la vitesse du train en descente, sans réaction dans les attelages, sans usure des sabots ni des bandages. De plus, il réalise une économie, non négligeable, de consommation d'énergie pour la traction des trains.

La S.N.C.B. a jugé rentable la dépense supplémentaire pour l'installation d'un frein à récupération sur les locomotives type 123, destinées au service de la ligne Bruxelles-Luxembourg. Elle a accepté d'autant plus facilement l'application du frein à récupération sur ces locomotives, que le système proposé permettait de conserver intégralement l'appareillage de traction utilisé sur les locomotives type 122 dont l'expérience a prouvé le parfait comportement en service.

P. LAMBERTS.