

# L'ÉCHAPPEMENT A TRÈFLE

## DES LOCOMOTIVES DE LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

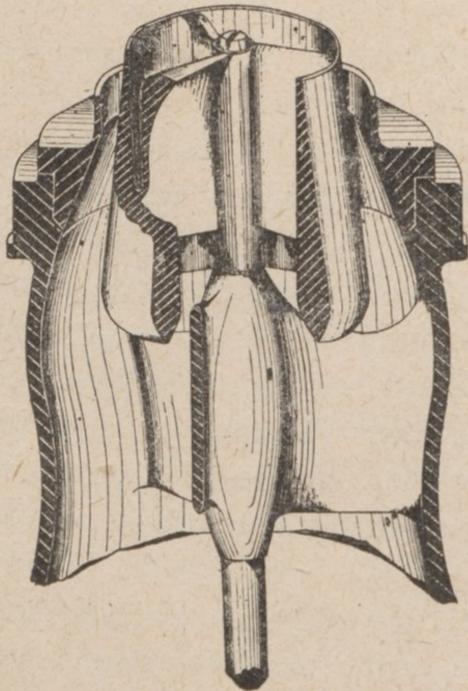
Par M. Marcel JAPIOT,

INGÉNIEUR EN CHEF ADJOINT DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION DE LA Cie P.L.M.

Lorsque la Compagnie P.L.M. mit en construction, en 1908, ses premières locomotives du type *Pacific*, elle fut naturellement conduite à les munir de l'échappement variable à cône mobile et à ailettes, du type Nord, qui était adopté à cette époque par tous les grands réseaux français.

On sait que ce type d'échappement, imaginé vers 1900 par M. Koechlin, ingénieur au Chemin de Fer du Nord, comporte une tuyère conique, à l'intérieur de laquelle se déplace un cône évidé, relié à une tige verticale par des cloisons radiales, appelées « ailettes » ; l'une des parois de chaque ailette est verticale, tandis que l'autre est formée par une surface hélicoïdale, à pas d'un mètre environ (voir Fig. 1).

Fig. 1. — ÉCHAPPEMENT NORD  
(le cône mobile est représenté dans sa position inférieure : échappement desserré)



Dans sa position supérieure, le cône mobile vient en contact avec la tuyère fixe, de sorte que la section de passage offerte à la vapeur est limitée aux espaces compris entre l'intérieur du cône mobile et les ailettes ; c'est la position dite « échappement serré à fond. »

Pour « desserrer » l'échappement, on abaisse le cône mobile, ce qui crée une nouvelle section de passage annulaire pour la vapeur entre la surface extérieure du cône mobile et la tuyère fixe, section de passage qui va en augmentant au fur et à mesure que le cône mobile se rapproche de sa position inférieure (échappement « desserré à fond »).

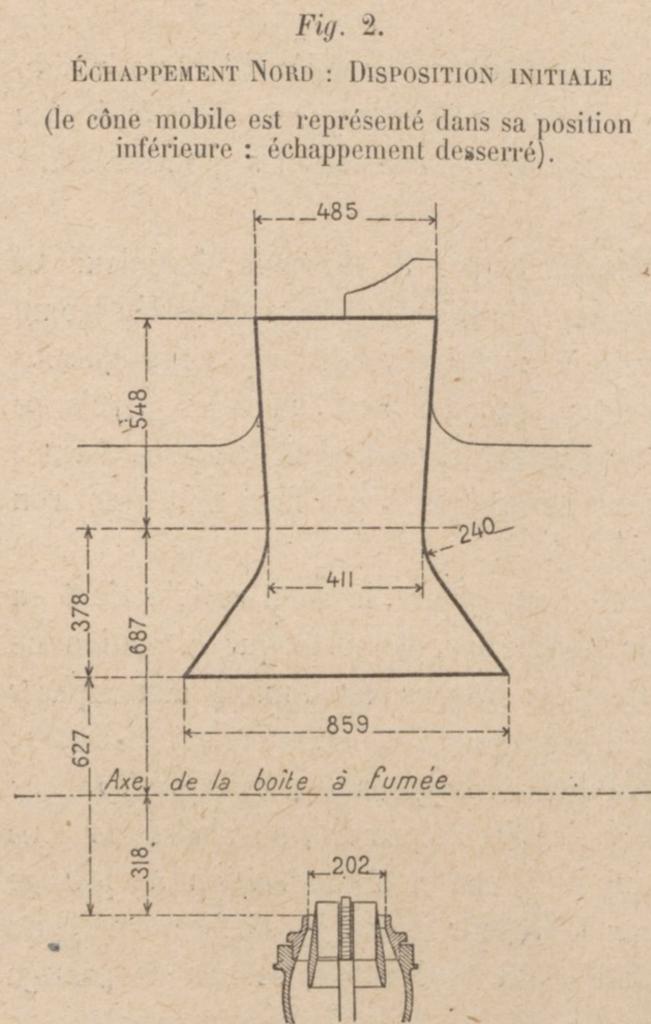
On a attribué l'efficacité de ce type d'échappement au mouvement hélicoïdal que prennent les jets de vapeur centraux sous l'action des ailettes placées à l'intérieur du cône mobile, mouvement qui assurerait un brassage énergique des gaz de la boîte à fumée, et faciliterait leur entraînement dans la cheminée.

En fait, l'échappement Nord a donné d'excellents résultats sur des machines appartenant à des types divers (aussi bien pour le service des rapides et express que pour celui des trains de marchandises), mais possédant des chaudières assez analogues, avec une grille d'environ 3 mètres carrés de surface et un faisceau tubulaire d'environ 4 mètres de longueur. Sur toutes ces machines, on obtenait une production de vapeur abondante avec l'échappement desserré à fond, tandis qu'un serrage modéré permettait de parer aisément aux difficultés éventuelles de traction (graves intempéries, mauvaise qualité du combustible, conduite défectueuse de la chauffe, « coup de collier » momentané, etc...) : ce n'était que dans des conditions tout à fait exceptionnelles qu'on devait serrer l'échappement « à fond ».

Lorsqu'il s'est agi, pour la Compagnie P.L.M., de passer de ces machines, à grille de 3 mètres carrés et à faisceau tubulaire de 4 mètres, aux locomotives du type Pacific, à grille de 4 m<sup>2</sup>, 25 et à faisceau tubulaire de 6 mètres de longueur, on s'est borné à augmenter les dimensions de l'échappement Nord des machines précédentes, de façon à majorer les sections de passage dans le rapport des volumes de vapeur à débiter. Quant aux dimensions de la

cheminée, et à la position de la tuyère par rapport à l'axe de la chaudière, on les détermina d'après les formules américaines (Master Mechanics Association). On aboutit ainsi aux dispositions représentées sur la figure 2.

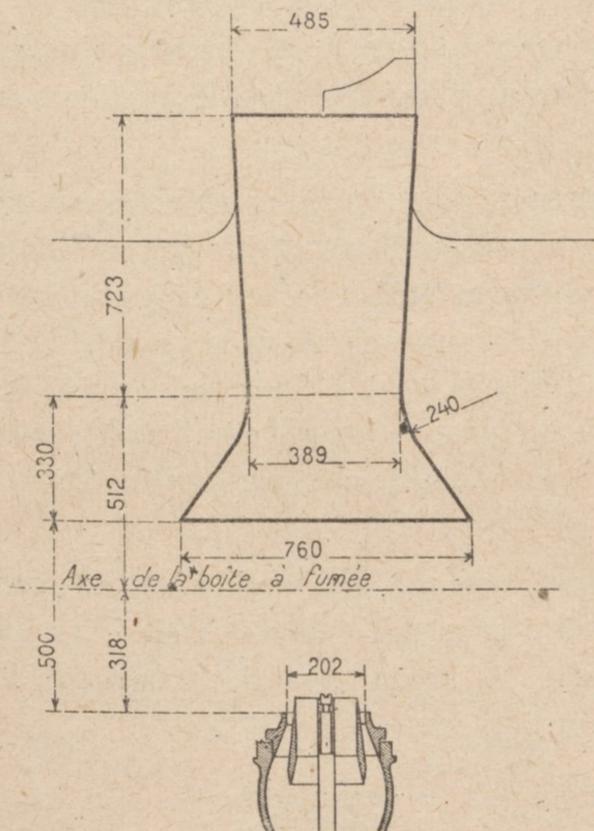
Mais, dès la mise en service des premières machines du type Pacific, on constata que, pour obtenir un tirage convenable, on devait marcher presque constamment avec l'échappement serré à fond : il en résultait des contrepressions exagérées dans les cylindres. Par exemple, pour une dépression de 150 mm d'eau dans la boîte à fumée, on relevait dans les cylindres une contrepression de 400 mm de mercure, alors que, pour les machines des séries antérieures, fonctionnant presque toujours avec l'échappement desserré, les valeurs de la dépression exprimées en millimètres d'eau étaient du même ordre que les valeurs de la contrepression mesurées en millimètres de mercure. En outre, la nécessité de maintenir l'échappement serré en permanence, sur les locomotives du type Pacific, enlevait à ces machines toute « élasticité » dans la marche.



Dans une première série d'expériences, exécutées en 1910-1911, on essaya tout d'abord, sans toucher à la cheminée, de remonter progressivement la tuyère, jusqu'à en amener l'orifice au niveau de l'axe de la chaudière. Ces essais n'ayant pas donné de résultats favorables, la tuyère fut rétablie dans sa position primitive, et la cheminée fut par contre prolongée vers le bas, en conservant sa conicité et son diamètre d'origine à la partie supérieure. La disposition ainsi réalisée (voir figure 3) améliora nettement la production de la chaudière.

C'est vers cette époque que l'attention fut appelée sur la gêne que causait aux mécaniciens des locomotives du type Pacific, au point de vue de la *visibilité des signaux*, le *rabattement du*

Fig. 3.  
ÉCHAPPEMENT NORD : MODIFICATION DE 1911  
(le cône mobile est représenté dans sa position inférieure : échappement desserré).



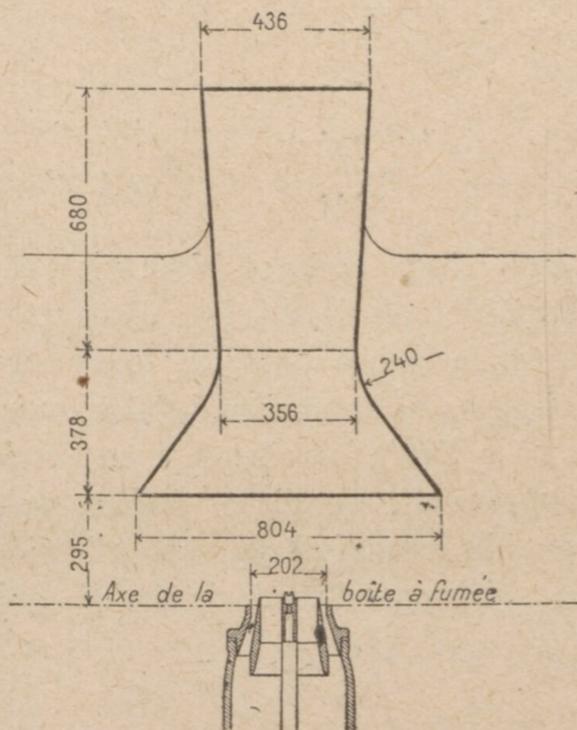
*panache de vapeur* le long du corps cylindrique, dans certaines conditions atmosphériques, et surtout lors du fonctionnement à puissance réduite. Divers dispositifs furent essayés, tant sur le P.L.M. que sur d'autres réseaux, pour tenter de remédier à cet inconvénient, notamment au moyen de souffleurs ou d'écrans destinés à relever le panache de vapeur. Aucun de ces palliatifs ne s'étant révélé efficace, on fut conduit, sur le P.L.M., à rechercher la solution de la difficulté dans une modification de l'échappement lui-même.

Une *seconde série d'essais* fut donc entreprise en 1912. Au cours de ces essais, on constata que, pour éviter le rabattement du panache de vapeur, il convenait de *relever* le plus possible le niveau de la tuyère dans la boîte à fumée, mais que cette disposition était, par contre, nettement défavorable au point de vue de la *production* de la chaudière. Comme il importait, avant tout, de supprimer au plus tôt la gêne qui avait été signalée au point de vue de la *visibilité des signaux*, on décida de généraliser,

sur toutes les locomotives du type Pacific en service ou en construction à cette époque, la disposition représentée sur la figure 4 ; parmi toutes les variantes essayées, celle-ci s'était montrée *particulièrement avantageuse à l'égard du relèvement du panache de vapeur*, tout en restant *acceptable à la rigueur au point de vue de la production de la chaudière*.

Ce type d'échappement ne pouvait néanmoins être considéré que comme une *solution provisoire*, imposée par la nécessité où l'on se trouvait d'aboutir rapidement. Il se montrait, en effet, d'une *efficacité médiocre au point de vue du tirage* ; afin d'obtenir une production de vapeur suffisante, on était obligé de marcher en permanence avec l'échappement *serré à fond*, et il ne restait dès lors *aucune marge* pour faire face aux « coups de collier » éventuels. D'autre part, la *contrepression* dans les cylindres atteignait des valeurs exagérées. Enfin, même avec

Fig. 4.  
ÉCHAPPEMENT NORD : MODIFICATION DE 1912  
(le cône mobile est représenté dans sa position inférieure : échappement desserré).



l'échappement serré à fond, la *production de vapeur* était nettement inférieure à celle qu'on devait attendre d'une chaudière de pareilles dimensions. Cette dernière considération avait pu paraître d'importance secondaire en 1912, parce que l'effectif des machines du type Pacific était alors trop réduit pour qu'il fût possible d'utiliser convenablement leur puissance, la composition des grands trains se trouvant forcément limitée aux charges que pouvaient remorquer, sur certaines sections de la ligne principale, des machines de moindre puissance ; mais il était indispensable de chercher à *améliorer la production de vapeur* des locomotives du type Pacific en vue du jour où leur effectif deviendrait suffisant pour permettre d'utiliser toute leur puissance, dans un service auquel n'auraient plus à participer les machines des types antérieurs.

On décida, en conséquence, dès 1913, d'entreprendre une *troisième série d'essais*. Les expériences antérieures ayant établi que, pour relever le panache de vapeur, et pour améliorer la production de la chaudière, on arrivait, avec l'échappement Nord, à des *conclusions opposées* (relever l'échappement dans le premier cas, l'abaisser au contraire dans le second), on fut conduit à envisager la recherche d'un nouveau type d'échappement. L'étude en fut entreprise avec l'idée d'obtenir l'amélioration du tirage grâce à une *augmentation de la surface de contact* entre la vapeur d'échappement et les gaz de la boîte à fumée ; c'est ainsi qu'on aboutit à l'*échappement à noyau central*.

Afin de pouvoir comparer rapidement un très grand nombre de dispositifs, on renonça à effectuer les expériences préliminaires sur une locomotive en marche ; on essaya ainsi, sur une machine à l'arrêt, une quarantaine d'échappements à noyau central, présentant les caractéristiques suivantes :

SÉRIES D'ESSAIS	DIAMÈTRE de la tuyère d'échappement	DIAMÈTRE maximum du noyau central	DIAMÈTRE de la cheminée au-dessus de la hotte
A.....	287 mm	260 mm	441 mm
B.....	287	215	441
C.....	287	260	670
D.....	287	215	670
E.....	481	525	670
F.....	481	444	670
G.....	481	444	580
H.....	481	418	670

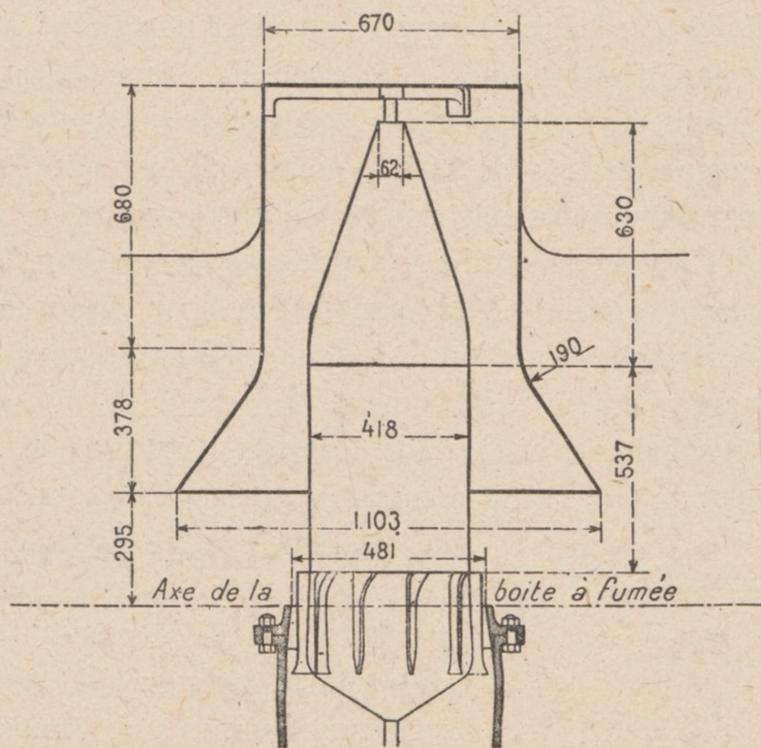
Dans chaque série, on faisait varier la forme du noyau central, ou la disposition des ailettes hélicoïdales placées à la base du noyau (partie pénétrant dans la tuyère d'échappement) dans le but de donner aux jets de vapeur un mouvement analogue à celui qu'ils prennent avec l'échappement Nord ; dans certains essais, le noyau central portait à sa base un cône analogue au cône Nord, les ailettes étant placées entre ce cône et le noyau central ; sur d'autres échappements, les ailettes étaient prolongées à l'extérieur du cône ; enfin, sur certains dispositifs, le cône était supprimé, et les ailettes étaient simplement rapportées sur la base du noyau.

Les échappements de la série H se révélèrent nettement supérieurs aux autres ; l'un d'eux

notamment, muni d'ailettes fixées sur le noyau central (voir Fig. 5), permit de réaliser, avec des contrepressions modérées, des *tirages bien supérieurs* à tous ceux qu'on avait pu obtenir avec l'échappement Nord. Mais les dispositions qui avaient été prises en vue des expériences préliminaires sur une machine à l'arrêt étaient trop sommaires pour qu'on pût passer de suite

Fig. 5.

ÉCHAPPEMENT A NOYAU CENTRAL ESSAYÉ EN 1913-1914  
(le noyau central est représenté dans sa position inférieure :  
échappement desserré).



à un essai en marche ; il fallut donc procéder à une mise au point de ce dispositif, en vue d'aboutir à une construction plus robuste. L'étude et la fabrication des pièces nécessaires demandèrent un certain délai, de sorte que ce fut seulement en Mars 1914 que l'on put procéder au premier essai en marche. On reconnut immédiatement que cet échappement occasionnait des *rabattements de fumée inacceptables* au point de vue de la visibilité des signaux, de sorte que l'essai n'en fut pas poursuivi. Comme l'un des dispositifs de la série A (voir tableau p. 6) avait paru assez efficace lors des expériences sur machine à l'arrêt, on le substitua au précédent en vue de l'essayer en marche ; il donna, en effet, des résultats légèrement supérieurs à

ceux de l'échappement Nord. Mais cette supériorité ne parut pas suffisamment marquée pour justifier les dépenses élevées qu'eût entraînées le remplacement de la cheminée et de la colonne d'échappement ; aussi en revint-on à l'idée de rechercher un dispositif à noyau central qui pût se substituer simplement au cône Nord, en conservant l'ancienne tuyère ainsi que la cheminée existante. Les essais poursuivis dans ce sens n'avaient pas encore donné de résultats bien nets, lorsque la guerre vint les interrompre.

Pendant les premiers mois de la guerre, en raison de la nature toute spéciale du service à assurer, ne comportant que des trains à vitesses modérées, la puissance des locomotives du type Pacific fut toujours largement supérieure aux besoins : l'échappement dont elles étaient munies (type 1912, Fig. 4) ne donna donc lieu, pendant cette période, à aucune critique. Mais, dès la fin de 1914, on commença à mettre en marche quelques trains express, et ce service fut notablement développé au printemps de 1915. Dès lors, l'insuffisance de la production de vapeur des locomotives du type Pacific se manifesta de nouveau, et avec d'autant plus de gravité qu'en raison du petit nombre de ces trains express, leur composition dut être augmentée progressivement, pour atteindre parfois 600 à 650 tonnes, dépassant ainsi de façon considérable les charges remorquées aux express d'avant-guerre. En outre, du fait des circonstances, les désheurements étaient fréquents, de sorte qu'il fallait regagner d'importants retards. Il devenait donc *urgent* de faire développer aux locomotives du type

Pacific le maximum de la puissance qu'on devait attendre de leur chaudière, résultat qu'on ne pouvait obtenir qu'en améliorant *rapidement* l'efficacité de leur échappement.

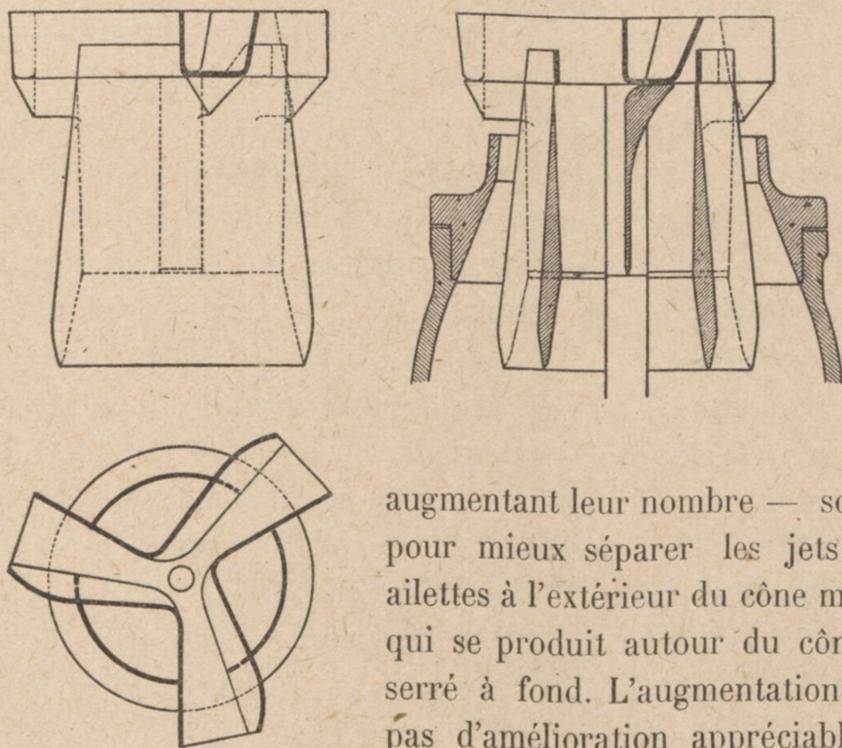
C'est dans ces conditions que l'on entreprit, au cours de l'été 1915, une *quatrième série d'essais* sur l'échappement des locomotives du type Pacific, avec les modalités particulières qu'imposaient les circonstances. Outre la nécessité d'*aboutir rapidement*, il fallait arriver à une solution susceptible d'être *généralisée en peu de temps, et sans frais importants*. De plus, les exigences du service à cette époque ne permettaient d'effectuer les essais que sur les locomotives en service courant, et à la condition de ne leur occasionner, de ce chef, aucune immobilisation supplémentaire. Il fut par suite décidé qu'on *ne toucherait ni à la cheminée, ni à la colonne d'échappement*, et que les seules pièces susceptibles d'être modifiées, ou remplacées, seraient par conséquent le cône mobile type Nord, et la tuyère fixe, rapportée sur la colonne d'échappement. Avec ces restrictions, les essais ne devaient apporter aucune gêne au service, puisque les modifications ou remplacements de pièces pouvaient toujours être effectués entre deux trains, sans rien changer aux roulements prévus pour les machines.

Afin de pouvoir comparer l'efficacité des divers dispositifs expérimentés, on se borna à monter, sur les machines désignées pour les essais, deux manomètres à air libre : un manomètre à mercure pour la mesure des contrepressions dans la colonne d'échappement, et un manomètre à eau pour la lecture du tirage dans la boîte à fumée.

Avec ces dispositions sommaires, mais économiques et bien adaptées aux circonstances, il fut néanmoins possible d'étudier rapidement un très grand nombre de types d'échappement,

Fig. 6. — ÉCHAPPEMENT NORD : MODIFICATION DE 1915

(sur la coupe, le cône mobile est représenté dans sa position inférieure : échappement desserré).



et d'obtenir, malgré les restrictions qu'on s'était imposées, des résultats fort intéressants. Les dispositifs essayés en 1915 peuvent être classés en trois groupes : les échappements à *cône mobile dérivant du type Nord*, les échappements *annulaires*, et les échappements dits « en étoile ».

En partant de l'échappement Nord représenté par la figure 4, on se proposa d'*accentuer la division du jet de vapeur* produite par les ailettes — soit en

augmentant leur nombre — soit en les prolongeant vers le haut, pour mieux séparer les jets centraux — soit en ajoutant des ailettes à l'extérieur du cône mobile, pour diviser le jet annulaire qui se produit autour du cône lorsque l'échappement n'est pas serré à fond. L'augmentation du nombre des ailettes ne donna pas d'amélioration appréciable. Par contre, leur prolongement vers le haut et vers l'extérieur permit d'augmenter sensiblement

le tirage : parmi les variantes expérimentées, la plus efficace fut celle de la figure 6.

Les *échappements annulaires* furent réalisés en substituant au cône Nord un noyau central, susceptible de prendre, par rapport à la tuyère, un mouvement vertical analogue à celui du

cône Nord, pour permettre de faire varier la section de passage de la vapeur, et de régler par suite le tirage. Malgré la grande variété des dispositifs expérimentés, tant au point de vue de la forme et de la position du noyau central que de la hauteur de la tuyère, il fut impossible d'obtenir des résultats satisfaisants.

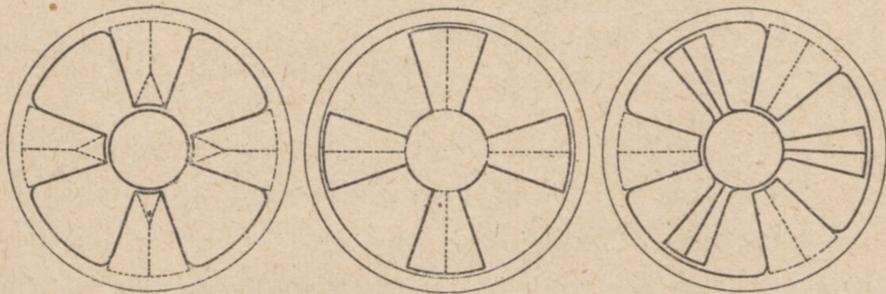
Il semblait donc ressortir de ces deux groupes d'essais que, d'une part, on améliorerait l'échappement Nord en accentuant la division produite par les ailettes dans le jet de vapeur central, et que, d'autre part, l'entraînement des gaz par la périphérie d'un jet de vapeur annulaire était insuffisant pour produire un bon tirage (1). On en arrivait ainsi à penser que le jet de vapeur annulaire existant autour du cône Nord, lorsque l'échappement n'est pas serré à fond, devait être plutôt nuisible à l'efficacité de ses jets centraux ; cette conclusion paraissait confirmée par les bons résultats obtenus grâce à l'addition d'ailettes extérieures divisant ce jet annulaire (disposition de la Fig. 6). D'où l'idée de *supprimer le cône Nord, pour ne conserver que ses ailettes*. On pensa toutefois que la division du jet de vapeur pourrait être obtenue aussi facilement au moyen de *nervures* sur la tuyère fixe qu'au moyen des ailettes portées par la tige centrale. On fut donc amené à envisager la comparaison d'échappement à jet divisé, de types très divers, qui furent désignés sous le nom générique d'*échappements « en étoile »*, en raison de la disposition qu'ils présentent en plan. Ces échappements en étoile peuvent être groupés en trois catégories (voir Fig. 7) :

- Échappements à tuyère étoilée et à noyau mobile circulaire ;
- Échappements à tuyère circulaire et à noyau mobile étoilé ;
- Échappements à tuyère étoilée et à noyau mobile étoilé.

De nombreux essais permirent de reconnaître que les échappements du 2<sup>e</sup> groupe (tuyère circulaire et noyau mobile étoilé) étaient nettement supérieurs aux autres, ainsi d'ailleurs qu'à

Fig. 7. — ÉCHAPPEMENTS EN ÉTOILE

(à gauche, échappement à tuyère étoilée et à noyau mobile circulaire, au centre, échappement à tuyère circulaire et à noyau mobile étoilé ; à droite, échappement à tuyère étoilée et à noyau mobile étoilé).



tous ceux dérivés de l'échappement Nord. L'essai de noyaux munis de deux, trois, quatre et six ailettes révéla une supériorité marquée en faveur de l'échappement à trois ailettes. Des ailettes à faces dissymétriques, analogues à celles du cône Nord, ayant donné des résultats peu satisfaisants, on en revint aux ailettes à faces symétriques, dont on fit varier la hauteur et l'inclinaison ; puis on fit également varier le diamètre du noyau sur lequel sont implantées les ailettes, ainsi que la hauteur de la tuyère fixe. A la suite de toutes ces expériences, on fut amené à fixer son choix sur l'échappement

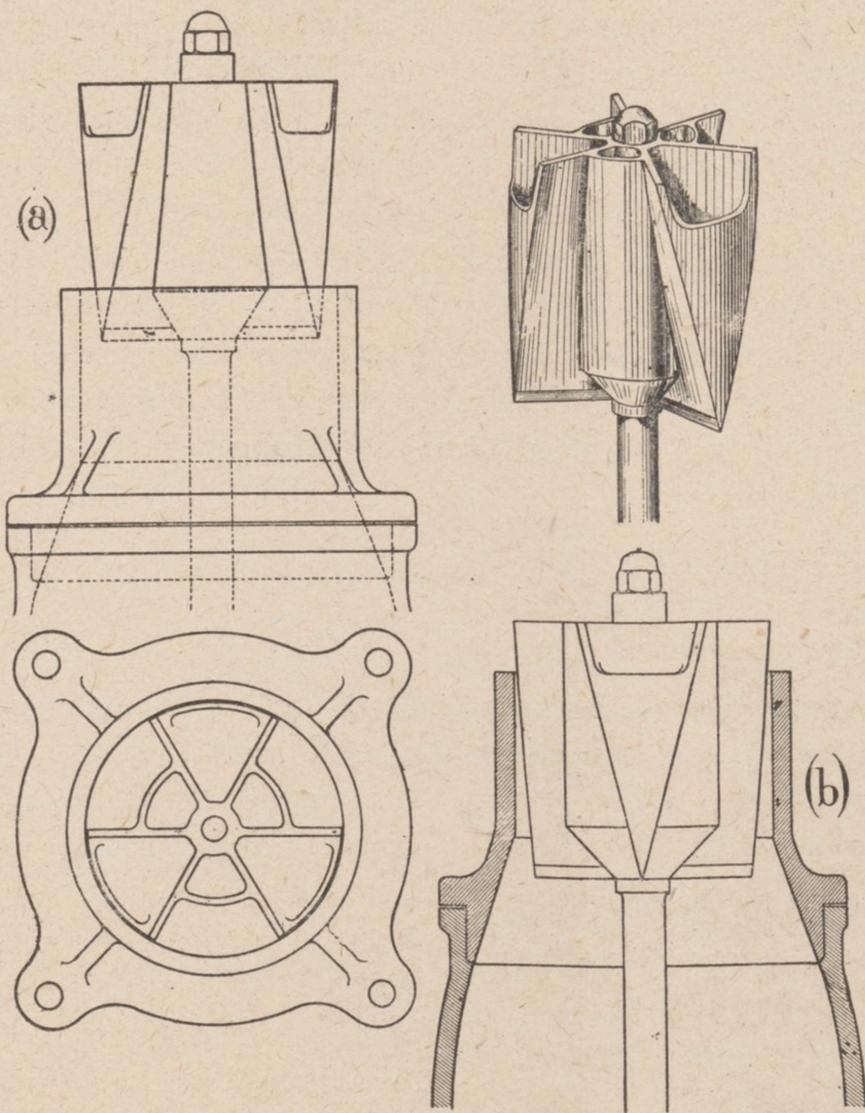
(1) Les tirages très élevés que l'on avait pu réaliser avec le dispositif à noyau central représenté sur la figure 5 n'infirmèrent d'ailleurs pas ces conclusions, car le jet de vapeur obtenu avec ce type d'échappement n'était pas un véritable jet annulaire, en raison des divisions qu'y produisaient les ailettes rapportées à la base du noyau.

représenté sur la figure 8, et désigné sous le nom d'échappement à trèfle en raison de la forme qu'il affecte en plan.

Le « trèfle » mobile, d'environ 200 mm de hauteur, comporte trois ailettes symétriques, dont les génératrices supérieures font entre elles des angles de 60°. Il se déplace dans une

Fig. 8. — ÉCHAPPEMENT A TRÈFLE.

(a) échappement desserré ; (b) échappement serré à fond)



tuyère dont l'orifice est relevé de façon à occuper sensiblement, par rapport à l'axe de la chaudière, la même position que l'orifice supérieur du cône Nord lorsque ce dernier échappement était serré à fond (voir Fig. 9). L'amplitude du mouvement vertical du trèfle dans la tuyère est d'environ 120 mm : à l'inverse du cône Nord, l'échappement est desserré lorsque le trèfle est vers le haut de sa course (voir Fig. 8, a), et serré à fond lorsqu'il occupe la position inférieure (voir Fig. 8, b). D'après le résultat des expériences, le réglage doit être effectué de façon que, dans cette dernière position, la partie supérieure du trèfle se trouve encore à 40 mm au-dessus du bord de la tuyère (voir Fig. 9), cette condition ayant permis d'obtenir les tirages les plus élevés (1).

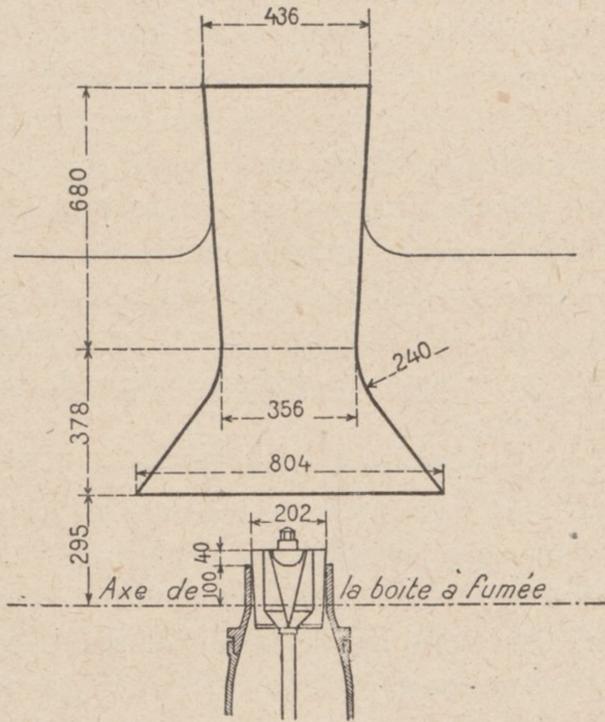
Ainsi réglé, l'échappement à trèfle a permis d'obtenir, à égalité de contrepression, des tirages supérieurs d'environ 25 % à ceux que donnait l'échappement Nord, ou, à égalité de tirage, de réduire la contrepression de 25 à 30 %. Toutefois, en vue de donner aux locomotives du type Pacific munies de l'échappement à trèfle une plus grande élasticité de marche, on s'est borné à relever leurs charges de 10 % ; avec ces nouvelles charges, elles ont assuré depuis lors le service dans d'excellentes conditions, la production de vapeur est abondante, et l'on peut généralement laisser l'échappement desserré, sauf pour faire face à des difficultés de traction

(1) On a profité de cette particularité pour supprimer la paroi circulaire des ailettes sur la partie supérieure du trèfle qui ne pénètre pas dans la tuyère, afin d'alléger le plus possible l'appareil. Cette modification a semblé d'ailleurs plutôt favorable à l'efficacité de l'échappement ; elle ne peut, en effet, que favoriser la pénétration des gaz entre les jets de vapeur, et faciliter par suite leur entraînement.

momentanées; en outre, le panache de vapeur est nettement relevé, condition essentielle pour une bonne visibilité des signaux.

En présence des bons résultats obtenus avec l'échappement à trèfle sur les locomotives du type Pacific, la Compagnie P.-L.-M. en a *rapidement étendu l'application* à de nouvelles séries

Fig. 9. — ÉCHAPPEMENT A TRÉFLE  
(dans la position de serrage à fond).



de machines. Cette extension a tout d'abord porté sur les locomotives du type Mikado, pourvues de la même chaudière que les précédentes, puis sur des machines moins puissantes, antérieurement munies de l'échappement Nord. Le nombre des locomotives P.-L.-M. sur lesquelles l'échappement à trèfle est appliqué, ou en cours d'application, atteint maintenant près de 2.400. Le même type d'échappement est en outre monté, ou en cours de montage, sur 600 à 700 machines des réseaux d'Alsace et de Lorraine, de l'Est, de l'Etat, de l'Orléans et du Nord. *Le nombre total des applications de l'échappement à trèfle, déjà exécutées, ou en cours d'exécution, dépasse donc 3000.*

Cette rapide extension de l'échappement à trèfle est évidemment due à la facilité avec laquelle on peut le substituer purement et simplement à l'échappement Nord, sans toucher à la cheminée, ni à la colonne d'échappement, de façon à améliorer la production de la chaudière

moyennant une *dépense d'installation aussi réduite que possible*. C'est ce qui le rend particulièrement intéressant pour les machines existantes; mais pour les locomotives à construire, où cette considération n'intervient pas, il serait intéressant de rechercher si, en s'affranchissant des restrictions que nous nous étions imposées lors des essais de 1915 (conservation de la cheminée existante et de la colonne d'échappement), on ne pourrait profiter des leçons de ces expériences pour aboutir à un dispositif permettant de réaliser encore de nouvelles améliorations.

De tous les essais que nous venons d'exposer, il semble résulter que l'efficacité de l'échappement à trèfle peut être attribuée à la *séparation bien nette des jets de vapeur*, entre lesquels les gaz de la boîte à fumée sont facilement entraînés. Le mécanisme de cet entraînement des gaz par la vapeur est assez difficile à analyser. L'expérience paraît cependant indiquer que cet entraînement se produit surtout par l'effet des *remous* qui prennent naissance *dans l'intervalle des jets de vapeur*. Cette conclusion ressort des résultats obtenus, au cours des essais de 1915, avec les trèfles représentés sur les figures 10 et 11. Dans le trèfle de la figure 10, les ailettes avaient été prolongées vers le haut, pour chercher à réaliser, à la suite des ajutages convergents délimités par les ailettes primitives, de nouveaux ajutages divergents: l'expérience a montré qu'il en résultait une diminution très notable du tirage, provenant sans doute du fait que les ailettes, ainsi prolongées, remplissaient les intervalles créés antérieurement entre les jets de vapeur, et supprimaient par suite les remous. En se bornant, au contraire, à prolonger les ailettes verticalement (voir Fig. 11) par des ajutages parallèles conservant la séparation des

jets de vapeur et la production des remous dans les intervalles, l'efficacité de l'échappement à trèfle ne s'est pas trouvée sensiblement modifiée.

C'est également dans le rôle joué par les remous créés dans l'intervalle des jets de vapeur qu'il faut sans doute chercher l'explication des mauvais résultats obtenus en augmentant le nombre des ailettes (jusqu'à 6 dans certaines expériences) : si la division du jet de vapeur était

Fig. 10.

TRÈFLE A AJUTAGES  
DIVERGENTS.

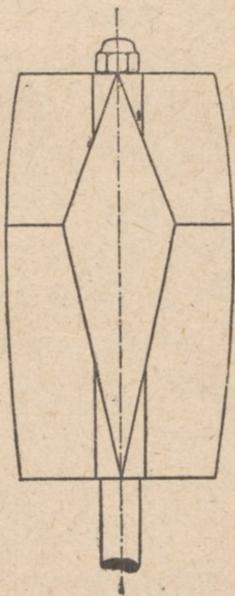
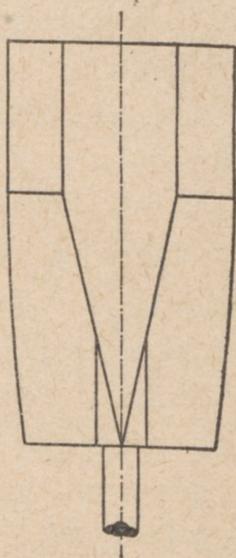


Fig. 11.

TRÈFLE A AJUTAGES  
PARALLÈLES.



seule en cause dans le mécanisme d'entraînement des gaz, cette augmentation du nombre des ailettes aurait dû, au contraire, améliorer le tirage. Mais il faut remarquer que, dans les conditions de l'expérience, c'est-à-dire en maintenant constantes les dimensions de la tuyère et de la cheminée, on était conduit à diminuer progressivement l'épaisseur des ailettes, au fur et à mesure qu'on en augmentait le nombre, afin de conserver une section de passage suffisante pour la vapeur ; il est vraisemblable que les intervalles ainsi produits entre les jets de vapeur devenaient trop restreints pour que les remous puissent s'y développer efficacement.

Les résultats constatés dans ces conditions spéciales ne permettent donc pas de conclure contre le principe même d'une augmentation du nombre des jets de vapeur séparés. Il est probable, au contraire, que cette augmentation serait avantageuse, à la condition de conserver un écartement suffisant entre les jets à

l'orifice de la tuyère. Ceci entraînerait nécessairement l'adoption de dimensions plus fortes pour la cheminée, la tuyère et la colonne d'échappement. Les dépenses assez élevées qui en résulteraient pour la modification des locomotives existantes ne sauraient se justifier que si le nouveau dispositif présentait une supériorité marquée sur le trèfle actuel, pour lequel la facilité de son application constituera toujours un avantage primordial. Mais nous estimons que, pour les locomotives à construire, il serait intéressant d'envisager une cheminée de fort diamètre, permettant d'augmenter le nombre des jets de vapeur séparés, tout en conservant entre eux des intervalles suffisants pour la production de remous efficaces.

Dans l'étude de ce nouvel échappement, il conviendrait en outre de rechercher la répartition la plus avantageuse du tirage entre les différentes parties du faisceau tubulaire.

A ce double point de vue, les essais actuellement en cours sur un certain nombre de locomotives P.L.M. avec l'échappement suédois, système *Kylälä*, fourniront certainement d'utiles indications. Cet échappement comporte, en effet, un double petticoat, répartissant le tirage, et produisant 4 jets séparés, dans une large cheminée ; sur les locomotives des types Pacific et Mikado, le diamètre de la partie rétreinte de la cheminée a été porté de 356 à 420 mm.

On peut toutefois se demander s'il ne serait pas opportun d'envisager une modification beaucoup plus radicale, consistant à obtenir le tirage au moyen d'un turbo-ventilateur. On sait que ce dispositif a déjà été expérimenté sur quelques locomotives à turbine. Cet essai vient d'être repris par la Compagnie P.L.M. sur une machine compound à 4 cylindres et à vapeur surchauffée. S'il est possible d'aboutir, après une période de mise au point inévitable en pareille matière, à un appareil de construction simple et robuste, il serait permis d'espérer que le turbo-ventilateur d'échappement donnerait la solution de l'avenir.