

Don de M. C. G. Bertrand.

AP 298

ASSOCIATION FRANÇAISE

POUR

L'AVANCEMENT DES SCIENCES

FUSIONNÉE AVEC

L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

(Fondée par Le Verrier, en 1864)

Reconnues d'utilité publique.

COMPTE RENDU DE LA 38^e SESSION

LILLE

— 1909 —

NOTES ET MÉMOIRES



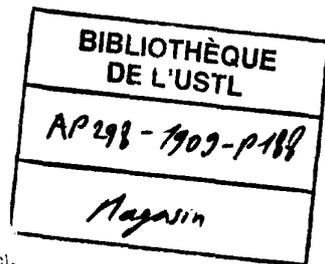
PARIS

AU SÉCRÉTARIAT DE L'ASSOCIATION

rue Serpente, 28

ET CHEZ MM. MASSON ET C^o, LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
boulevard Saint-Germain, 120

NAVIGATION, GÉNIE CIVIL ET MILITAIRE



M. LE GOASTER

Inspecteur Principal de l'Exploitation à la Compagnie du Chemin de fer du Nord (Lille).

MATÉRIEL DES VOIES ET DE LA TRACTION

656.256

— 4 août —

ENCLÈCHEMENTS.

Lorsqu'on provoque la manœuvre complète d'une des manettes, et la mise à fond de course indispensable pour la libération des enclenchements intéressés, on a l'assurance que tous les appareils de voie sont disposés, et calés s'il y a lieu, pour fixer le trajet compris entre deux points déterminés; aussi, a-t-on donné à cette manette la dénomination de « trajecteur ». Quant aux manettes qui font la sélection entre les signaux d'amont et d'aval et fixent le sens de la circulation sur le trajet ainsi préparé, on les dénomme « inverseurs ».

L'ensemble des dispositions rappelées ci-dessus est complété par des enclenchements mécaniques ayant pour but : de subordonner la manœuvre d'un inverseur à celles des trajecteurs de direction et de provenance; 2^o d'interdire la manœuvre simultanée de trajecteurs et d'inverseurs commandant des mouvements incompatibles.

Ces enclenchements ont été obtenus, tant à Ermont (trajecteurs pneumatiques à basse pression) qu'à Valenciennes et Armentières (trajecteurs hydrodynamiques), par une application du type Stevens. Des taquets portés par des barres horizontales peuvent se déplacer en s'engageant dans des encoches dont sont munies les barres verticales d'enclenchement solidaires des manettes, où viennent buter contre ces barres. L'ensemble de ces barres, disposé dans un plan vertical en avant de la batterie de manœuvre, est peu encombrant et facilement accessible pour l'entretien.

La photographie de la cabine d'Armentières fait ressortir la grande réduction en longueur et en encombrement, qui caractérise les nouvelles

batteries de manœuvre des cabines à trajecteurs fluides, par opposition avec celles des cabines Saxby dernier type (Fig. 3, cabine de la gare de Lille).

A Valenciennes, cet appareillage hydrodynamique a permis de résoudre avec 3 cabines seulement, comportant ensemble 85 manettes,

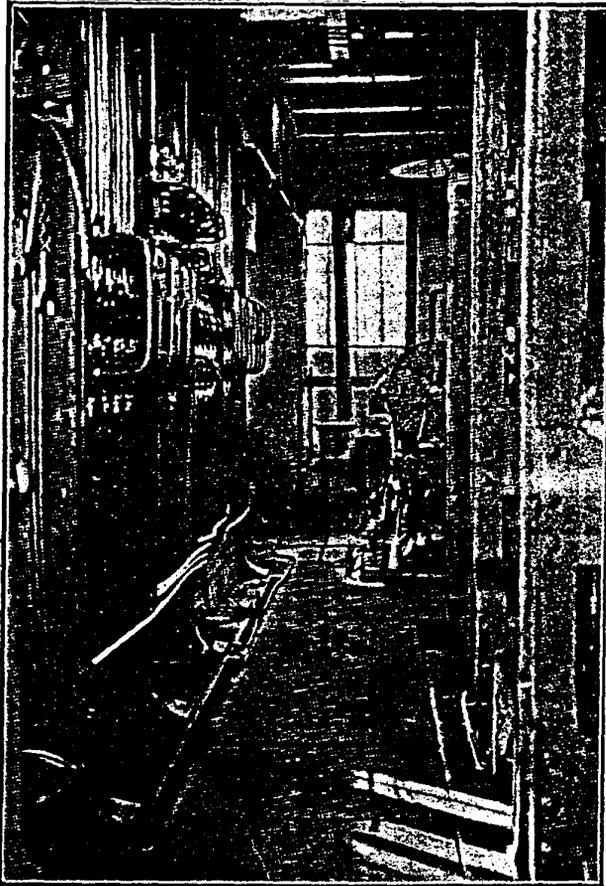


FIG. 1. — Sous-sol de la cabine hydrodynamique d'Armentières.

le problème qui, même avec les perfectionnements et simplifications du système à trajecteurs type Paris-Nord (1899), aurait exigé 4 cabines et 128 leviers.

Aux avantages recherchés au point de vue de la sécurité, de la facilité du service et de la réduction du travail exigé des aiguilleurs, ces systèmes de *trajecteurs à transmissions fluides et à contrôles multiples* ajoutent encore des avantages au point de vue de l'économie d'installation et d'entretien. Ils procurent, par surcroît, une économie

de temps dans les manœuvres : A Valenciennes, les mouvements les plus compliqués exigent 12 secondes, comptées entre le moment où l'aiguilleur touche à la première manette et le moment où le signal est ouvert.

A Armentières, douze appareils sont manœuvrés d'un seul coup de manette en 13 secondes.

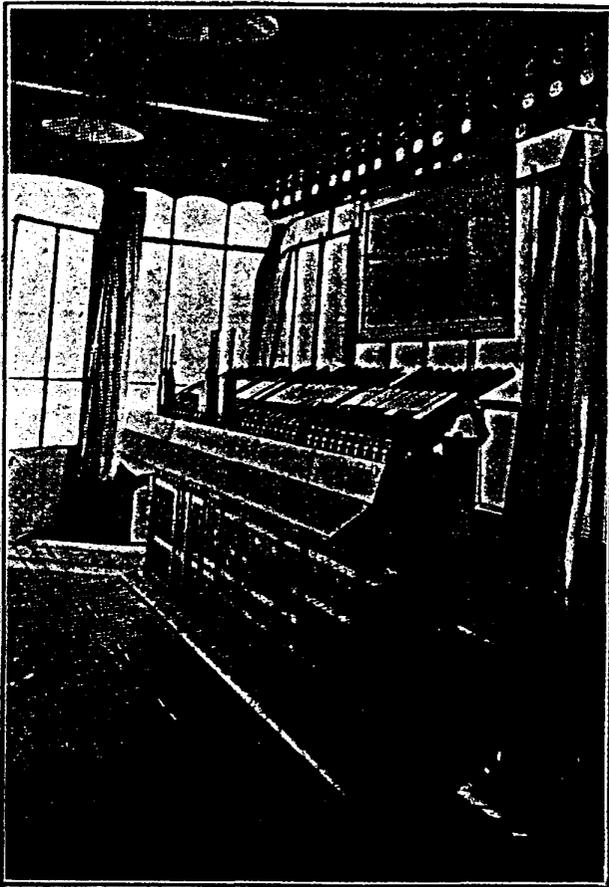


FIG. 2. — Cabine hydrodynamique d'Armentières.

Autocombinateur M. D. M. — Plus récemment, la Compagnie du Nord a mis à l'essai, dans une des cabines de l'avant-gare de Paris (au Landy), une batterie de manœuvre qui assure la commande en un seul temps d'un mouvement quelconque et qui est combinée très ingénieusement pour faciliter la détermination de l'unique manette à actionner pour le mouvement considéré.

Ce nouveau type de batterie de manœuvre pour commande à distance par fluides, dénommé par ses auteurs « autocombineur universel M. D. M., » se distingue par un minimum d'encombrement en cabine. (Fig. 4).

Chacun des éléments, dont la manette correspond aux mouvements dans les deux sens susceptibles d'être effectués sur un même trajet, est constitué par un parallépipède dont la face antérieure est un carré



FIG. 3. — Grande cabine de Lille (type Saxby).

de 12 c/m de côté seulement. Ces parallépipèdes étant juxtaposés en hauteur et en largeur, l'ensemble des manettes de commande se trouve dans une surface verticale rectangulaire très peu étendue.

Chacune des lignes horizontales de carrés (ou manettes) s'adresse à des mouvements aboutissant ou prenant naissance à l'une des voies d'amont (A par exemple); chacune des colonnes verticales s'adresse à

des mouvements intéressant au contraire l'une des voies d'aval (P). Grâce à cette disposition en table de Pythagore, l'aiguilleur trouve facilement, au croisement de la ligne horizontale A de la colonne verticale P, la manette qu'il lui suffit d'actionner dans un sens ou dans l'autre pour autoriser un mouvement de A vers P, ou inversement. La manœuvre de la manette est faite à fond, en un seul temps, sans que l'aiguilleur ait à se préoccuper de la totalisation des contrôles qui se fait automatiquement avant l'ouverture du signal intéressé.

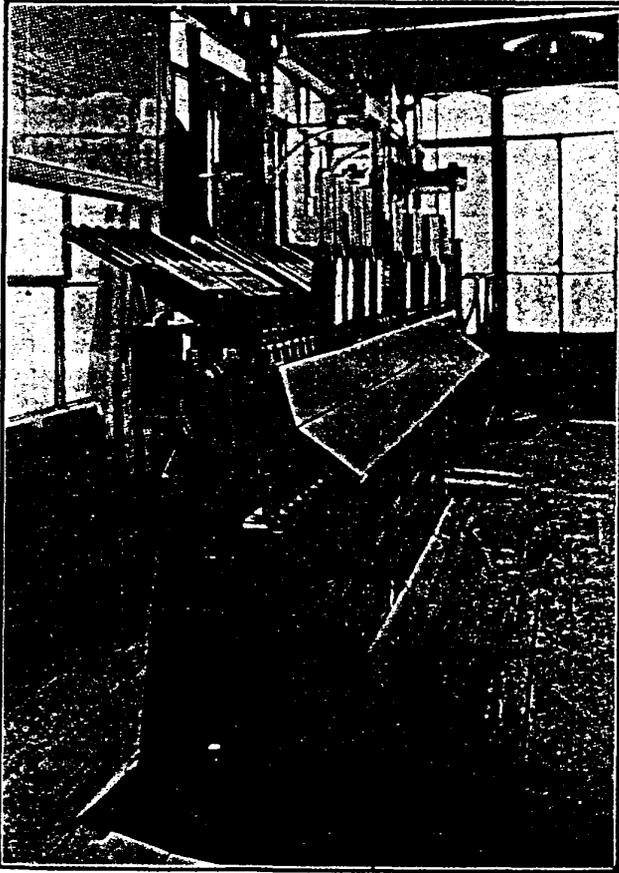


FIG. 4.

Dans des plans verticaux postérieurs au plan des manettes se trouvent réalisés, d'une manière originale, les enclenchements entre mouvements incompatibles.

La batterie de manœuvre système M.D.M. a donné de bons résultats. Dans ce système, encore plus que dans les précédents, la simplicité des

mouvements de manettes à effectuer, en supprimant tout apprentissage préalable, permet, en cas d'incident, de faire assurer convenablement le service de cabine par un personnel non spécialisé.

Il est donc permis de dire que la Compagnie du Nord a pleinement résolu le problème consistant à doter les cabines de concentration les plus intéressantes de ses grandes gares, d'un dispositif à la fois souple et sûr, exigeant le minimum d'efforts de la part des agents d'exécution.

LOCOMOTIVES ET MATÉRIEL ROULANT.

Locomotives grande vitesse. — Avant de parler des locomotives actuellement utilisées pour remorquer les trains express et rapides, il convient de rappeler, pour mémoire, les locomotives de faible puissance utilisées à l'origine du chemin de fer : machines à essieux indépendants et à roues de faible diamètre, machines Crampton à essieu moteur indépendant de 2^m10 de diamètre, machines à deux essieux couplés de diamètre inférieur à 2 mètres. Toutes ces machines, dont le timbre de la chaudière variait entre 6 k. 5 et 7 k. 5 ne pouvaient remorquer les trains de voyageurs, de composition cependant assez réduite à cette époque, qu'à des vitesses relativement faibles.

Il fallut bientôt envisager la possibilité de remorquer, à grande vitesse, des trains de voyageurs qui devenaient de plus en plus lourds. Le Chemin de fer du Nord fit construire, en 1870, en vue de la traction des trains express, des locomotives à 3 essieux, dont deux essieux couplés avec roues de 2^m10 de diamètre et foyer profond descendant entre les deux essieux couplés ; puis quelques années plus tard, modifia le type de ces machines en remplaçant l'essieu de petit diamètre qui se trouvait à l'avant par un bogie avec pivot fixe.

Ce type de machines à simple expansion dénommé « Outrance » suffit à tous les besoins pendant une période assez longue.

Cependant, les exigences d'un trafic de plus en plus actif et le désir d'améliorer le confort dans les voitures à voyageurs imposaient à la Compagnie la nécessité d'augmenter très notablement les charges remorquées par les trains rapides. Les machines « Outrance », même après avoir été renforcées de manière à porter de 10 à 11 kil. le timbre de la chaudière et avoir reçu des cylindres d'un diamètre plus grand, devenaient insuffisantes ; sur la rampe de 5^m/_m qui sépare St-Denis de Survilliers, ces machines « Outrance » ne pouvaient remorquer un train de 150 T. (26 essieux) qu'à une vitesse de 65 kilomètres à l'heure, et un train de 200 tonnes, à une vitesse de 60 kilomètres à l'heure seulement.

C'est alors qu'on étudia des machines à double expansion susceptibles

de remorquer à des vitesses plus considérables les trains lourds à marche rapide.

La locomotive 701, construite à Belfort dans les ateliers de la Société Alsacienne, fut mise en service sur le réseau du Nord en janvier 1886.

Pourvue d'une chaudière timbrée à 11 k., elle différait des machines express de l'époque par l'addition de deux cylindres de basse pression, placés à l'extérieur des longerons et actionnant l'essieu d'arrière, tandis que les cylindres intérieurs, dont le diamètre était réduit, continuaient à fonctionner à haute pression et actionnaient le 2^e essieu.

Cette machine comportait donc 2 essieux moteurs de 2^m 10 de diamètre, mais sans bielles d'accouplement entre les deux essieux moteurs. A l'avant, se trouvait un essieu porteur à déplacement radial. Pourvue dans la suite d'un bogie à l'avant, cette première machine Compound fit un bon service et permit, par une comparaison avec les machines « Outrance » affectées pendant plusieurs années à un service identique (avec même chaudière, même pression de 11 k. et mêmes cylindres de détente), de constater que le système Compound était économique, même aux pressions moyennes (11 k.).

En dehors de la question d'accroissement de puissance, il y avait donc intérêt à construire des machines à double expansion et à timbre de chaudière plus élevé.

M. du Bousquet, ingénieur en Chef de la Traction de la Compagnie du Nord, étudia et définît les conditions d'établissement permettant de tirer le meilleur parti des machines Compound qui devaient dans la suite être affectées, à l'exclusion de toutes autres, au service des trains à marche rapide.

Dès 1889, la Compagnie mettait en service la machine 2.101, plus puissante que la machine 701 dont il vient d'être question, et qui figura à côté d'elle à l'Exposition de 1889.

La machine 2.101 avait à l'avant un bogie porteur et à l'arrière deux essieux couplés de 2^m 10 de diamètre. Sa chaudière était timbrée à 12 k. et les cylindres atteignaient 480^{mm} de diamètre. Elle permit de remorquer sur des rampes continues de 5 millimètres, des trains de 190 tonnes à la vitesse de régime de 72 kilomètres à l'heure. Toutefois, on reconnut assez vite les inconvénients de l'unique essieu moteur à arbre coudé, et la nécessité de répartir le travail entre les deux essieux moteurs comme dans la machine 701.

Fort de ces expériences, la Compagnie du Nord décida de construire deux nouvelles locomotives Compound à grande vitesse et à 4 cylindres, en tenant compte des enseignements recueillis au cours du service des deux machines Compound ainsi mises à l'épreuve.

Les locomotives 2.121 et 2.122 qui furent construites par la Société

Alsacienne de constructions mécaniques de Belfort et qui furent mises en service en août et septembre 1891, avaient été étudiées par le service de la Traction en prenant pour base la machine 701 et comportaient à cet effet les dispositions suivantes :

1^o Bogie à l'avant.

2^o Répartition de l'effort moteur sur deux essieux.

3^o Essieu d'arrière reporté derrière le foyer pour remédier aux chauffages des boîtes constatés antérieurement.

4^o Accouplement des deux essieux moteurs, en vue de rendre les démarrages plus rapides.

5^o Chaudière timbrée à 14 k.

6^o Aménagement des grands cylindres à l'intérieur, au-dessus du bogie, et des petits cylindres à l'extérieur, en arrière de la dernière roue du bogie, disposition qui évitait tout porte-à-faux et avait l'avantage de faire suivre à la vapeur un chemin rectiligne réduisant au minimum les pertes de pression et la contrepression.

7^o Application d'un appareil permettant, quand la nécessité s'en faisait sentir, d'envoyer directement la vapeur des petits cylindres à l'échappement, en alimentant les grands cylindres par de la vapeur à 6 k. prise directement à la chaudière.

Cette disposition devait permettre, lors des démarrages, de transformer la machine Compound en machine à 4 cylindres.

Elle pouvait être en outre d'un grand secours en donnant la possibilité de continuer la marche, en cas d'avaries intéressant l'une des parties.

Les deux nouvelles machines furent comparées à des machines " Outrance " du type le plus récent et affectées à des services identiques et, en outre, soumises à des expériences minutieuses les concernant en propre.

On constata que le travail total de la vapeur sur les pistons atteignait parfois 1.000 chevaux, et dépassait même ce chiffre, alors que, dans les expériences du même genre pratiquées en 1886 sur la locomotive 701 (première machine Compound) on avait relevé un travail total d'environ 750 chevaux.

Les nouvelles machines développaient, en pleine marche, un travail de beaucoup supérieur à celui des machines " Outrance " bien que la surface de grille (2 mq. 04) fût inférieure à celle des secondes (2^m 31) ; elles démarraient plus rapidement et, enfin, réalisaient par rapport aux machines à grande vitesse à simple expansion affectées au même service, une économie de combustible très appréciable.

Elles répondaient donc pleinement aux prévisions que le service de

la Traction avait envisagées en établissant les plans d'ensemble confiés pour exécution à la Société Alsacienne et M. du Bousquet, en adoptant définitivement le modèle des locomotives 2.121 et 2.122, s'attacha à le perfectionner en prescrivant d'y apporter successivement et au fur et à mesure des commandes ultérieures, toutes les modifications de détail reconnues utiles.

15 machines de ce type mises en service en 1893-1894 ne différaient des prototypes que par l'emploi de tubes à ailerons, système Serve, en vue d'obtenir une plus forte production de vapeur, en même temps qu'une plus grande section de passage pour les gaz.

20 autres machines mises en service en 1895 étaient caractérisées par une élévation de 14 à 15 kil. du timbre de leurs chaudières, d'où une meilleure utilisation de la vapeur et un accroissement de puissance.

Au cours de l'été 1896, on mettait en service trois autres de ces machines dans lesquelles on avait, dans le but de créer un modèle plus puissant encore, augmenté à la fois la surface de grille (portée à 2^m2,30) la surface de chauffe (portée à 179^m2,23) et le diamètre du corps cylindrique (porté à 1^m35).

Ces machines ayant confirmé toutes les prévisions au point de vue de la facilité avec laquelle elles remorquaient les trains rapides et lourds et du travail maximum indiqué (1.200 chevaux), furent reproduites avec quelques perfectionnements de détail dans une série de 20 nouvelles locomotives mises en service en 1898-1899, ce qui portait alors à 60 le nombre des locomotives "Compound" affectées au service des trains rapides.

Pour fixer les idées sur les progrès réalisés, on constata que sur le même profil de 5 ‰ et avec la charge de 200 tonnes qui a été envisagée plus haut pour le service des machines à grande vitesse à simple expansion dites "Outrance" les 20 locomotives de la dernière série "Compound" permettaient de gravir la rampe à une vitesse de 90 kilomètres à l'heure (au lieu de 60).

Locomotives Compound à 2 essieux couplés de la série 2.641 à 2.675. — M. du Bousquet voulut faire mieux encore et chercha à réduire les écarts de vitesse constatés entre la montée et la descente sur les pentes de 5 ‰. Il s'attacha à modifier le type "Compound" qui avait donné déjà de si bons résultats, dans le but de créer des machines assez puissantes pour gravir ces rampes de 5 ‰ à la vitesse de 100 kilomètres à l'heure, avec une charge remorquée de 250 tonnes.

Cette augmentation notable de la puissance fut recherchée et obtenue, en adoptant une plus grande surface de grille et une chaudière plus grande, ce qui conduisit à augmenter la longueur de la machine et son poids et à ajouter par suite aux essieux que possédaient les loco-

tives "Compound" précédemment construites, *un essieu porteur à l'arrière.*

Du même coup, on profita de ce point d'appui supplémentaire pour modifier l'agencement du foyer par rapport aux essieux et reporter à l'avant du foyer, sous le corps cylindrique, le deuxième essieu moteur.

A cet effet, le diamètre des roues motrices fut légèrement diminué et ramené de 2^m114 à 2^m04, ce qui permit par surcroît de réduire la longueur et le poids des bielles d'accouplement.

C'est sur ces bases que furent créées, en 1900, les machines 2.641 et 2.642 (cette dernière figura à l'Exposition Universelle de 1900), puis vers 1902, la série des machines 2,643-2.675 (Fig. 5) qui avaient, toutes, leurs chaudières timbrées à 16 k. avec une capacité totale d'environ 8 mètres cubes, une surface de grille de 2^m76 et une surface de chauffe totale de 220 mètres carrés.

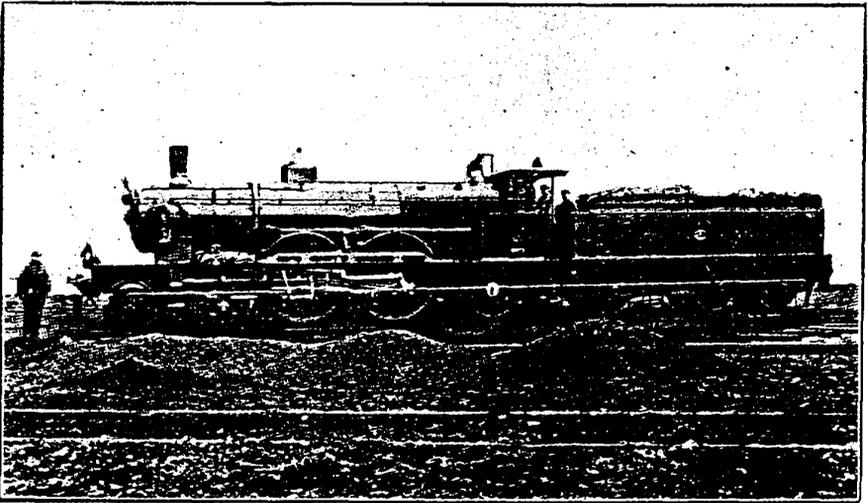


FIG. 5.

Aux dispositions déjà énumérées dans la description du type primitif (machine 2.121) et à l'agencement nouveau résultant de l'adoption d'un essieu porteur à l'arrière, ces locomotives "Compound" à grande vitesse, dernier type, joignaient un certain nombre de perfectionnements de détail :

a) Le rapport des volumes engendrés par les pistons dans les cylindres BP et HP a été porté de 2,42 (machines Compound du type primitif) à 2,71, ce qui, eu égard à la pression du timbre, assure une détente plus complète de la vapeur et, par suite, un rendement technique plus élevé.

b) Les mécanismes de distribution, du système Walschaert, ont été rendus plus robustes et améliorés pour diminuer l'importance des frottements dans les tourillons d'articulation de la coulisse.

c) En ce qui concerne l'appareil de changement de marche, on a maintenu, en réalisant d'une manière différente, le principe adopté dès l'origine et d'après lequel les mécanismes de distribution peuvent être liés ou rendus indépendants, à la volonté du mécanicien, qui est toujours libre d'établir entre les crans de marche HP et BP la relation qu'il juge la plus favorable à la bonne allure de la machine, eu égard aux conditions de la marche.

d) Afin d'éviter une exagération de la compression, qui serait une gêne pour les grandes vitesses, les espaces neutres aux fonds de courses, dans les cylindres de haute et de basse pression, ont été respectivement amenés à 14 % et à 9 % environ des volumes engendrés par les pistons, et les recouvrements des tiroirs ont été modifiés dans le même but.

e) L'indépendance du fonctionnement entre les petits et les grands cylindres, au lieu d'être réalisée comme dans les machines précédentes, à l'aide de gros robinets à 3 voies actionnés, le cas échéant, par un servo-moteur, l'a été par une disposition plus perfectionnée, qui est la suivante :

Les tubulures d'échappement des petits cylindres se prolongent par des tuyaux rigides en fer jusqu'aux grands cylindres, au droit desquels ils s'emmanchent dans des presse-garnitures permettant la dilatation. Chaque tuyau débouche ainsi dans une boîte d'obturateur cylindrique venue de fonte avec le cylindre BP et communiquant soit avec la boîte à vapeur BP en régime normal, soit, après un quart de tour, avec la tuyère d'échappement direct.

Cette rotation de un quart de tour de l'obturateur cylindrique se fait, à la volonté du mécanicien, par l'intermédiaire d'un petit cylindre fonctionnant comme servo-moteur et dont le piston se déplace sous la pression de l'air comprimé emprunté au réservoir principal du frein Westinghouse.

L'emploi de ces appareils de mise en marche permet de réaliser suivant les besoins quatre fonctionnements différents de la machine "Compound" savoir :

1° Fonctionnement habituel en "Compound" ;

2° Fonctionnement en machines indépendantes, à simple expansion, lors du démarrage ;

3° Fonctionnement avec les petits cylindres seuls, en cas d'avaries aux cylindres ou aux mécanismes de basse pression ;

4° Fonctionnement avec les grands cylindres seuls, en cas d'avaries aux cylindres ou aux mécanismes HP.

f) La suspension de la locomotive a été améliorée par l'augmentation de la longueur des ressorts et l'adoption de balanciers compensateurs établissant la connexité entre les ressorts des deux essieux et ceux de l'essieu d'arrière.

g) Le freinage de la machine s'exerce, au moyen de sabots en fonte, à la fois sur les 4 roues motrices et sur les 2 roues de l'essieu porteur.

h) Les mécanismes de commande ont été reportés de droite à gauche de la machine, dans le but de faciliter aux mécaniciens la visibilité des signaux (toutefois cette modification n'avait pas été apportée dans les deux premières machines de la série 2.641 et 2.642).

C'est grâce à ces machines puissantes et perfectionnées, obtenues à la suite d'efforts constants et raisonnés, que la Compagnie du Nord a pu détenir le record de la vitesse pour ses grands trains à marche rapide et rapprocher les distances au point de mettre Boulogne et Lille respectivement à 2 h. 49 et 2 h. 50 de Paris, alors qu'en 1889, les mêmes parcours étaient effectués par les rapides en 3 h. 57 et 3 h. 45.

Pour marquer sous une autre forme le progrès réalisé en ces vingt dernières années et reprendre la base de comparaison employée précédemment, pour caractériser les machines à simple expansion dites « Outrance » (qui ne remorquaient une charge de 150 tonnes sur les rampes de 5 m/m qu'à la vitesse de 65 kilomètres à l'heure au maximum), on constate qu'aujourd'hui, avec une charge remorquée de 250 tonnes, la vitesse de régime est de 100 kilomètres à l'heure, sur de longues rampes de 5 m/m par mètre ou de 120 kilomètres en palier (la vitesse de 120 kilomètres est d'ailleurs le maximum autorisé par les Règlements) et qu'avec une charge remorquée de 300 tonnes, la vitesse de régime est de 90 à 92 sur rampe de 5 m/m ou de 110 à 120 kilomètres en palier.

D'après les relevés des diagrammes indicateurs, la plus grande puissance observée a été de 1.500 chevaux en rampe de 5 m/m par mètre à la vitesse de 102 kilomètres à l'heure.

Locomotives pour trains de marchandises. — Pendant que se transformaient comme nous venons de le voir les locomotives à grande vitesse, des progrès analogues étaient marqués dans l'évolution des locomotives de trains de marchandises.

Dès 1857, les exigences du trafic des houilles amenaient la Compagnie du Nord à créer, pour la remorque des trains lourds, des machines à

marchandises puissantes à 4 essieux couplés. De cette époque datent les machines « Engerth » à 4 essieux couplés de 1^m,25 de diamètre, timbrées de 7 k. 5, qui remorquaient sur des rampes n'atteignant pas 6^m/m, des trains de 615 tonnes, et, sur les rampes de 6 à 12^m/m, des charges variant de 575 à 345 tonnes suivant la déclivité.