

et vent se firent par temps presque calme. Le clapotis ne fut un peu fort qu'un seul jour; mais, par suite des conditions d'organisation, les appareils ne purent prendre le départ que très tard, lorsque la mer était déjà à peu près tombée.

On put ainsi constater que les décollages par temps calme des appareils à faible surface étaient en général très pénibles, ce qui témoigne d'une mauvaise étude des formes de flotteurs, ou d'un excès de puissance insuffisant. Les appareils à fuselage-coque, lourdement chargés, prenaient difficilement leur vitesse et, insuffisamment défendus à l'avant contre les lames, auraient vraisemblablement, par clapotis, risqué de se remplir d'eau.

Les appareils n'étant, en général, pas suffisamment au point, durent, pour la plupart, recommencer à plusieurs reprises leur épreuve de montée à 500 mètres. Les meilleures montées furent celles des deux *Bréguet*, effectuées en 7' 30" et 8' 10".

Les appareils suivants furent seuls qualifiés pour les épreuves finales: 2 *Farman*, 2 *Bréguet*, 1 *Borel*, 1 *Lévêque*, 1 *Deperdussin*, 1 *Nieuport*.

*Épreuve de parcours.* — Des appareils que nous venons de nommer, les deux *Farman* seuls atteignirent 300 milles (557 kilom.): l'un (moteur *Renault*), s'arrêta par suite d'une rupture de bielle

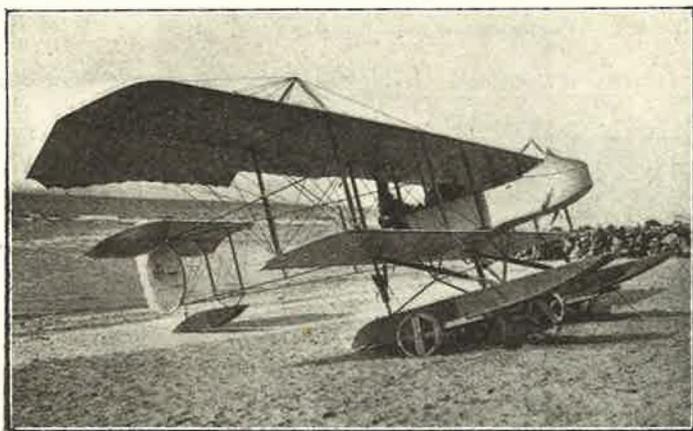


FIG. 15. — Vue d'un biplan H. Farman.

produisant le défoncement du carter: l'autre (moteur *Canton-Unné*) s'arrêta par manque d'essence.

Le *Lévêque* effectua 230 milles (426 kilom.) sans escale et dut se ravitailler.

Les deux *Bréguet* s'arrêtèrent par suite d'avaries à la tuyauterie d'eau; les pilotes ayant continué à marcher pendant quelques minutes sans eau de refroidissement, la plupart des soudures furent fondues: du reste, les avaries purent être réparées en deux jours, les pistons, cylindres et bielles n'ayant que peu souffert dans cette marche tout à fait anormale.

Les deux *Farman* reçurent chacun un prix de 27 000 francs.

*Épreuves de vitesse.* — Le classement pour le parcours de 250 milles fut le suivant:

- 1<sup>er</sup> *Lévêque*, piloté par Molla (vitesse, 85<sup>k</sup> à l'heure) (prix, 10 000 francs);
- 2<sup>e</sup> *Farman*, piloté par Renaux (vitesse, 83<sup>k</sup> à l'heure) (prix, 5 000 francs).

Dans le parcours de 100 milles sans escale, le classement fut:

- 1<sup>er</sup> *Bréguet*, piloté par Moineau (vitesse, 100<sup>k</sup> à l'heure) (prix, 7 000 francs);
- 2<sup>e</sup> *Borel*, piloté par Chemet (vitesse, 91<sup>k</sup> à l'heure) (prix, 3 000 francs).

*Épreuves de décollage.* — L'une de ces épreuves a été gagnée par *Caudron* (prix de 6 000 francs), l'autre par *Farman* (deux prix de 7 500 francs). Le prix d'écart des vitesses n'a pas été attribué.

**CONCLUSIONS.** — Il est plus difficile de tirer des conclusions fermes de ce meeting que de celui de Monaco, les appareils n'ayant pas été soumis à une épreuve aussi dure.

Au point de vue construction, on peut noter que les avaries survenues aux appareils eux-mêmes sont imputables, soit à un mauvais centrage et manque de mise au point (*Dussot*), soit à la rigidité des châssis (*Nieuport*, *Deperdussin*).

La tendance générale vers les suspensions à amortisseurs est très marquée; mais l'emploi des amortisseurs en caoutchouc, s'il est admissible sur un appareil de meeting, ne le serait plus avec un appareil destiné à faire un service sérieux à la mer.

Sur plusieurs biplans, les flotteurs principaux sont encore reliés aux ailes. Il y a là un dispositif à modifier, les efforts sur les longerons d'ailes étant trop considérables. La seule solution rationnelle est le rattachement des flotteurs au fuselage, comme sur les monoplans et les *Bréguet*.

Les essais de décollage et de montée ont montré d'une façon bien nette la nécessité d'un très grand excédent de puissance: aussi, tandis qu'à Monaco les moteurs de plus de 120 chevaux étaient l'exception, ils étaient la règle à Deauville. Il faut noter à ce sujet que les moteurs fixes (*Canton-Unné*, *Renault*), sont les seuls à avoir pu effectuer de longs parcours. Les moteurs à refroidissement par eau (*Canton-Unné* (de la maison Salmson), de Gaubert (*Farman*) et Molla (*Lévêque*)) ont tourné sans défaillance jusqu'à épuisement de leur combustible, et les accidents de Moineau et Brégi paraissent dus surtout aux pilotes: le moteur à eau paraît donc devoir (au moins actuellement) s'adapter plus spécialement aux appareils destinés à fournir de longs parcours en emportant de fortes charges. L'excédent de poids représenté par les radiateurs et l'eau est d'ailleurs largement compensé par les économies de poids sur l'essence, l'huile, et les réservoirs destinés à contenir ces approvisionnements.

Au point de vue flotteurs, la question de l'emploi du redan à la mer n'a pas été solutionnée: si, en effet, la maison *Maurice Farman* remplaça ses flotteurs à redan primitifs par les flotteurs à fond plat que ses appareils avaient à Monaco, cela provient probablement du fait que le redan était mal placé par rapport au centre de gravité de l'appareil. De même, la question de l'emploi d'un flotteur central ou de deux flotteurs en catamaran reste entière. En tout cas, le dessin de l'arrière des flotteurs serait à modifier sur la plupart des appareils, en vue de diminuer les énormes projections d'eau qu'ils occasionnent. De même, la réserve de la flottabilité des flotteurs est généralement trop faible et ils sont trop enfoncés au repos. Le volume des flotteurs de queue paraît toujours insuffisant pour donner une stabilité nautique convenable: nombre d'appareils, stoppés par vent un peu fort, seraient certainement en danger de chavirer.

Au point de vue hélices, la nécessité du blindage des pales a été démontrée une fois de plus: les hélices ordinaires ou entoillées se sont déchiquetées très vite en tournant dans les embruns.

En résumé, la formule à réaliser pour obtenir un bon hydro-aéroplane paraît être: grande robustesse, grand excédent de puissance, grands approvisionnements, ce qui peut se résumer en cette autre plus simple: grand poids, et gros moteurs.

A. DELAUNAY.

## CHEMINS DE FER

### LES LOCOMOTIVES A L'EXPOSITION DE GAND

#### Locomotives belges.

(Planche XXVIII. — Suite et fin<sup>1</sup>.)

Les locomotives exposées à Gand par les Sociétés de construction de Belgique sont au nombre de quatorze:

1<sup>o</sup> Deux locomotives type 9 de l'État belge, exposées: l'une par la Société des Ateliers de construction de la Meuse, à Sclessin-Liège, l'autre par la Société des Usines métallurgiques du Hainaut, à Couillet;

2<sup>o</sup> Deux locomotives type 10 de l'État belge, construites l'une par la Société Franco-Belge, à la Croÿère, l'autre par la Société des Grosses Forges et Usines de la Héstre, à Haine-Saint-Pierre;

3<sup>o</sup> Trois locomotives type 36 de l'État belge, exposées par la Société des Forges, Usines et Fonderies de Gilly, la Société de Saint-Léonard, à Liège, et la Société des Ateliers du Thireau, à la Croÿère;

4<sup>o</sup> Une locomotive-tender type 13 de l'État belge, construite par les Ateliers métallurgiques, à Bruxelles;

5<sup>o</sup> Les deux locomotives-tenders des Compagnies P.-L.-M. et de l'Est, dont nous avons déjà parlé<sup>(2)</sup>, enfin diverses machines pour le Congo belge, les Chemins de fer argentins, etc.

Une locomotive de chacun des types de l'État belge énumérés ci-dessus figure dans l'intéressante Exposition rétrospective organisée par cette Administration, et qui permet de mesurer d'un simple coup d'œil les progrès réalisés dans la construction générale, la puissance et l'économie de fonctionnement de ces machines, dans l'espace de quatre-vingts ans écoulés depuis l'ouverture à l'exploitation de la première ligne belge.

La notice publiée au sujet de cette exposition rétrospective par les Chemins de fer de l'État belge signale que c'est à la Belgique

(1) Voir le *Génie Civil*, t. LXIII, n<sup>os</sup> 4, 11, 12 et 22.

(2) Voir le *Génie Civil* du 24 mai (t. LXIII, n<sup>o</sup> 4, p. 70), et du 12 juillet 1913 (t. LXIII, n<sup>o</sup> 11, p. 211).

que revient l'honneur d'avoir organisé sur le continent les premiers transports publics à vapeur par voies ferrées. La loi décrétant l'établissement des chemins de fer en Belgique est du 1<sup>er</sup> mai 1834 ; à peine un an après, le 5 mai 1835, on fêta l'inauguration de la section de Malines à Bruxelles de la ligne se dirigeant vers la frontière française, et au 17 mai 1840, c'est-à-dire en six ans, l'État avait construit, outillé et mis en exploitation 329 kilom. de lignes, dont 32 à voie double.

Le réseau des Chemins de fer belges comprend aujourd'hui 4 330 kilom. de lignes à écartement normal exploitées par l'État, et 323 kilom. de lignes exploitées par des Compagnies. En outre, la Société nationale des Chemins de fer vicinaux a mis en exploitation un total de 3 786 kilom. de voies étroites.

Si l'on rapporte le total de ces chiffres à la superficie du territoire, cela représente 28<sup>km</sup> 8 de voies exploitées par 100 kilomètres carrés, alors que pour le Luxembourg, qui vient immédiatement après sous ce rapport, le nombre de kilomètres exploités par 100 kilomètres carrés est seulement de 19<sup>km</sup> 7 ; il descend à 12 kilom. pour l'Angleterre et 9<sup>km</sup> 2 pour la France.

*Locomotives à voyageurs.* — Sans nous étendre sur les machines anciennes, dont la première sortit en 1835 des Ateliers Cockerill (fig. 1) et dont le type 17 (fig. 2), datant de 1898, peut être considéré comme le dernier, nous signalerons de préférence les machines modernes. En 1905, M. Flamme créa une locomotive (fig. 3), à trois essieux couplés, qui figura la même année à l'Exposition de Liège : elle fut construite sur les principes innovés par cet habile ingénieur (actuellement administrateur de la Traction et du Matériel des Chemins de fer de l'État belge), consistant à utiliser quatre cylindres égaux à simple expansion, alimentés par de la vapeur surchauffée. On sait qu'un grand nombre de Compagnies de Chemins de fer ont fait construire, depuis, plusieurs centaines de locomotives de ce type, dont la notice déjà citée se contente de rappeler les avantages principaux : les organes à mouvement alternatif peuvent être parfaitement équilibrés sans l'emploi de contrepoids additionnels, lesquels provoquent toujours aux grandes vitesses des variations dans les charges sur les rails ; les machines sont extrêmement stables, démarrent rapidement et sont de conduite aisée ; leur construction, par rapport à celle des machines compound, est simplifiée, parce qu'il n'y a pas de cylindres B.P. de grand diamètre, dont le placement est toujours difficile, à cause des limites imposées par le gabarit ; enfin, l'abaissement du timbre des chaudières rend moins onéreux l'entretien de celles-ci.

La description de ce type de machine, ainsi que celle de la locomotive Pacific constituant le type 10 des Chemins de fer de l'État belge, ont été données dans le *Génie Civil*, à propos de l'Exposition de Bruxelles, en 1910 (1). Une locomotive Pacific construite par la Société Franco-Belge, à la Croyère, figure également dans l'Exposition rétrospective de Gand, qui comporte ainsi sept machines à voyageurs.

*Locomotives à marchandises.* — Elles sont au nombre de six.

La locomotive type 32 (fig. 4), datant de 1902, a marqué, pour le matériel à marchandises, l'avènement du foyer mi-profond, à boîte à feu en berceau, le foyer Belpaire étant réservé désormais aux locomotives pour trains de marchandises à allure lente ; on lui a appliqué, depuis, la surchauffe, et il constitue le type courant de locomotive à marchandises. Sauf sur un certain nombre de lignes

à fortes rampes, ces machines suffisent à remorquer les plus longs trains de marchandises pouvant être reçus sur les voies de garage des stations elles sont fréquemment appelées, aussi, à remorquer des trains de voyageurs, principalement des trains omnibus.

Les locomotives mixtes à surchauffe type 35, représentées figure 5, sont les seules de l'État belge affectées au service des trains de marchandises qui soient munies d'un bogie. Il est vrai qu'elles remorquent souvent aussi des trains de voyageurs dont la vitesse, à certains endroits, peut atteindre 90 kilom. à l'heure. Elles sont à deux cylindres intérieurs, et les dernières machines de la série possèdent le surchauffeur Schmidt, de construction ; pour les autres, on les en munit au fur et à mesure de leur passage en grande réparation.

Le dernier type de machine à marchandises de l'État belge est la locomotive Flamme à quatre cylindres égaux, à simple expansion et à surchauffe, représentée figure 6, et dont plusieurs spécimens figuraient déjà à l'Exposition de Bruxelles ; le *Génie Civil* en a donné la description à cette époque (1). Les Chemins de fer de l'État belge ont, en service ou en construction, 136 locomotives semblables ; elles remorquent sur la ligne à rampes de 16 millimètres du Luxembourg une charge supérieure de près de 15 % à celle de deux locomotives du type 32, qui assuraient précédemment ce service, en réalisant par rapport à ces dernières une économie d'huile et de charbon estimée à environ 20 %.

*Locomotives-tenders.* — L'Exposition rétrospective de Gand comprend encore cinq

locomotives-tenders, dont trois sont affectées à des manœuvres de gare, à des services de marchandises ou de renfort sur les fortes rampes. Les deux autres assurent le service des trains de voyageurs sur les lignes secondaires, où l'on pratique souvent l'exploitation en navette : l'une, datant de 1899, est à deux essieux couplés, encadrés entre un bogie et un essieu porteur (fig. 7) ;

l'autre, qui a été achevée seulement pour l'ouverture de l'Exposition, est à trois essieux couplés et deux bogies.

Construite par les Ateliers métallurgiques de Tubize, celle-ci (fig. 8, du texte, et fig. 1 et 2, pl. XXVIII) est du type Flamme à quatre cylindres égaux à simple expansion, avec surchauffeur Schmidt. Elle n'est pas à proprement parler une machine de grande ligne, car elle est surtout destinée à remorquer des trains à arrêts relativement rapprochés, ce qui implique des démarrages faciles. On a choisi, en conséquence le diamètre des roues motrices, étant donné aussi que la vitesse de marche doit pouvoir s'élever à 110 kilom. D'un autre côté, pour obtenir un poids adhérent en rapport avec les efforts de traction à développer, sans dépasser la limite de charge admise par essieu, il était nécessaire d'employer trois essieux couplés.

Le bogie d'arrière (fig. 9 et 10), qui est nécessaire parce qu'un seul essieu porteur eût été trop chargé, permet d'autre part à la machine de rouler à grande vitesse indifféremment dans les deux sens : dans le but d'assurer complètement la sécurité dans la marche cheminée arrière, il a paru nécessaire de conjuguer par balanciers la suspension de ce bogie et celle des essieux couplés, de manière à obtenir une répartition des charges indépendante de la voie.

Le châssis se compose de deux traverses extrêmes en tôle, et d'une pièce centrale en acier coulé, à laquelle s'attachent les bielles inclinées. Le pivot du bogie n'est pas chargé, son unique fonction étant de maintenir la liaison avec le châssis principal de la machine. Il s'engage dans une traverse en acier coulé, suspendue par bielles au

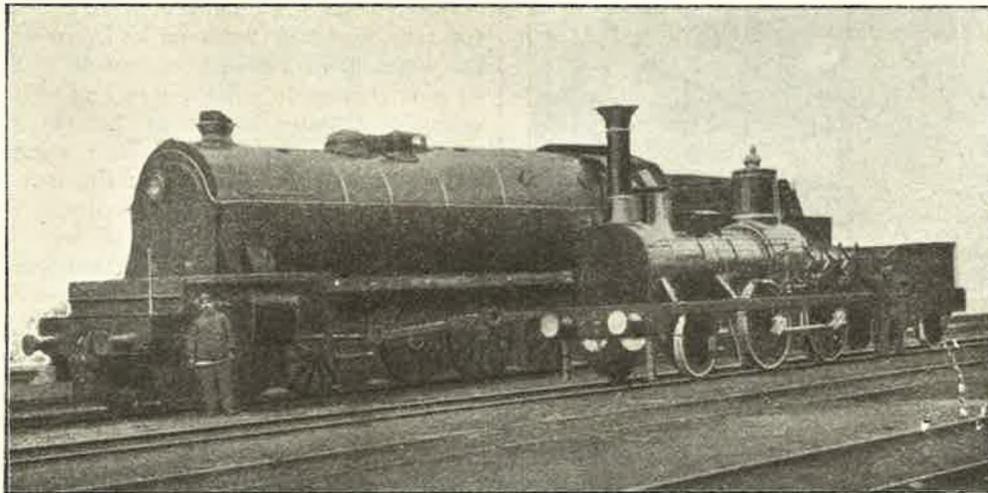


FIG. 1. — Locomotive Flamme, type 36, datant de 1910, et locomotive Stephenson, datant de 1835.

(1) Voir le *Génie Civil* du 17 septembre 1910 (L. LVII, n° 20).

(1) Voir le *Génie Civil* du 17 septembre 1910 (L. LVII, n° 20).

châssis du bogie et portant deux axes auxquels sont rattachés les grains d'acier servant d'appui aux deux balanciers longitudinaux. La traverse peut tourner autour du pivot lorsque le bogie s'oriente tangentielllement à une courbe ; de plus, elle peut prendre une

CONCLUSIONS. — Comme on a pu s'en rendre compte en lisant nos articles sur les locomotives françaises, qui ont précédé celui-ci, les locomotives exposées à Gand présentent les dispositions générales ci-après.

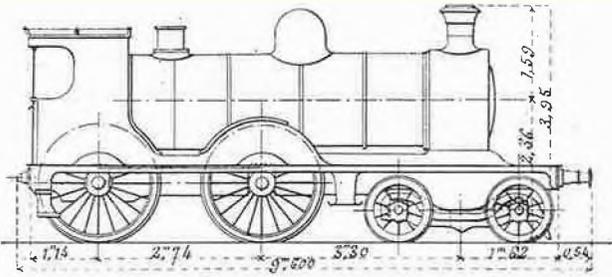


FIG. 2. — Locomotive à voyageurs, type 17.

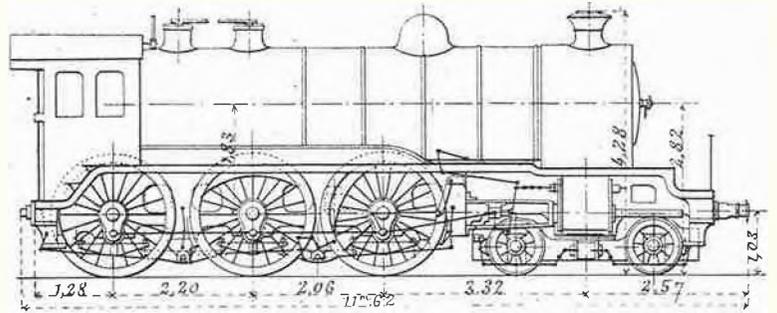


FIG. 3. — Locomotive à voyageurs Flamme, type 9.

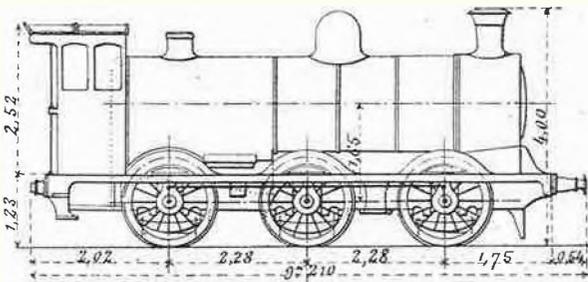


FIG. 4. — Locomotive à marchandises, type 32.

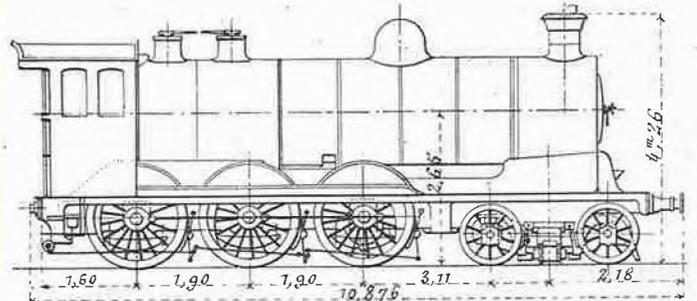


FIG. 5. — Locomotive à marchandises, type 35, à surchauffe.

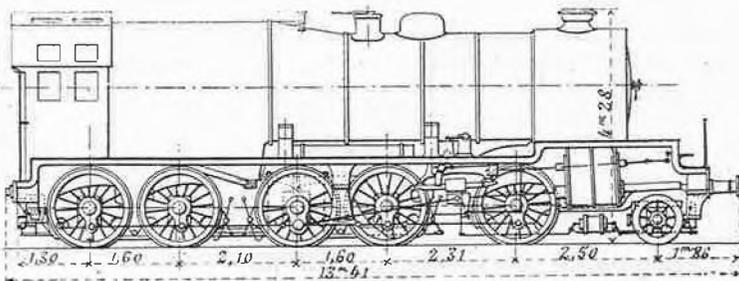


FIG. 6. — Locomotive à marchandises Flamme, type 36.

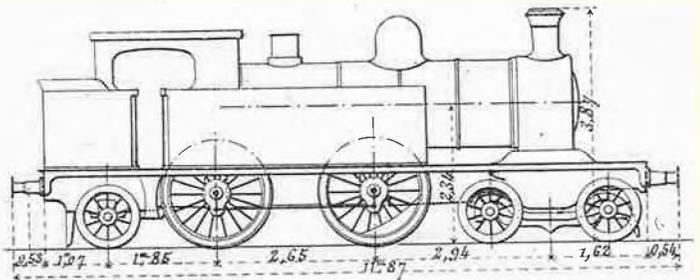


FIG. 7. — Locomotive-tender à voyageurs, type 15.

FIG. 2 à 7. — Principaux types des locomotives des Chemins de fer de l'État belge.

dénivellation d'une certaine amplitude, le pivot étant entouré d'une bague bombée au milieu.

Chacun des bogies peut prendre un déplacement latéral de 80 millimètres de part et d'autre de sa position moyenne, pour permettre à la locomotive de circuler dans les courbes de 150 mètres de rayon.

Toutes les roues, celles des bogies comme celles des essieux couplés, sont freinées au moyen d'un cylindre de frein avec timonerie spéciale pour chaque ensemble.

Les appareils de commande : levier du régulateur, appareil de changement de marche, robinet du frein continu, sont établis en double pour permettre, dans la marche cheminée en arrière, une vue satisfaisante de la voie et des signaux.

Les quatre cylindres sont placés sur une même ligne transversale, dans l'axe du bogie d'avant, et les quatre bielles motrices attaquent l'essieu couplé d'avant, qui est en acier à 5 % de nickel. Les quatre tiroirs de distribution sont cylindriques, ceux des cylindres intérieurs sont mus par des balanciers horizontaux placés à l'arrière des cylindres.

Toutes les machines de grandes lignes — la locomotive-tender du P.-L.-M. exceptée — sont munies de surchauffeurs, lesquels favorisent d'une façon importante le fonctionnement économique et augmentent la puissance, sans augmenter beaucoup l'entretien.

La surchauffe est employée avec la simple expansion, d'une

façon générale aux Chemins de fer de l'État belge sous la forme à quatre cylindres égaux, et en France sous la forme à deux cylindres extérieurs dans les locomotives de trains de voyageurs et de marchandises à arrêts fréquents, ou bien faisant un service sur des lignes accidentées, où la réduction du

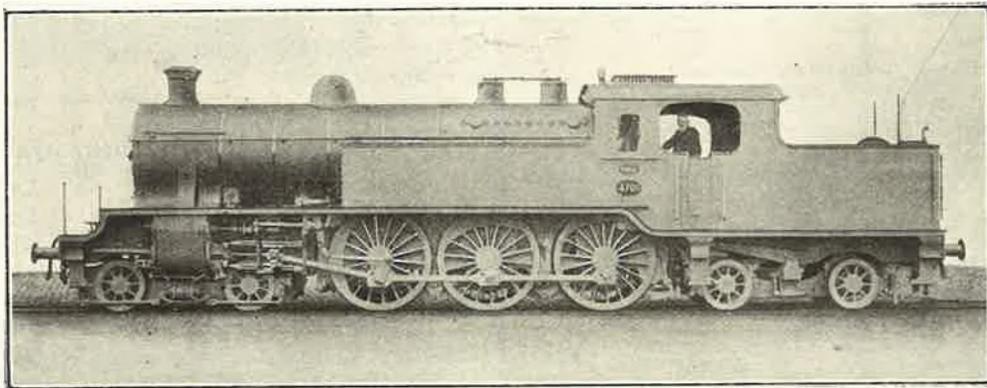


FIG. 8. — Locomotive-tender Flamme (type 13, des Chemins de fer belges).

timbre conduit à une réduction importante des frais d'entretien des chaudières.

La double expansion avec quatre cylindres est employée concurremment avec la surchauffe dans les locomotives puissantes de trains rapides à voyageurs, et accélérés à marchandises ; elle augmente la puissance des machines de 15 à 20 % et donne une économie de combustible de 10 % environ.

La machine Consolidation à quatre essieux couplés et bissel avant

est entrée d'une façon courante dans la pratique de tous les grands réseaux français ; avec des diamètres de roues de 1<sup>m</sup> 50 à 1<sup>m</sup> 65, ces machines remorquent en palier plus de 1 600 tonnes à 65 kilomètres.

la plupart des Compagnies, et le plus généralement sous la forme de locomotive-tender.

Deux Compagnies françaises, en plus de l'État belge, ont des machines à marchandises à cinq essieux couplés exposées à Gand ; deux

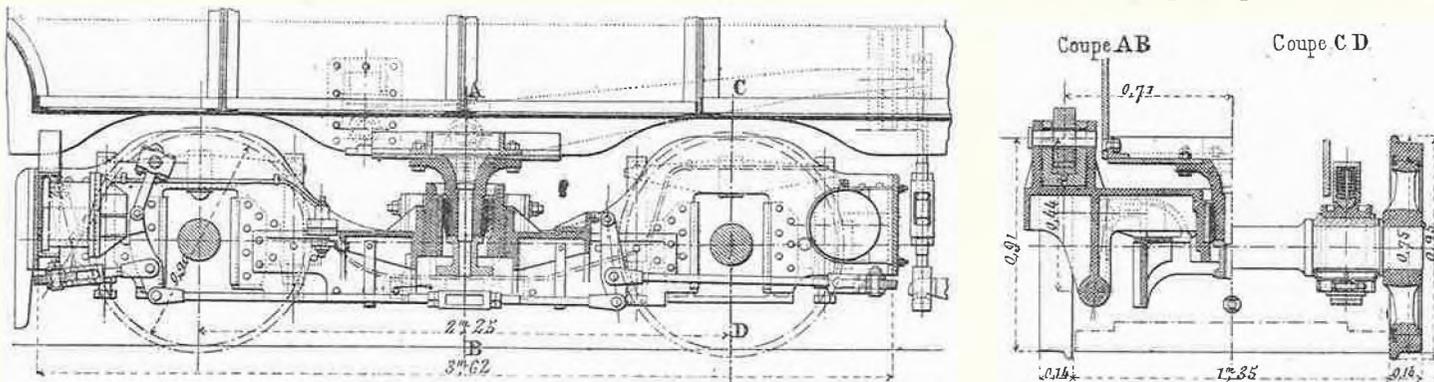


FIG. 9 et 10. — Coupes du bogie d'arrière de la locomotive-tender Flamme, type 13, des Chemins de fer belges.

La machine à quatre essieux couplés pour trains de voyageurs ou de banlieue, représentée par la « Mastodon » du Midi et la « Mikado » de l'Est (ces Compagnies ayant été précédées dans cette voie par le P.-L.-M. et l'Orléans), est adoptée à titre définitif par

autres les emploient d'une façon définitive ou à titre d'essai : il n'y a pas encore, ici, la même unanimité que celle constatée pour l'utilisation de la machine Consolidation.

L. PIERRE-GUÉDON,  
Ingénieur civil.

VARIÉTÉS

Calcul rapide, par abaques, de la résistance mécanique des lignes électriques aériennes.

La flèche et la tension des fils des lignes aériennes peuvent être déterminées graphiquement au moyen d'un abaque unique, pour toutes variations de température et pour toute surcharge, en fonction de la portée et des conditions de pose. M. Blondel, auteur de la méthode qu'il publie dans la *Lumière électrique*, des 9, 16 et 23 août, pose d'abord deux principes fondamentaux : 1° au lieu de considérer l'équation de changement de condition, on peut introduire une fonction absolue de la température en prenant pour cette dernière une origine quelconque ; 2° l'effet d'une surcharge revient à augmenter le poids moyen de la ligne par unité de longueur, et peut être remplacé par une modification de la flèche dans le même rapport.

Des calculs de M. Blondel, il résulte que l'équation de la flèche  $f$  est :

$$f = \frac{px^2}{8\tau} = \frac{\omega x^2}{8T} \tag{1}$$

$\omega$ , pression (poids propre du fil, poids du verglas, pression du vent) uniformément répartie, exprimée en kilogrammes par mètre de longueur et par millimètre carré ; —  $p$ , même pression totale en kilogrammes par mètre ; —  $x$ , portée entre deux supports consécutifs ; —  $T$ , tension surfacique en kilogrammes par millimètre carré de métal au point le plus bas de la chaînette ; —  $\tau$ , tension totale au même point.

L'équation des changements d'état de la ligne est :

$$\alpha(\theta - \theta') = \frac{x^2}{24} \left[ \frac{\omega^2}{T^2} - \frac{\omega'^2}{T'^2} \right] - \frac{T - T'}{E} \tag{2}$$

$\alpha$  coefficient de dilatation du fil ; —  $E$  coefficient d'élasticité ; —  $\theta, \theta'$  températures ; —  $\omega, \omega'$  et  $T, T'$  pressions uniformément réparties et tensions surfaciques correspondantes à ces températures.

Le second membre contenant la différence de deux valeurs d'une même fonction  $y$ , on peut écrire :

$$y = \alpha\theta = \frac{\omega x^2}{24T^2} - \frac{T}{E}$$

ou

$$\theta = \frac{\omega x^2}{24\alpha T^2} - \frac{T}{\alpha E}$$

Dans les anciens abaques, on prenait comme abscisses les portées  $x$  ou leurs carrés  $x^2$ , et comme ordonnées les températures  $t$ .

Il est préférable d'écrire l'équation [1] de la flèche en fonction de la portée sous sa forme logarithmique, et de poser ;  $\log f = y$  et :  $\log x = z$ . On obtient ainsi une équation de la forme :

$$y = a + bz :$$

en portant en abscisses les logarithmes des portées et en ordonnées les logarithmes des flèches, les courbes correspondant à chaque valeur déterminée de la tension  $T$  sont des droites parallèles.

On peut, d'autre part, établir l'expression de la flèche sous la forme :

$$f = \frac{8T}{\omega} \left( \alpha\theta + \frac{T}{E} \right),$$

qui donne une relation linéaire entre  $f, T$  et  $\theta$ . On peut, pour tracer l'épure, prendre pour variables  $T$  et  $f$  et éliminer ensuite  $f$  par un réseau oblique de droites isométriques.

Un des avantages de cette méthode est que le même abaque sert pour le conducteur surchargé et pour le conducteur soumis seulement à son propre poids.

Pour le calcul, il est facile de tenir compte de l'action du vent ou de celle du verglas, ou de ces deux actions combinées, qui se composent avec le poids propre du fil par unité de longueur. On calcule le coefficient de majoration  $m$  en tenant compte des prescriptions administratives, dans les deux hypothèses les plus défavorables, c'est-à-dire, en France : pour le vent horizontal de 120 kilogr. à la température moyenne, et pour le vent horizontal de 30 kilogr. à la température minimum ; on en déduit les portées fictives correspondantes. On cherche le point correspondant à la tension  $T$  maximum qu'on vient de fixer, on cherche ensuite la flèche obtenue à la température moyenne et sans vent, par la ligne isotherme. On trouve ainsi pour la portée réelle  $L$ , et dans chacun des cas, des valeurs  $T', T''$  de la tension, d'où on déduit  $T_0, T_0''$  (correspondant à l'absence de vent pour la même portée). Celle des deux hypothèses  $T'$  ou  $T''$ , qui conduit à la plus faible tension  $T_0$  en portée réelle et sans vent, est celle qu'on doit adopter ; on peut en déduire la valeur de  $f$ .

Dynamomètre de torsion, système Amsler.

Le dynamomètre de torsion, système Amsler, représenté sur la figure 1, d'après la *Zeits. des Ver. deutsch. Ingen.*, du 2 août, s'intercale entre les arbres conducteur et conduit, et permet de lire directement l'angle de torsion au moyen d'une lunette dirigée perpendiculairement à son axe.

L'appareil se compose d'un arbre central  $c$ , terminé par les carrés  $g$  et  $h$ , destiné à jouer le rôle d'élément élastique et rendu solidaire, par l'intermédiaire d'un manchon  $b$ , du plateau  $f$  portant une échelle divisée périphérique  $t$ . L'arbre  $c$  est entouré d'un arbre creux solidaire du manchon  $a$  et, par conséquent, entraîné directement avec l'extrémité correspondante de cet arbre  $c$ . Sur l'arbre creux est calé un plateau  $d$ , percé de deux fenêtres devant lesquelles sont fixés des miroirs  $s$ , inclinés de 45° environ, que l'observateur vise avec la lunette (un seul de ces miroirs est représenté figure 1). De plus, l'arbre creux porte un plateau  $e$  disposé devant  $f$ , percé de fenêtres éclairées par une lampe  $l$ , découvrant les échelles  $t$  et bordées vers le haut chacune par un vernier  $n_1$  ou  $n_2$ .

C'est par les fenêtres de  $d$  et de  $e$  que l'on aperçoit les divisions de  $t$  et qu'on lit par suite, les déformations angulaires de l'arbre  $c$ .