

CHAPITRE XVII

**DES NOUVEAUX SYSTÈMES ADOPTÉS OU PROPOSÉS DANS LE BUT DE
PERFECTIONNER LA VOIE OU LE MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER.**

Nous avons décrit toutes les parties qui composent un chemin de fer avec son matériel d'exploitation, le chemin se trouvant dans les conditions ordinaires. Il nous reste à nous occuper de plusieurs systèmes qui ont été essayés ou proposés, soit pour vaincre certaines difficultés propres à une ligne donnée, soit pour remplacer complètement les appareils actuellement en usage.

Parmi ces systèmes il en est quelques-uns qui ont été expérimentés sérieusement et reconnus réellement applicables au moins dans certains cas; nous les étudierons avec soin, et nous chercherons à en faire ressortir le mieux possible les avantages et les inconvénients. D'autres, au contraire, ne paraissent pas susceptibles d'emploi. Nous décrirons, parmi ces derniers, ceux dont le public s'est le plus occupé, et nous en signalerons les défauts.

Les ingénieurs qui sont à la tête des grandes entreprises de chemins de fer sont continuellement en butte aux attaques des inventeurs, qui les accusent de repousser systématiquement leurs idées par routine ou même par un sentiment mesquin de jalousie. Ces ingénieurs sont sans doute peu disposés à faire sur une grande échelle des essais qui, s'ils ne sont pas couronnés de succès, peuvent compromettre gravement leur réputation et occasionnent de grands embarras ou de grandes pertes aux compagnies qui leur ont accordé leur confiance; mais ils sont loin aussi de rejeter les procédés nou-

veaux qui peuvent être essayés sans trop de difficultés et qui leur semblent rationnels. Les inventeurs, malheureusement, sont, en très-grande majorité, entièrement étrangers à la théorie et à la pratique; les systèmes qu'ils proposent d'appliquer, si la pensée qui les a enfantés n'est contraire aux principes les plus élémentaires de la théorie, ne sont que la reproduction de systèmes abandonnés depuis longtemps, et c'est en vain que l'on chercherait à le leur faire comprendre. N'a-t-on pas vu d'ailleurs les meilleurs esprits, les hommes même les plus instruits, se tromper sur la portée de certaines inventions, en laisser échapper les plus grands défauts? Il n'en est pas de meilleure preuve que les rapports du savant M. Arago, à la Chambre, sur le système Arnoux. Ce système, *tel qu'il était alors*, donnait lieu à de sérieuses objections qui n'avaient pas frappé M. Arago¹. Disons enfin, avec le rapporteur d'essais faits par ordre du gouvernement sur le frein Guérin, qu'en matière d'exploitation technique des objections légères ou même futiles en apparence peuvent constituer en pratique de véritables impossibilités.

Dans ce chapitre, après avoir démontré que l'air comprimé, l'air chaud et l'électro-magnétisme ne sauraient être employés avec avantage pour remplacer la vapeur dans les locomotives, après avoir prouvé aussi que les machines rotatives que l'on a souvent proposé d'employer pour imprimer directement le mouvement aux roues ne seraient pas d'un emploi avantageux, nous parlerons des essais faits sur le chemin de Sceaux pour supprimer, même au passage de courbes de petit rayon, les galets directeurs de M. Arnoux, et nous décrirons :

— Le système Laignel, qui a pour but de faciliter le passage des courbes; — le nouveau waggon de M. Arnoux, disposé de manière à rendre les essieux à volonté parallèles ou convergents dans les courbes; le système Edmond Roy, devant, comme les systèmes Laignel et Arnoux, diminuer la résistance dans les courbes;

Les machines-locomotives Verpilloux, Flachet, Beugnot, Jouffroy et Séguier, ayant toutes pour objet de graver de fortes pen-

¹ Telle, par exemple, l'impossibilité de construire des machines puissantes avec essieux indépendants.

tes tout en passant dans des courbes de petit rayon, et l'ingénieuse disposition essayée par MM. Amberger, Nicklès et Cassal pour augmenter au besoin l'adhérence des roues de locomotives au moyen de l'électricité.

Nous ferons connaître en peu de mots le système atmosphérique par compression de Pecqueur et le système éolique d'Andraud, puis nous décrirons l'appareil Giffard et le tiroir Jobin, la machine Belleville, et parlerons des essais faits sur l'appareil Dumery ou d'autres systèmes fumivores, et nous terminerons par ceux tentés pour employer les locomotives sur les routes ordinaires.

Locomotive à air comprimé de M. Andraud. — M. Andraud a imaginé de remplacer la vapeur par l'air comprimé. Sa machine est fort simple : elle consiste en un réservoir rempli d'air comprimé et un mécanisme composé de cylindres, pistons, bielles et manivelles comme le mécanisme des machines ordinaires. L'air comprimé introduit dans les cylindres fait marcher les pistons par sa pression. La provision de fluide moteur est renouvelée au moyen de réservoirs fixes placés de distance en distance, que l'on alimente économiquement en tirant parti de moteurs souvent improductifs, tels que des chutes d'eau ou des courants rapides.

Supposons que l'air soit comprimé dans le réservoir mobile à sept atmosphères, 1 mètre cube à sept atmosphères est capable de produire le même travail que 1 mètre cube de vapeur à la même pression. Mais l'eau qui, sous l'action de la chaleur, produira cette quantité de vapeur, occupe dans le tender un volume de 5 litres 50 centilitres seulement, volume qui est les 0,0035 de celui occupé par l'air, et le réservoir de la machine Andraud devra contenir deux cent quatre-vingt six fois celui d'un tender ordinaire pour pouvoir fournir le même parcours. Il serait donc excessivement lourd et volumineux. Afin d'obvier à cet inconvénient, M. Andraud a imaginé de porter la pression de l'air à trente atmosphères; mais alors le tender devrait être extrêmement résistant, ce qui le rendrait encore très-pesant.

L'emploi de l'air comprimé comme moteur dans les locomotives ne pourrait donc être avantageux, à cause de l'impossibilité d'emmagasiner dans le tender une quantité suffisante de force motrice

pour un trajet d'une certaine longueur, comme cela se fait aisément avec de l'eau.

Il semble qu'en employant l'air chaud on pourrait développer une plus grande puissance avec un réservoir d'un volume raisonnable ; *toutefois, si Erickson est parvenu à se servir avec quelque succès de l'air chaud sur les bateaux à vapeur, ce n'est qu'à la condition d'employer des appareils volumineux et encombrants, ce qui exclut l'usage de ces appareils pour la locomotion.*

Quant à ce qui est de l'électro-magnétisme, il paraît moins encore que l'air chaud applicable aux machines locomotives comme moteur. « M. Becquerel, dans un rapport à l'Académie des sciences (année 1854, p. 854), dit que M. Jacobi, qui a fait une étude approfondie de l'emploi de l'électro-magnétisme dans l'industrie, a été conduit à cette conséquence, que l'effet mécanique ou le travail des machines électro-magnétiques, vu les dépenses qu'exige leur entretien, est de beaucoup inférieur à celui des autres moteurs usuels, mais que ce n'est pas là le dernier mot de la science. »

Dans leur traité de l'électro-magnétisme publié en 1856, MM. Becquerel et Edmond Becquerel s'expriment dans les termes suivants : « On n'est pas parvenu à construire économiquement de puissantes machines; on n'a utilisé que des électro-moteurs de peu de force pour faire tourner des tours et des métiers qui devaient marcher avec un mouvement rapide. »

M. Aristide Dumont, dans une note lue à l'Académie des sciences, en 1851, indiquait que la production de force électro-magnétique conduisait à une dépense de 20 francs par force de cheval et par heure, tandis que le coût du cheval avec une machine à vapeur dans les mêmes circonstances ne serait que d'environ 10 centimes !

M. Dumas enfin, dans un rapport à Son Excellence M. le ministre de l'instruction publique sur un concours ouvert pour l'obtention d'un prix de 50,000 francs fondé par Sa Majesté l'Empereur en faveur de celui qui aurait trouvé une application nouvelle d'une haute importance de l'électricité, s'exprime dans les termes suivants :

« S'agit-il d'animer les organes de machines puissantes, de remplacer la vapeur comme moteur, l'électricité ne paraît offrir, dans l'état de la science, aucune chance de succès. Il faut qu'une grande

découverte vienne révéler dans ce fluide des qualités ignorées pour qu'on puisse en espérer un emploi sérieux pour ce grand objet. »

Machines rotatives. — *On pense assez généralement qu'il y aurait un grand avantage à transmettre directement le mouvement de rotation aux roues motrices des locomotives au moyen de machines à vapeur rotatives. C'est une erreur qu'il importe de détruire.* Les essais tentés jusqu'à ce jour pour employer ces machines laissent peu d'espoir de parvenir à rendre tout à fait industriel ce mode de recueillir le travail de la vapeur même dans les machines fixes¹.

Cette disposition de machine, qui paraît simple au premier abord, est en réalité assez compliquée; elle occasionne beaucoup de frottement par suite du grand développement de la surface frottante du piston et de celle de l'obturateur qui sépare le cylindre en deux compartiments, dont l'un communique avec la chaudière et l'autre avec l'atmosphère dans les machines à haute pression, ou avec le vide dans celles à basse pression, obturateur qui ne se déplace que pour laisser passer le piston.

Un autre inconvénient inhérent à la plupart des machines à rotation immédiate consiste dans l'uniformité de vitesse du piston; par suite de cette uniformité la vapeur manque de temps pour entrer et surtout pour sortir à chaque tour de la capacité dans laquelle elle agit. C'est là un grave défaut qui serait sensible surtout dans des machines marchant à de grandes vitesses comme les locomotives.

Waggon du chemin de Sceaux à roues folles avec essieux parallèles. — Des essais ont été faits, l'année dernière, sur le chemin de Sceaux, en supprimant dans les waggon articulés de M. Arnoux le galet directeur et rendant les essieux parallèles, mais en conservant les roues mobiles sur l'essieu et l'attelage rigide. Les waggon ainsi modifiés auraient marché, assure-t-on, à de grandes vitesses dans des courbes de petit rayon. Si ces résultats se confirmaient et s'il était bien démontré que ces waggon peuvent circuler réellement sans danger et sans un grand accroissement de résis-

¹ Cours de M. Thomas à l'école centrale des arts et manufactures.

tance dans les courbes de petit rayon, on aurait obtenu ainsi la solution partielle d'une des plus grandes difficultés de l'important problème qui préoccupe aujourd'hui les ingénieurs, celui du passage des montagnes, même d'une grande hauteur, au moyen des chemins de fer.

Système Laignel. — M. Laignel, pour diminuer la résistance au passage des courbes, remplace dans les parties sinueuses du chemin le rail extérieur par un rail plat à rebord, afin que les wagons ou machines reposent sur ce rail par le bourrelet des roues et sur le rail intérieur par la jante, ainsi que l'indique la figure 656.

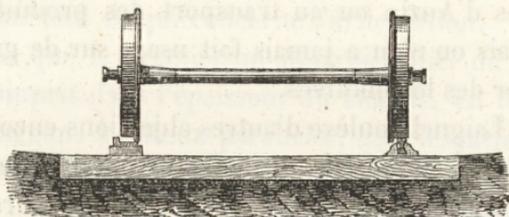


Fig. 656.

Toutes les courbes, dans ce système, doivent avoir un rayon constant de 50 mètres, en sorte que, dans le cas des tracés à grandes courbes, les portions circulaires sont remplacées par un nombre suffisant de portions droites dont le raccordement a lieu au moyen d'arcs ayant un rayon constant de 50 mètres.

M. Laignel, en adoptant cette disposition pour la voie, a eu pour but de compenser, par la différence de diamètre des roues jumelles, la différence de longueur des deux courbes extérieures et intérieures, et, comme les roues, celles des wagons du moins, sont à peu près toutes de même diamètre avec un bourrelet de hauteur constante, il a fallu, pour obtenir cette compensation, adopter également un rayon de courbure constant. — Des expériences nombreuses ont prouvé que la résistance, dans le système Laignel, était en effet sensiblement diminuée; mais cela doit tenir non-seulement à la réduction opérée dans le frottement à la jante, mais encore et surtout à ce que ce système a pour propriété de diriger de lui-même le chariot en ligne courbe et de le faire tourner sans qu'il

soit nécessaire pour cela que le rebord appuie contre la face verticale du rail, et qu'ainsi se trouve évité, dans de certaines limites de vitesse, le frottement dû à la force centrifuge.

La plus grave objection faite au système Laignel est que, s'il diminue incontestablement le travail nécessaire pour opérer un certain changement de direction, il laisse encore subsister une résistance qui devient excessive par unité de distance parcourue dans des courbes dont le rayon ne dépasse pas 50 mètres. Aussi a-t-on employé ce système avec un avantage marqué sur des chemins où l'on marche à de petites vitesses avec des chevaux, comme par exemple sur ceux qui, à la surface du sol, servent à l'exploitation des mines d'Anzin ou au transport des produits des forges d'Hayange; mais on n'en a jamais fait usage sur de grandes lignes parcourues par des locomotives.

Le système Laignel soulève d'autres objections encore :

1° Le bourrelet des roues, qui ne frotte que dans les courbes, et le cercle, qui frotte dans toute l'étendue du parcours des parties rectilignes et des parties courbes, s'usent inégalement, d'où il résulte un changement dans le rapport du diamètre des roues avec ou sans rebord quand les roues sont usées, et par suite une augmentation de frottement dans des courbes dont le rayon a été calculé dans l'hypothèse de roues neuves.

2° A l'entrée et à la sortie des courbes, la partie antérieure ou postérieure du waggon se trouvant dans la courbe quand l'autre partie est en ligne droite, il arrive que trois roues reposent sur leur cercle et une seule sur le bourrelet. De là un frottement de glissement momentané d'autant plus grand que le rayon des courbes Laignel est plus petit. Représentons-nous en effet les deux roues de devant dans la courbe (fig. 637), et celles de derrière en ligne

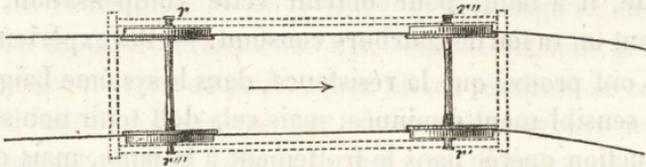


Fig. 637.

droite. La roue r'' seule repose sur son bourrelet, les roues r , r' , r'''

reposent sur leurs jantes. La roue r''' , devant suivre la roue r et roulant sur un même diamètre, fait nécessairement le même nombre de tours; mais alors la roue r , solidaire avec la roue r''' comme la roue r' l'est avec la roue r'' , fait aussi un nombre de tours égal. Or ceci ne peut avoir lieu sans que cette roue, qui doit suivre la roue r'' , marchant sur son bourrelet, ne glisse en avant. Veut-on supposer la roue r faisant un plus grand nombre de tours pour suivre la roue r'' sans glisser, c'est alors la roue r''' qui, marchant plus vite que la roue r'' en tournant, glisse en arrière.

Waggon articulé à deux fins. — Le waggon à deux fins est exactement le même que celui employé actuellement sur le chemin de Sceaux pour tout ce qui concerne l'articulation.

Il a de plus que le premier un appareil entier de traction et de percussion compris dans l'épaisseur du châssis, en tout semblable à celui des waggons à essieux parallèles, *avec lesquels il est destiné à être attelé au besoin.*

Dans le système parallèle, la traction se communique aux essieux par les plaques de garde; il a donc fallu les conserver ici. Cependant, pour ne pas faire obstacle à la convergence, ces plaques de garde sont plus ouvertes dans la partie inférieure pour laisser le jeu à l'essieu, tandis qu'elles forment coulisse là où elles correspondent à la glissière circulaire.

Dans le système parallèle, les tampons de choc font partie de l'appareil de traction; il y a donc obligation de les appliquer tels qu'ils sont; cependant, comme dans les petites courbes ils occasionneraient des résistances par la trop forte pression des tampons intérieurs, M. Arnoux y a remédié en mettant les ressorts à tourillons. Le ressort fait ainsi l'effet d'un balancier, ou mieux d'un palonnier dont les deux branches se partagent l'effort dans toutes les positions.

Il est à remarquer que, dans le système parallèle, la traction par l'extrémité du châssis devient excentrique quand on cesse d'être en ligne droite, et que cela offre quelque danger avec des roues libres; l'attelage sur la cheville ouvrière correspondant à l'axe de la voie est donc plus convenable. M. Arnoux s'est rappelé cette disposition en faisant traverser la cheville ouvrière

par la tige de traction, et en la mettant à charnière tout contre cette cheville. Au lieu d'un simple passage dans la traverse extrême, on y a pratiqué une mortaise pour laisser le jeu de la tige de traction.

Système Edmond Roy. — M. Edmond Roy propose un nouveau système de matériel dans lequel, comme dans le matériel articulé de M. Arnoux, les roues sont indépendantes et les essieux mobiles, de manière à pouvoir converger dans les courbes.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans les waggons de M. Edmond Roy, c'est surtout la disposition des essieux. En voici la description : tous les waggons sont à six roues. Les coussinets des essieux extrêmes peuvent glisser dans leurs boîtes à graisse. Ceux de l'essieu du milieu sont fixés dans leur boîte à graisse comme dans le matériel actuel, ou, s'ils sont mobiles, ils ne peuvent se déplacer que dans la direction de l'essieu.

Ainsi que l'indique la figure 658, les faces verticales des cou-

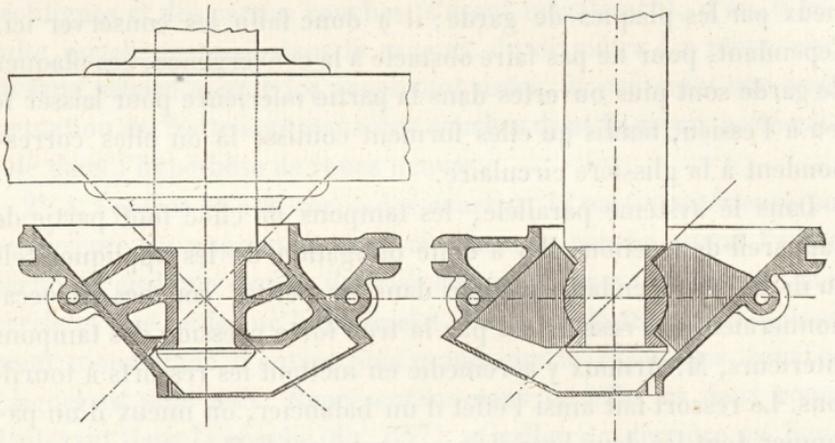


Fig. 658.

sinets extrêmes ne sont pas, comme dans les coussinets ordinaires, parallèles au plan vertical passant par l'axe de l'essieu et du coussinet; elles sont obliques par rapport à ce plan de 0 à 45°, suivant : 1° l'écartement des essieux; 2° la position du coussinet sur l'essieu. Les faces de la boîte à graisse ont la même inclinaison que les faces de ce coussinet.

C'est l'essieu du milieu qui sert de point d'appui pour que les deux essieux extrêmes soient entraînés à droite ou à gauche par l'action du rail sur le boudin des roues, suivant le sens de la courbe. Les coussinets, ayant même longueur que leurs tourillons, obéissent au mouvement qui leur est imprimé par l'essieu, en glissant dans leur boîte à graisse. Les plans obliques sur lesquels le glissement s'opère étant pour chaque extrémité d'un même essieu placés en sens inverse, il en résulte, ainsi que l'indique l'épure, que les extrémités des essieux extrêmes, situées : 1° extérieurement à la courbe parcourue, s'écartent de celle de l'essieu du milieu ; 2° intérieurement, se rapprochent, et qu'enfin ils passent, dans ce mouvement de position parallèle à celle de l'essieu du milieu pour la marche en ligne droite, aux positions convergentes ou normales à l'élément de courbe sur lequel se trouve chaque essieu.

Pour que les roues soient indépendantes l'une de l'autre, les essieux sont brisés.

L'attelage peut se faire comme dans le matériel ordinaire, en conservant les tampons de choc ; ou mieux encore, d'après M. Edmond Roy, en supprimant ces tampons pour les remplacer par un tampon unique placé à l'extrémité de la tige de traction, l'attelage ayant lieu au moyen d'une disposition particulière un peu compliquée qu'il serait trop long de décrire ici.

Les essieux des machines auraient, en partie du moins, le même jeu que ceux des waggons. Le milieu des essieux ne se déplaçant qu'insensiblement, on accouplerait les essieux au moyen de coudes placés au centre, et de bielles qui réuniraient les coudes.

La Compagnie d'Orléans essayant en ce moment le système Edmond Roy, il faut attendre le résultat de ces essais pour se prononcer sur son mérite réel. Voici toutefois les objections qui nous semblent pouvoir dès à présent lui être faites :

Le boudin de l'une des roues du milieu venant à rencontrer à côté du rail un obstacle qui produira le même effet que le rail courbe à l'entrée dans les courbes, le waggon tournera, les essieux extrêmes deviendront convergents, et le waggon sortira certainement de la voie, dans ce cas, plus facilement que si les essieux eussent été parallèles et les roues jumelles solidaires. M. Arnoux,

en rendant les différents waggons d'un convoi, au moyen des barres rigides d'attelage, solidaires pour ainsi dire les uns des autres, a cherché sans doute à se garantir contre cette éventualité, et ce qui prouve que la pratique lui a enseigné la nécessité de cet attelage rigide avec les roues et les essieux mobiles, c'est que, malgré ses inconvénients, il l'a conservé.

M. Roy propose à la vérité un nouveau système d'attelage qui, sans empêcher le mouvement de rotation du waggon sur l'essieu du milieu, en empêche toutefois jusqu'à un certain point le déplacement latéral; mais, si l'on employait ce système d'attelage, les waggons de M. Roy ne pourraient pas entrer dans la composition des trains formés de waggons ordinaires, ce qui serait un très-grave inconvénient pour l'exploitation, et le mouvement de lacet que l'inventeur prétend combattre serait remplacé probablement par un mouvement d'oscillation autour de l'axe qui ne serait pas moins fâcheux que le mouvement de lacet. Au chemin de Versailles, nous avons employé, il y a environ vingt ans, le tampon unique conseillé par M. Roy, et il s'en faut qu'il nous ait donné toute satisfaction. Il est vrai que le système d'attelage différerait essentiellement du sien et laissait toute liberté au waggon pour se déplacer latéralement et obéir au mouvement de lacet.

C'est à tort, du reste, que M. Roy prétend que les tampons latéraux sont peu efficaces pour s'opposer au mouvement de lacet. Lorsque les attelages sont convenablement serrés, et que, par suite, ces tampons sont en contact, la voie étant en bon état d'entretien ainsi que le matériel roulant, le mouvement de lacet est presque insensible.

Nous reprocherons aussi au mode d'attelage de M. Roy sa complication. Nous croyons que l'assemblage des voitures avec cet attelage se ferait beaucoup moins rapidement et moins facilement qu'avec le système ordinaire.

Système Verpillieux. — Le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon présente de nombreuses courbes de petit rayon et des pentes très-fortes sur lesquelles on remorque des convois très-lourds. (*Voy.* vol. I, p. 255.) Toutes ces circonstances forcent à employer des locomotives qui puissent exercer un effort de traction consi-

dérable. D'un autre côté, les rails sur cette ligne sont faibles et ne peuvent supporter qu'une pression fort limitée. En outre, ils sont souvent couverts de boue formée par la houille répandue sur la voie et mouillée par la pluie. L'adhérence nécessaire ne peut s'obtenir qu'en rendant motrices plusieurs paires de roues.

Quand le rayon des courbes est suffisamment grand, on peut coupler trois et même quatre paires de roues; mais, dans le cas particulier qui nous occupe, cela n'était pas possible, à cause du grand écartement qui en serait résulté pour les essieux extrêmes.

M. Verpilleux imagina de placer sous le tender un mécanisme composé de cylindres, pistons, bielles, etc., en tout semblable à celui de la machine. Ces organes mettent en mouvement l'un des essieux du tender, lequel est à son tour couplé avec l'autre essieu. Ils permettent donc de doubler momentanément l'effort de traction de la machine sans surcharger en rien la voie. A cet effet, il suffit de faire passer une partie de la vapeur fournie par la chaudière dans les cylindres moteurs du tender.

Le système ingénieux de M. Verpilleux présente plusieurs inconvénients pratiques.

La chaudière ne pouvant pas avoir de très-grandes dimensions comme dans les machines Engerth, on ne saurait, avec ces machines, produire une grande quantité de vapeur, et on ne peut, par conséquent, marcher qu'à de très-petites vitesses. L'appareil moteur supplémentaire est d'un prix très-élevé. Il s'use aussi bien que celui de la machine et donne lieu à des frais de réparation considérables. Le tube qui amène la vapeur de la chaudière à ce mécanisme a jusqu'à six joints à presse-étoupes, disposition coûteuse et d'un entretien difficile. Nous en dirons autant du tuyau d'échappement qui ramène la vapeur du tender à la cheminée.

Locomotive Flachat. — M. Eugène Flachat, partant du même principe què M. Verpilleux, a cherché à franchir des rampes de 50 à 60 millimètres avec un matériel susceptible de circuler dans des courbes de très-faible rayon. Devant un effort de traction qui s'élève jusqu'au seizième du poids remorqué et des influences climatiques qui peuvent affecter l'adhérence, il s'est trouvé dans la né-

cessité d'obtenir à la fois une puissance motrice considérable et de grandes ressources pour l'adhérence.

La chaudière, placée sur deux trucks à six roues, peut avoir de fortes dimensions, sans charger, pour cela, les rails outre mesure. M. Flachet espère pouvoir lui donner 350 à 400 mètres carrés de surface de chauffe.

Quant aux waggons, ils sont construits dans le système américain, et tous les trucks sont armés de cylindres qui reçoivent la vapeur de la chaudière et transmettent le mouvement aux roues. La vapeur sera transmise aux cylindres par des conduits à articulation flexible. Toutes les roues du train étant couplées, l'adhérence qu'exige l'effort de traction pour être complètement utilisé ne dépasse pas la seizième partie du poids porté par ces roues. — Moitié seulement étant couplée, elle ne dépasse pas la huitième partie. Avec les machines actuelles, l'adhérence nécessaire est la seizième partie du poids que portent les roues.

Ce système, fort ingénieux en principe, paraît devoir présenter de grandes difficultés dans l'exécution. Espérons que l'habile ingénieur qui en est l'inventeur saura les surmonter.

Machine Beugnot. — Cette machine a une grande surface de chauffe (180 mètres carrés).

Ses dimensions et son adhérence sont telles, que la machine peut absorber et utiliser toute la vapeur produite par ses 180 mètres de surface de chauffe.

L'adhérence utilisée est de 48 tonnes; le nombre des roues couplées est de huit. Ces roues ont 1^m,20 de diamètre. Les cylindres ont 0^m,54 de diamètre et 0^m,56 de course.

La charge totale ne devant jamais dépasser 12 tonnes par essieu, la machine est portée sur dix roues : d'une part, les huit roues accouplées de 1^m,200 placées entre la boîte à feu et la boîte à fumée, et, d'autre part, les deux roues d'avant du tender.

Le tender est complètement indépendant de la machine, et peut s'atteler et se dételier aussi facilement que dans les locomotives ordinaires; seulement, par une disposition spéciale, l'avant-train du tender s'enfile sous le tablier du machiniste, et une combinaison de ressorts de suspension permet de reporter sur les collets inté-

rieurs de l'essieu de cet avant-train la surcharge du foyer de la locomotive.

Les huit roues de la machine comportent un empatement total de 3^m,900. Cet empatement serait beaucoup trop grand pour le passage dans des courbes de petit rayon si les essieux accouplés étaient rigides. Aussi sont-ils rendus mobiles entre eux par groupes au moyen de la disposition mécanique suivante :

Chaque essieu a quatre collets, deux intérieurs et deux extérieurs aux roues. Les boîtes à graisse de forme spéciale des collets intérieurs sont réunies de deux en deux essieux par des bâtis intérieurs mobiles. Ces quatre boîtes intérieures mobiles tournent autour de quatre sphères et reçoivent par leur intermédiaire une partie de la charge de la machine.

Le reste de cette charge repose sur les boîtes à graisse des collets extérieurs. Celles-ci sont prises et guidées par un châssis extérieur formant un rectangle rigide avec les traverses d'avant et d'arrière de la machine. C'est ce rectangle qui traîne la charge à la montée et reçoit les chocs du train à la descente.

Les boîtes à graisse extérieures ont chacune, dans leurs glissières respectives, un jeu transversal de 40 millimètres, soit 20 millimètres de chaque côté.

Quand la machine entre dans une courbe, la pression des rails contre les bandages des roues du premier essieu de chaque groupe se transmet directement par les boîtes à graisse des collets intérieurs aux bâtis mobiles. Ceux-ci oscillent autour des sphères, entraînant dans leur mouvement les deux autres essieux de chaque groupe, et les faisant glisser transversalement à eux-mêmes, sans que pour cela leur parallélisme soit altéré.

Les essieux, leurs manivelles et leurs bielles d'accouplement arrivent ainsi à se placer naturellement dans la position exigée par le rayon même de la courbe, et qui est la plus favorable au passage de la machine dans ladite courbe.

Cette disposition nouvelle des essieux, outre les avantages qu'elle procure au véhicule pour la marche en courbe, possède encore les suivants :

1° Grande surface de frottement aux collets, ce qui diminue la

charge par unité de surface, facilite le graissage et empêche la chauffe;

2° Grand écartement des collets extérieurs, ce qui donne plus de stabilité au système dans le sens transversal de la voie;

3° Suspension parfaite, par l'intermédiaire de seize ressorts, ce qui atténue les effets de la charge sur les rails;

4° Maintien des roues dans leur position verticale en cas de rupture d'essieu, et, par suite, suppression des chances de déraillement dans ce cas particulier.

Pour éviter le mouvement de lacet que comportent les locomotives puissantes lorsque les cylindres à vapeur sont très-écartés l'un de l'autre, on a diminué dans la machine qui nous occupe l'entre-axe de ces cylindres au moyen de la combinaison mécanique toute nouvelle qui suit (1^m,500 d'entre-axe au lieu de 2^m,20 à 2^m,500).

L'essieu d'avant est l'essieu moteur. Il est coudé et porte en outre des manivelles extérieures, calées symétriquement aux coudes qui les avoisinent, de façon que, par l'intermédiaire de quatre bielles et de deux traverses, chaque cylindre se trouve respectivement commandé, en dedans par un coude de l'essieu moteur, et en dehors par sa manivelle symétrique, qui sert en même temps à transmettre l'accouplement aux trois autres roues du même côté, au moyen de manivelles et de bielles.

Sur les manivelles d'accouplement de l'essieu moteur sont calées les poulies d'excentrique de distribution; sur les manivelles de l'essieu d'arrière les poulies d'excentrique commandant les pompes alimentaires, de telle sorte que tous les mouvements de la machine sont à l'extérieur, et que le machiniste peut les voir fonctionner de sa place et les graisser en marche, ce qui peut être très-important quand on descend les rampes.

L'attelage de la machine au tender, au lieu de se faire par une barre ou un maillon comme d'habitude, s'obtient par l'intermédiaire de deux bielles, articulant chacune à l'une de ses extrémités à un point fixe pris sur le bâtis extérieur de la machine, à l'autre extrémité à l'un des bouts d'un balancier fixé en son milieu à la traverse d'avant du tender.

Les points pris sur les bâtis extérieurs de la machine et celui sur la traverse du tender sont déterminés au moyen d'une épure, et pour une courbe de 100 mètres de rayon. Cette disposition, jointe au rapprochement des tampons de butée entre la machine et le tender, fait que, dans une courbe de petit rayon, le tender pivote facilement sous le tablier de la machine, fait avec elle un angle proportionnel à la courbe, et n'a aucune tendance au déraillement.

Le tender peut être approvisionné de 7,500 litres d'eau et de 50 à 60 paniers de combustible, ce qui permet d'entreprendre un long parcours sans crainte d'être pris au dépourvu. Cette condition est importante, vu la difficulté où l'on peut se trouver de s'approvisionner d'eau en certains points d'une montagne.

Pour résumer, la machine de montagne, système E. Beugnot, présente les dispositions suivantes :

Grande surface de chauffe ;

Adhérence maximum de 48 tonnes, à raison de 12 tonnes sur chacun des quatre essieux accouplés, ce qui permet d'utiliser la puissance due à la grande surface de chauffe ;

Organes spéciaux permettant à la machine de franchir les courbes de très-petit rayon, malgré son empatement de 5^m,900 ;

Grande stabilité de la machine sur la voie, stabilité due au rapprochement d'entre-axe de ses cylindres, au grand empatement des collets extérieurs des essieux et à l'accouplement spécial de la machine avec le tender ;

Disposition du tender à grande contenance, dont la roue d'avant vient supporter le surpoids de la boîte à feu, ce qui constitue de fait un appareil d'anti-lacet ;

Attelage de la machine au tender par l'intermédiaire d'un balancier et de deux bielles, dont les points d'attache sont déterminés de façon à faciliter le passage en courbe.

Système Jouffroy. — MM. de Jouffroy et Séguier, dont nous allons décrire les systèmes, se sont proposé l'un et l'autre d'augmenter l'adhérence, afin de gravir les rampes très-inclinées. Ils ont pour cela compliqué la construction des machines et de la voie sans nécessité, car, la vapeur étant employée comme moteur, on ne

peut développer une grande puissance qu'avec des machines lourdes, et ces machines ont généralement assez d'adhérence pour uti-

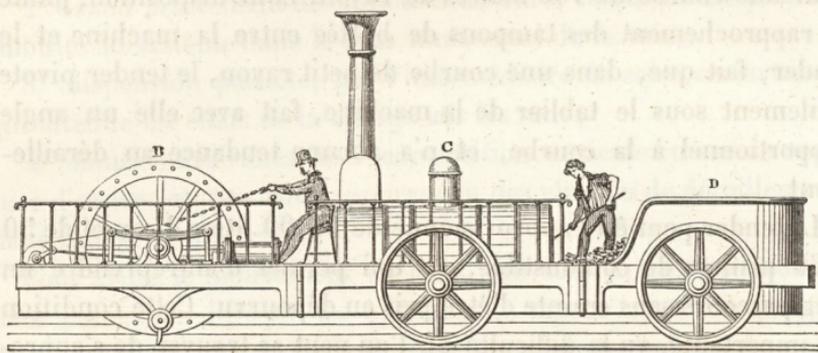


Fig. 639. — Locomotive de M. Jouffroy.

liser toute leur puissance. Ce n'est que dans quelques cas particuliers que l'adhérence devient insuffisante. Si d'ailleurs l'on aban-

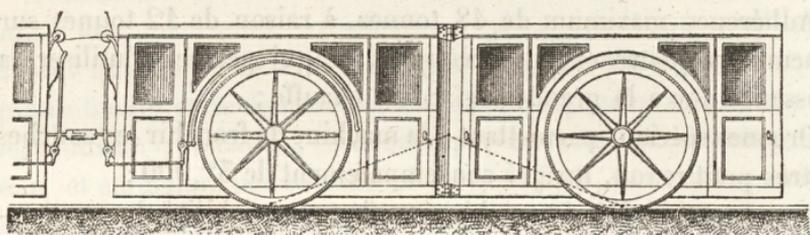


Fig. 640. — Voiture de M. Jouffroy.

donne la locomotive comme moteur dès que la pente dépasse une certaine limite, ce n'est pas parce qu'elle manquerait d'adhérence, mais parce qu'alors, la résistance occasionnée par la composante

parallèle au plan incliné du poids des machines en usage étant considérable, le poids remorqué, eu égard à la puissance, devient trop faible ¹. M. Eugène Flachat a très-bien compris les difficultés du problème à résoudre, lorsque, voulant remonter de très-fortes pen-

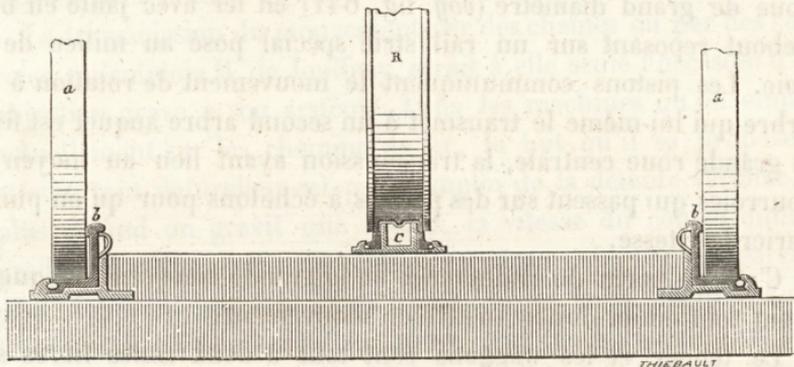


Fig. 641.

tes avec une locomotive, il a considérablement augmenté la puissance de la machine tout en augmentant l'adhérence, sans pour cela augmenter le poids de la machine proportionnellement à l'ac-

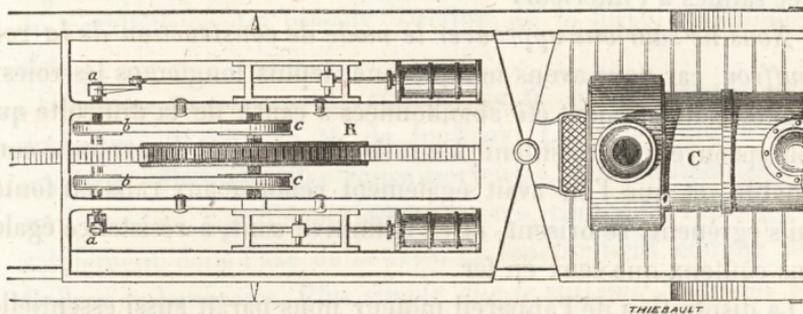


Fig. 642.

croissement de puissance et sans faire subir à la voie un excès de fatigue, ce que n'ont fait ni M. de Jouffroy ni M. Séguier.

Nous ferons connaître d'abord le système Jouffroy.

M. de Jouffroy s'est proposé de construire une machine légère ayant une grande adhérence et pouvant passer dans des courbes de petit rayon. Pour y parvenir, il a placé tout le mécanisme sur un

¹ Voir une note publiée par M. Couche dans les *Annales des Mines*... sur ce sujet, note dans laquelle M. Couche se trouve être parfaitement d'accord avec nous.

train distinct de celui qui porte la chaudière. Les deux trains, réunis en leur milieu par une articulation, sont portés sur deux roues seulement. Au milieu du train d'avant portant le mécanisme et à égale distance des deux longerons de ce train se trouve une roue de grand diamètre (*voy. fig. 641*) en fer avec jante en bois debout reposant sur un rail strié spécial posé au milieu de la voie. Les pistons communiquent le mouvement de rotation à un arbre qui lui-même le transmet à un second arbre auquel est fixée la grande roue centrale, la transmission ayant lieu au moyen de courroies qui passent sur des poulies à échelons pour qu'on puisse varier la vitesse.

C'est en vertu de l'adhérence de la grande roue centrale que le train tout entier doit se mettre en mouvement.

Le tender et les waggons sont tous à deux roues *libres* sur l'essieu. Le tender est réuni au châssis qui porte la chaudière par une articulation semblable à celle qui sert d'assemblage à ce châssis avec celui qui porte le mécanisme; les waggons sont réunis entre eux et au tender de la même manière. Les rails enfin sont en fonte avec saillies à l'intérieur.

Nous ne saurions approuver le mode de construction de la voie Jouffroy, car nous avons indiqué que depuis longtemps les voies à bandes plates avaient été abandonnées à cause de la difficulté que l'on éprouve à en maintenir les rails dans un état de propreté convenable, et que l'on avait également renoncé aux rails en fonte, qui s'égrènent, se brisent, et en définitive sont, à résistance égale, plus coûteux que ceux en fer.

La disposition de l'appareil moteur nous paraît aussi essentiellement vicieuse. La chaudière, reposant sur un essieu unique, ne peut être très-grande qu'à la condition de faire éprouver à la voie une fatigue excessive. La machine ne peut donc être très-puissante.

Il est permis de douter de l'efficacité du rail strié de M. de Jouffroy pour produire l'adhérence : tant que les stries de ce rail seront fraîches, on pourra obtenir l'effet désiré; mais celles-ci ne tarderont pas à se remplir de poussière et de débris de la jante en bois; et, dans cet état, la roue motrice, trop peu chargée, glissera. Si M. de Jouffroy était parvenu à soulager les rails en faisant supporter à

chacun de ses essieux un poids moindre que dans les chemins de fer ordinaires, on comprendrait l'opportunité d'un appareil spécial destiné à produire une adhérence auxiliaire ; mais nous avons vu qu'il n'en était rien. Il était donc inutile de recourir à de pareils moyens pour obtenir ce surcroît d'adhérence.

La transmission du mouvement par des chaînes ou par des courroies, qu'emploie M. de Jouffroy, serait à elle seule l'occasion d'une objection grave à son système. Dans les machines qu'on emploie actuellement sur les chemins de fer, le but qu'il se propose est atteint tout naturellement par l'emploi de la détente variable. De plus, quand on gravit une rampe, la vitesse du convoi diminue graduellement, et avec elle celle des pistons. La vapeur parcourt plus lentement les canaux qui la conduisent de la chaudière dans les cylindres, de sorte qu'elle arrive dans ces derniers à une pression bien plus élevée que lorsque la machine, marchant dans les conditions ordinaires, est animée d'une vitesse considérable.

Enfin, nous devons faire observer que si les roues libres et l'articulation des waggons font disparaître les résistances qui, au passage des courbes, résultent de la fixité des roues sur les essieux et du parallélisme des essieux, l'action de la force centrifuge subsiste.

Système Séguier. — Le système de M. Séguier a une certaine analogie avec celui de M. de Jouffroy. Les roues motrices de sa machine, distinctes des roues porteuses, sont horizontales ; elles sont pressées, par d'énergiques ressorts, contre un rail central fixé solidement dans l'axe de la voie, et fonctionnent comme des cylindres de laminoirs. *Plus simple que le système Jouffroy, le système Séguier a, comme nous l'avons déjà indiqué, un défaut qui lui est commun, celui d'augmenter sans nécessité l'adhérence par une complication du mécanisme et de la voie.*

Système Amberger, Nicklès et Cassal. — Un fil métallique, recouvert d'une matière isolante, contourné en hélice et traversé par un courant galvanique, se comporte tout à fait comme un aimant ; ainsi il attire le fer, et l'axe de l'hélice tend toujours à se mettre dans le plan du méridien magnétique. Si dans l'intérieur de cette hélice on place un morceau de fer doux, celui-ci devient à son

tour un aimant dont la puissance croîtra avec le nombre de révolutions du fil et avec l'intensité du courant. Les deux pôles de l'électro-aimant se trouvent aux deux extrémités de l'axe de l'hélice.

Partant de ce principe bien connu de physique, MM. Amberger, Nicklès et Cassal eurent l'idée de rechercher s'ils ne pourraient pas entretenir la partie inférieure des roues motrices dans un état constant d'aimantation, ou, en d'autres termes, transformer les roues en électro-aimants à pôles mobiles.

Pour mettre cette idée à exécution, MM. Amberger, Nicklès et Cassal imaginèrent d'entourer la partie inférieure de la roue motrice d'une bobine en fil de cuivre recouvert de gutta-percha. Cette bobine en suit tous les contours à une faible distance, et la roue se meut en dedans librement comme auparavant. Les deux extrémités de la bobine communiquent avec les deux pôles d'une pile voltaïque placée sur la machine.

Dès lors chaque roue motrice est transformée en un aimant dont les deux pôles se trouvent l'un au point de contact de la roue avec le rail, l'autre au point le plus élevé de cette roue.

Par ce moyen, MM. Amberger, Nicklès et Cassal ont obtenu les résultats suivants : chacune des roues de 1^m,10 de diamètre était entourée d'une bobine formée par un fil de cuivre d'un faible diamètre et de 250 mètres de longueur. On a fait passer par ces bobines un courant produit par une pile de seize éléments de Bunsen, renfermés dans une boîte de 16 mètres de longueur sur 0^m,50 de largeur et 0^m,45 de hauteur. L'adhérence due au poids des roues était, sur des rails secs, de 350 kilogrammes, l'adhérence supplémentaire obtenue au moyen de l'électro-magnétisme, de 450 kilogrammes. Par un temps de brouillard, 100 kilogrammes suffiraient pour vaincre l'adhérence des roues et les frottements de l'appareil; l'adhérence magnétique ne produit que 50 kilogrammes. Une couche épaisse de suif étendue sur la roue ferait tomber l'adhérence magnétique de 450 à 280 kilogrammes.

Le système Amberger, Nicklès et Cassal a été expérimenté sur le chemin de Lyon, mais il n'a pas donné de bons résultats. Les bandages des roues de locomotives, étant en fer dur, s'aimantaient bien, mais ils ne se désaimantaient pas assez vite, de sorte qu'en marche

les pôles se trouvaient plutôt sur le diamètre horizontal que sur le diamètre vertical.

Système Pecqueur. — M. Pecqueur, comme M. Andraud, s'est proposé de faire fonctionner les locomotives au moyen de l'air comprimé à une certaine pression. Nous avons reconnu, en parlant de la locomotive Andraud, qu'il ne paraissait pas possible de faire porter le réservoir d'air comprimé au véhicule. M. Pecqueur a imaginé de puiser cet air dans un tube fermé régnant sur toute la longueur de la voie et servant de réservoir, où l'on tient la force accumulée.

Pour le faire arriver dans les boîtes à distribution, ce tuyau fermé est muni, de distance en distance, de tubulures à soupape mises en communication avec des tiroirs ou glissières creuses de grandes dimensions, faisant partie des locomotives mêmes et mises en mouvement par un mécanisme y adhérent. L'air comprimé qu'elles renferment se rend aux cylindres de la même manière que la vapeur, par un tuyau métallique dont une partie est rendue élastique pour se prêter aux oscillations et aux chocs qui peuvent survenir dans la marche.

Ce mode de distribution permet d'obtenir une détente constante à chaque prise d'air ou à chaque tubulure du grand réservoir longitudinal.

Le système Pecqueur paraît trop compliqué pour être susceptible d'une application facile, et on peut lui faire une grande partie des reproches que nous avons adressés au système atmosphérique par aspiration.

M. Pecqueur a aussi imaginé une disposition qui lui permet d'employer l'air comprimé à faire marcher un piston locomoteur, comme dans le système atmosphérique par aspiration. Nous renverrons, pour la description de ce système, à l'ouvrage de M. Armengaud.

Chemins éoliques. — Le système éolique, qui est de l'invention de M. Andraud aussi bien que celui des locomotives à air comprimé, consiste en un madrier placé de champ entre deux rails; de chaque côté de ce madrier est appliqué un tube en étoffe flexible et imperméable à l'air. Ces tubes, dits propulseurs, communiquent de

distance en distance par des robinets avec un tube réservoir latéral, étanche et résistant, qui accompagne la voie dans toute sa longueur. A des distances qui varient à volonté, sont placés des jeux de pompe mis en action par une force quelconque. Ces pompes compriment l'air dans le tube-réservoir, d'où il est versé à volonté, au moyen des robinets, dans les sections des tubes propulseurs.

Les voitures qui transportent les voyageurs ou les marchandises sont armées à l'avant d'un appareil composé de deux cylindres qui se serrent à volonté, de manière à pouvoir presser fortement les tubes propulseurs contre le madrier.

Lorsque le waggon est ainsi disposé, on ouvre le robinet de départ; l'air s'introduit aussitôt dans la partie postérieure des tubes; cette irruption de l'air comprimé agit sur les rouleaux, qui, en marchant, entraînent le waggon. Arrivé à l'extrémité de la section, le waggon passe sans s'arrêter sur la section suivante, dans laquelle on introduit également l'air. Il n'est pas nécessaire de laisser le robinet ouvert jusqu'au moment où le waggon est arrivé à l'extrémité de la section; on peut le fermer auparavant, et l'air agit alors par détente, en perdant naturellement et graduellement sa puissance de propulsion sans que le train, pressé par la vitesse acquise, perde de sa vitesse.

Lorsqu'on désire arrêter, on desserre les rouleaux; l'air s'échappe par le tube sans agir sur eux, et l'on serre les freins. L'homme chargé de la manœuvre du robinet le ferme s'il est encore ouvert.

Le système éolique présente tous les avantages et les inconvénients des systèmes à machines fixes, et on lui reproche certains inconvénients qui lui sont propres. Ainsi les tubes de propulsion en étoffe, enduits de caoutchouc, ne semblent pas, dit-on, susceptibles d'une longue durée, et sont sujets à de fréquentes avaries. On ne se rend également pas bien compte de la perte de force qui aura lieu dans la transmission de la puissance du moteur aux waggons par le procédé Andraud. Il y a lieu de craindre qu'elle ne soit considérable.

Soixante-dix brevets ont été pris pour des perfectionnements au système atmosphérique. On en trouve la description dans l'ouvrage de M. Armengaud.

Appareil Giffard. — Description. — La figure 643 est une coupe

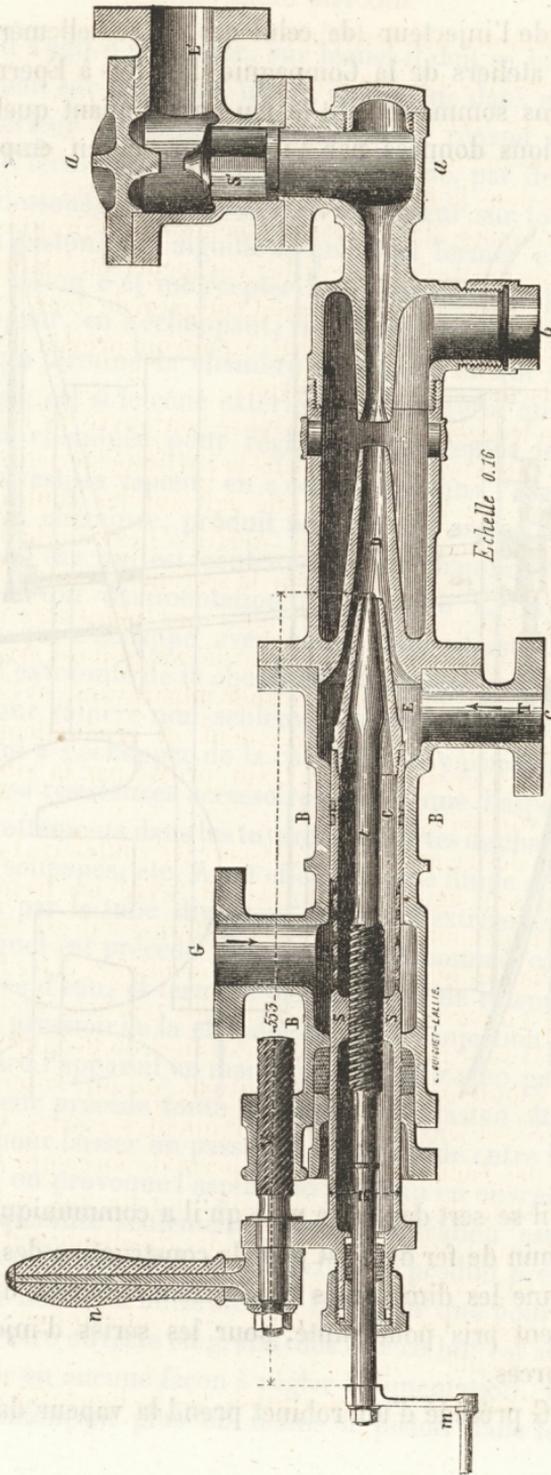


Fig. 645. — Appareil Giffard. Coupe.

longitudinale de l'injecteur (de celui qui est actuellement en construction aux ateliers de la Compagnie de l'Est à Épernay). Nous en expliquerons sommairement le jeu en indiquant quelques-unes des prescriptions données par l'inventeur, et en employant les

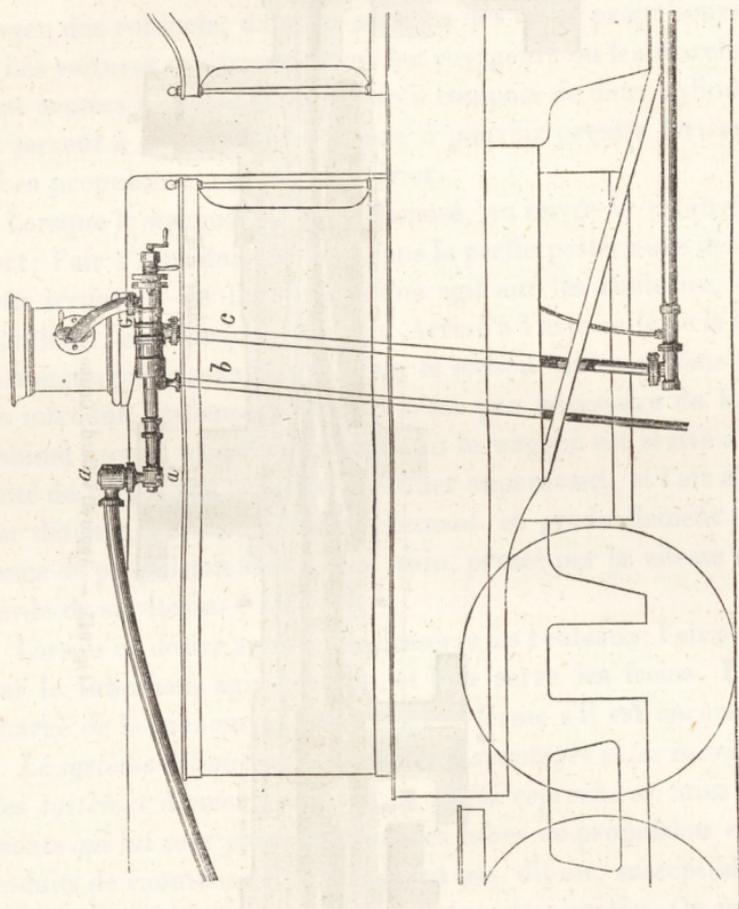


Fig. 644. — Appareil Giffard. Disposition d'ensemble.

termes dont il se sert dans une note qu'il a communiquée aux ateliers du chemin de fer de l'Est pour la construction des injecteurs, et où il donne les dimensions en fonction du petit diamètre du cône divergent pris pour unité, pour les séries d'injecteurs des différentes forces.

Un tuyau G précédé d'un robinet prend la vapeur dans le géné-

rateur qu'il s'agit d'alimenter, sur lequel il doit se brancher directement et non sur un autre tuyau, et l'amène dans un espace annulaire intérieur du cylindre B, d'où elle se répand dans la partie intérieure C terminée en cône, qui est mobile, par des petits trous percés au-dessous du tuyau de prise de vapeur sur toute la circonférence du piston. Si l'aiguille *t*, qui peut fermer exactement la tuyère du piston *c* et intercepter le passage de la vapeur, est ouverte, la vapeur, en s'échappant, vient frapper les parois de la cheminée D, qui termine la chambre à eau E, et qui aboutit dans l'atmosphère; et, si le cône extérieur de la tuyère, qui sert d'obturateur à la cheminée pour régler ou intercepter le passage de l'eau, est ouvert, la vapeur, en s'échappant dans l'atmosphère par l'orifice de la cheminée, produit un vide qui aspire par entraînement latéral l'eau qui est contenue dans la chambre E, où elle arrive du réservoir d'alimentation par le tuyau T. On obtient une veine fluide qui s'échappe avec une grande vitesse dans l'atmosphère par l'extrémité de la cheminée, et dont la puissance vive est suffisante pour vaincre non-seulement la résistance que lui oppose l'eau qui tend à s'échapper de la chaudière et y pénétrer, mais encore les autres résistances accessoires, telles que l'aspiration d'eau froide, les frottements dans les tuyaux, les pertes de charge diverses, le poids des soupapes, etc. A cet effet, la veine fluide est reçue dans la chaudière par le tube divergent placé à l'extrémité de la cheminée D, lequel est précédé d'un évasement nommé cône convergent ou entrée d'eau, et terminé par le clapet de retenue *s'*, qui se ferme par la pression de la chaudière quand l'injection est arrêtée.

Pour mettre l'appareil en marche, l'ouverture en grand du robinet de vapeur précède toute opération. Le piston étant légèrement retiré pour laisser un passage à l'eau froide entre la tuyère et la cheminée, on provoque l'aspiration de l'eau en ouvrant l'aiguille d'une petite quantité seulement. Quand l'aspiration est amorcée, on ouvre l'aiguille en grand, et l'injection se produit presque aussitôt. L'aiguille ne sert d'obturateur à la vapeur que pour la mise en train, et doit être ouverte en grand dès que ce but est atteint; elle ne peut servir en aucune façon à régler l'alimentation. Ce résultat s'obtient en enfonçant plus ou moins le piston dans le cylindre,

c'est-à-dire en réglant l'espace annulaire qui existe entre la cheminée et la tuyère. Tant que le régime permanent est obtenu, une veine blanche traverse l'atmosphère et pénètre dans le tube divergent sans perdre la moindre parcelle d'eau ou de vapeur. La fermeture du robinet de vapeur seule suffit pour arrêter tout l'appareil.

Appareil Giffard. — Théorie. — La théorie de l'appareil Giffard est restée jusqu'à présent obscure. L'aspiration de l'eau du réservoir paraît avoir lieu au moyen du jet de vapeur qui s'échappe de la chaudière de la même manière que l'aspiration de l'air de la cheminée au moyen du jet de vapeur qui s'échappe des cylindres. — Reste à savoir comment le jet d'eau et de vapeur plus ou moins condensée peut repousser dans la chaudière le jet d'eau qui tend à sortir par le cône convergent. Peut-être faut-il en rechercher la cause dans la quantité de chaleur latente que renferme la vapeur, quantité bien supérieure à celle renfermée dans l'eau. Cette vapeur, d'après le savant M. Regnault, peut produire un effet dynamique de 440 kilogrammètres par calorie.

M. Combes a donné dans les *Annales des Mines* une explication plutôt qu'une théorie de l'appareil Giffard. M. Carvalho, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a soumis au jugement de l'Académie des sciences un mémoire qui, si nous sommes bien informé, renfermerait une véritable théorie de cet appareil.

On a prétendu que l'appareil Giffard consommait une quantité de force plus grande que les pompes ordinaires. La consommation en combustible toutefois sur les chemins de fer de l'Est, où on en fait usage depuis plusieurs mois, ne s'est pas trouvée plus grande, le travail étant le même pour des machines munies de cet appareil et pour d'autres machines fonctionnant avec des pompes. *L'appareil Giffard a sur les pompes l'avantage de coûter moins de construction et d'entretien; mais il ne permet pas de chauffer l'eau du tender à plus de 35 ou 40 degrés.*

Note sur le tiroir Jobin. — Ce tiroir, s'il était possible de maintenir le contact des parties frottantes dans un état tel qu'il n'y eût ni trop de frottement ni trop de jeu, donnerait d'excellents résultats, puisqu'il supprime l'énorme pression de vapeur qui se produit

avec les tiroirs ordinaires ; outre l'économie de force qui résulterait de son emploi, il aurait l'avantage de maintenir toujours en bon état les diverses pièces du mécanisme de la distribution de vapeur, qui, n'étant plus soumises à de grands efforts, subiraient très-peu d'usure. Mais, dans l'application, les choses ne se passent pas comme on l'espérait. Si on serre trop fort le tiroir dans sa boîte, indépendamment de l'augmentation de frottement, ce tiroir grippe, et il se produit des fuites de vapeur ; si, au contraire, on ne serre pas assez les joints, les pertes de vapeur sont très-sensibles. L'état moyen de serrage que l'on cherche à obtenir pour parer aux deux inconvénients signalés ci-dessus ne se maintient pas longtemps, et

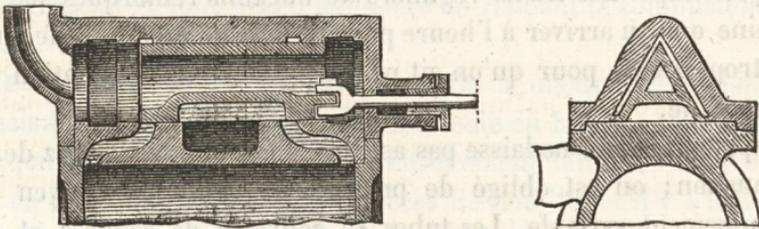


Fig. 645. — Tiroir Jobin.

le tiroir finit par prendre du jeu et occasionne des pertes de vapeur. Après des essais assez longs faits sur une machine Crampton, la Compagnie de l'Est a été obligée d'abandonner ce tiroir, qui, en définitive, a plutôt présenté des inconvénients que des avantages.

Système Belleville. — M. Belleville, de Nancy, a appliqué à une machine locomotive son système générateur à vaporisation instantanée ; il n'y a pas de chaudière proprement dite ; l'appareil se compose d'une série de tubes en fer disposés en serpentín tout autour du foyer, puis d'une autre série de tubes qui sont chauffés par le gaz circulant du foyer à la cheminée. L'eau est introduite dans les tubes par une pompe foulante fonctionnant constamment et qui, au moyen de la disposition ingénieuse d'une soupape régulatrice, alimente le générateur exactement au fur et à mesure de la dépense de vapeur. La capacité intérieure du foyer, où se développent les gaz, est à peu près la même que celle des machines ordinaires.

La surface de chauffe est de.	56 ^m , »
dont pour le foyer.	18 ^m ,66
— l'arrière du foyer.	18 ^m ,66
— le serpentín réchauffeur.	18 ^m ,66
La surface de la grille est de.	0 ^m ,900
Le volume ou la capacité totale du générateur est de.	0 ^m ,558

Les tubes ont 63^m/_m de diamètre extérieur et 50^m/_m intérieurement.

La machine locomotive alimentée par ce générateur est à cylindres extérieurs de 0^m,58 de diamètre; les roues ont 1^m,680. Elle a été mise en service régulier entre Épernay et Châlons pendant quelque temps. Les trains réguliers de waggons remorqués par la machine ont pu arriver à l'heure prescrite. Les parcours effectués sont trop faibles pour qu'on ait pu juger de la consommation de combustible.

L'appareil actuel ne laisse pas assez de passage pour les gaz de la combustion; on est obligé de produire le tirage au moyen de l'échappement variable. Les tubes se couvrent de cendres et ne peuvent être nettoyés. M. Belleville se propose, dans ses nouveaux appareils, de remédier à ces graves inconvénients.

DES DIFFÉRENTS ESSAIS TENTÉS POUR SUBSTITUER LA HOUILLE AU COKE DANS LES LOCOMOTIVES.

Considérations générales. — Les cahiers de charges imposés aux Compagnies leur enjoignant de brûler la fumée des locomotives, la houille employée exclusivement dans les anciennes machines desservant les chemins de fer des environs de Newcastle fut pendant longtemps proscrite sur les chemins de fer à grande vitesse. Le coke produit bien de la fumée aussi, mais beaucoup moins que la houille, et cette fumée ne donne lieu à aucune plainte de la part du public. On croyait aussi que ce combustible était moins nuisible aux machines que la houille; c'était nouvelle raison d'exclure la houille.

Le coke devenant fort coûteux, et certaines Compagnies même éprouvant de grandes difficultés pour faire leurs approvisionne-

ments, les ingénieurs du matériel revinrent à l'usage de la houille, du moins pour les convois à marchandises.

Essais des mélanges de houille et de coke. — Ils essayèrent d'abord de la mélanger avec le coke; mais le mélange de coke et de houille n'a pas donné grande satisfaction. On a trouvé que, malgré les soins apportés à la conduite du feu et le choix des charbons, le tirage nécessaire pour la combustion du coke était trop énergique pour la houille, qui, passant dans la boîte à fumée, en obstruait les tubes. En outre, la hauteur de la charge dans les foyers étant nécessairement considérable par suite de l'emploi du coke dans ce mélange, la combustion de la houille était très-incomplète : grasse, elle produisait beaucoup de fumée; maigre, elle se désagrégeait et tombait en poussière en rendant la combustion difficile.

Essais avec la houille seule. — On a mieux réussi dans les essais faits pour employer la houille seule en brûlant sa fumée. On est parvenu à rendre les foyers entièrement fumivores, du moins en ce qui concerne certaines espèces de houille, et il y a lieu d'espérer que l'on parviendra à remplacer entièrement le coke par le combustible brut.

Ce résultat aurait une immense portée, non-seulement pour les Compagnies de chemins de fer, qui réaliseraient de grandes économies, mais encore pour l'industrie en général, qui pourrait utiliser à l'état brut certaines variétés de houille réservées aujourd'hui en grande partie pour la fabrication du coke employé dans les locomotives. L'économie réalisée sur le seul réseau de l'Est par l'emploi général de la houille dans les locomotives ne serait pas de moins de 800,000 fr. par an. Il sera donc d'un grand intérêt pour nos lecteurs de connaître le résultat des essais tentés pour remplacer dans les locomotives le coke par la houille.

En France, sur le chemin du Nord, on fait usage, dans ce but, de la grille à gradins de MM. Chobrzynsky et de Marsilly, et, sur le chemin d'Orléans, de la grille inclinée. Nous avons décrit plus haut, page 422, la grille à gradins. Aux chemins de l'Est, on essaye depuis plusieurs années l'appareil Dumery.

Appareil Dumery. — Nous avons décrit l'appareil Dumery dans

notre première édition; cet appareil n'ayant pu jusqu'à présent être appliqué avec avantage aux machines locomotives, nous croyons inutile de reproduire la description que nous en avons donnée. Nous nous bornerons à rappeler que M. Dumery, au moyen d'une combinaison très-ingénieuse, introduit la houille dans le foyer sous le combustible incandescent au lieu de la projeter, comme dans les foyers ordinaires, sur ce combustible. La fumée se brûle alors en traversant la couche en ignition; mais, soit que la quantité d'air introduite soit insuffisante, soit qu'il se produise dans cet appareil une grande masse d'oxyde de carbone, la consommation en combustible dans les machines locomotives pour lesquelles on s'en est servi a toujours été excessive. On reproche aussi à l'appareil Dumery, bien qu'il ait été simplifié, sa trop grande complication.

Essais faits en Angleterre. — En Angleterre, les expériences ont été nombreuses. N'ayant pu visiter les chemins anglais depuis qu'elles ont été entreprises, nous aurons recours, pour en rendre compte, à un article inséré dans les *Annales des Mines* par M. Noblemaire¹; à un autre article publié également dans ces *Annales* par M. Couche, et au Traité de M. Kinnear Clarke.

Inconvénients des grilles à échelons ou inclinées. — M. Noblemaire critique la grille à échelons et la grille inclinée. Il leur reproche de diminuer la surface de chauffe par rayonnement. Il prétend que l'air frais ou imparfaitement brûlé ne se mélange pas avec la fumée, et qu'avec des grilles horizontales on obtiendrait les mêmes résultats, pourvu seulement que le mécanicien eût le soin de ne charger la houille qu'à l'arrière du foyer, en laissant la couche incandescente découverte à l'avant. Il est difficile toutefois d'admettre que la Compagnie du Nord aurait fait usage pendant plusieurs années de la grille à échelons, et celle d'Orléans de la grille inclinée pour brûler la houille, si réellement ces deux Compagnies n'y eussent trouvé quelque avantage; sans doute le mélange de l'air frais et de la fumée ne se fait pas avec ces grilles d'espèce particulière dans les meilleures conditions, puisqu'elles ne permettent pas de brûler toute sorte de houille; mais il doit s'opérer, dans une certaine mesure, mieux qu'avec les grilles horizontales.

¹ Deuxième livraison de 1859, page 41.

Appareils anglais. — Les appareils anglais décrits par M. Noblemaire semblent du reste ne pas devoir également donner satisfaction dans tous les cas.

Dans tous ces appareils, l'air frais destiné à brûler la fumée arrive dans le foyer par-dessus la couche de combustible, et on provoque un mélange avec la fumée par des dispositions particulières.

Dans tous ces appareils aussi on est obligé, pour brûler la fumée pendant les stationnements, de produire un tirage artificiel à l'aide d'un jet de vapeur dans la cheminée.

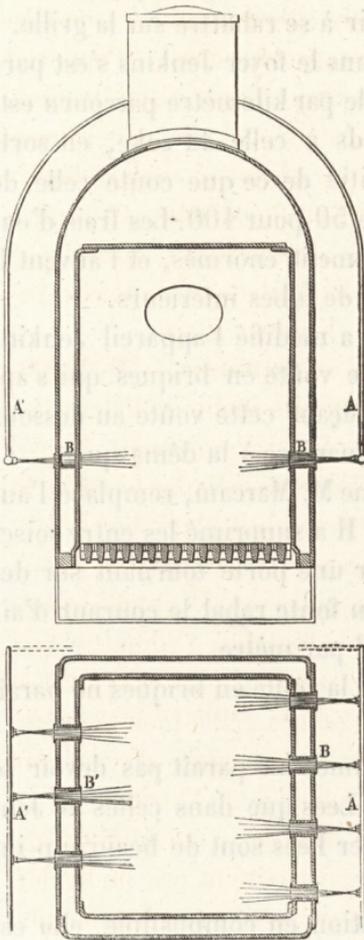


Fig. 646.

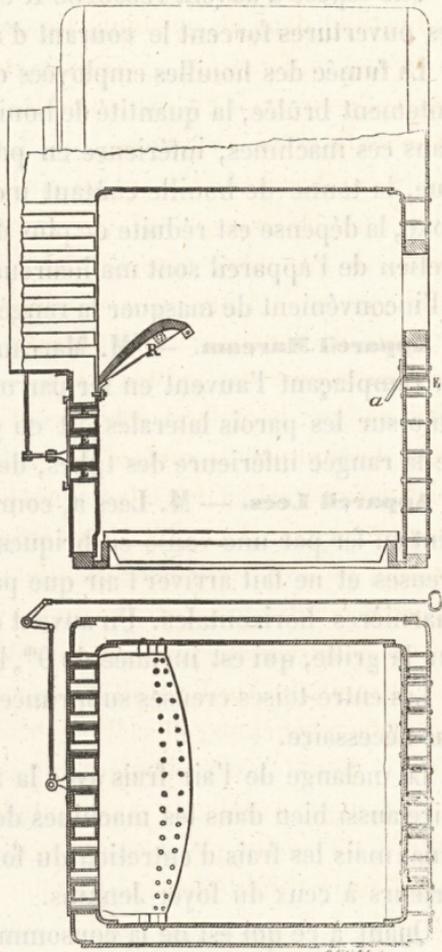


Fig. 647.

Appareil Jenkins. — L'appareil Jenkins, décrit d'abord par

M. Noblemaire, est représenté figure 647. L'air frais arrive dans le foyer par vingt-sept entre-toises creuses E,E,E, qui traversent la paroi d'avant du foyer, par neuf entre-toises E,E,E, traversant la paroi d'arrière à la hauteur de la plate-forme du mécanicien, et par trois ouvertures ménagées dans la porte. Toutes les ouvertures sont à volonté ouvertes ou fermées par deux registres de tôle perforée, glissant devant elles dans des rainures fixées à l'enveloppe du foyer et manœuvrées au moyen d'un système très-simple de leviers par le mécanicien.

Une espèce d'auvent recourbé R et un fer d'angle a placé devant les ouvertures forcent le courant d'air à se rabattre sur la grille.

La fumée des houilles employées dans le foyer Jenkins s'est parfaitement brûlée; la quantité de houille par kilomètre parcouru est, dans ces machines, inférieure en poids à celle du coke, en sorte que, la tonne de houille coûtant moitié de ce que coûte celle de coke, la dépense est réduite de plus de 50 pour 100. Les frais d'entretien de l'appareil sont malheureusement énormes, et l'auvent R a l'inconvénient de masquer la rangée de tubes inférieurs.

Appareil Marcam. — M. Marcam a modifié l'appareil Jenkins en remplaçant l'auvent en fer par une voûte en briques qui s'appuie sur les parois latérales, et en plaçant cette voûte au-dessous de la rangée inférieure des tubes, de manière à la démasquer.

Appareil Lees. — M. Lees a, comme M. Marcam, remplacé l'auvent en fer par une voûte en briques. Il a supprimé les entre-toises creuses et ne fait arriver l'air que par une porte tournant sur des charnières horizontales. Un auvent en fonte rabat le courant d'air sur la grille, qui est inclinée de $0^m,46$ par mètre.

Les entre-toises creuses supprimées, la voûte en briques ne paraît pas nécessaire.

Le mélange de l'air frais avec la fumée ne paraît pas devoir se faire aussi bien dans les machines de Lees que dans celles de Jenkins; mais les frais d'entretien du foyer Lees sont de beaucoup inférieurs à ceux du foyer Jenkins.

Quant à ce qui est de la consommation en combustible, elle est de 8.22 pour 100 inférieure à celle des foyers où l'on brûle du coke. Tenant compte des prix de la houille et du coke, on trouve

que l'économie réalisée en argent est encore de plus de 50 p. 100.

Appareil Douglas. — M. Douglas admet l'air frais par la porte comme M. Lees, et il place en avant de la porte un auvent en fer forgé mobile, de la forme d'une pelle renversée (fig. 648 a). Quelquefois il supprime entièrement la porte. — Ce système, comme celui de M. Lees, ne donne une direction déterminée à la nappe d'air que sur une faible largeur.

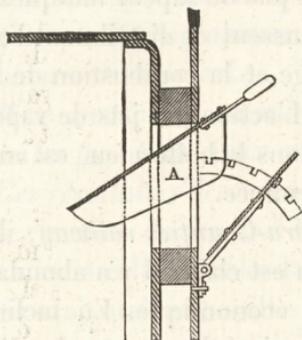


Fig. 648 a.

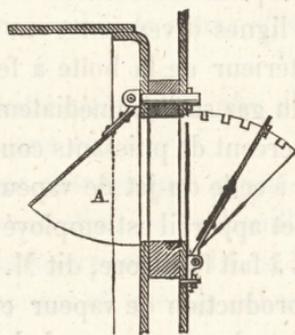


Fig. 648 b.

Appareil Douglas modifié. — Sur l'Eastern-Counties railway la disposition du foyer des locomotives est à très-peu de chose près celle du foyer Douglas; seulement l'auvent, formé d'une simple feuille de tôle rectangulaire (fig. 648 b) pouvant tourner autour de son arête supérieure, est beaucoup plus haut et plus large que celui de M. Douglas; par suite, il est plus efficace. Sur cette ligne, la consommation de houille en poids a été un peu plus grande que celle en coke, ce qui tient probablement plutôt à la nature de la houille qu'aux défauts de l'appareil.

Appareil Beattie. — M. Noblemaire décrit enfin un appareil extrêmement compliqué de M. Beattie, dont l'emploi ne nous paraît pas devoir être très-avantageux.

Conclusion. — Les différents appareils décrits précédemment, celui de l'Eastern-Counties railway surtout, brûlent entièrement la fumée et consomment peu de combustible; mais, s'ils réussissent avec des houilles médiocrement fumeuses et variées de qualité d'Angleterre, il est douteux qu'ils produisent le même effet avec certaines houilles du continent, celles de Sarrebruck, par exemple.

M. Clark décrit la plupart des foyers fumivores que nous venons de passer en revue d'après les indications de M. Noblemaire, plusieurs foyers abandonnés ou fonctionnant imparfaitement, et enfin les foyers suivants :

Foyer Clark. — Le foyer, fig. 646, p. 787, est de sa propre invention. Un nombre suffisant d'ouvertures tubulaires ou autres sont pratiquées sur les côtés ainsi que sur les faces antérieures et postérieures de la boîte à feu. Des jets de vapeur indiqués par des lignes divergentes sur le dessin poussent et distribuent l'air à l'intérieur de la boîte à feu; le mélange et la combustion de l'air et du gaz sont immédiatement opérés. L'action des jets de vapeur, qui créent de puissants courants d'air dans la boîte à feu, est analogue à celle du jet de vapeur dans la cheminée.

Cet appareil est employé sur le *Eastern-Counties railway*; il est tout à fait fumivore, dit M. Clark; le feu est clair; il y a abondance de production de vapeur et rendement économique. En inclinant les jets de vapeur vers le bas, l'air est projeté dans toutes les directions voulues sur le combustible et dans la fumée.

M. Noblemaire, qui a décrit aussi le foyer de M. Clark, ne pense pas que le mélange de la fumée et de l'air puisse s'y opérer convenablement.

Ce foyer n'ayant pas été essayé sur nos chemins français, nous n'émettrons aucune opinion sur son efficacité, qui nous paraît douteuse, au moins pour des houilles très-fumeuses.

Foyer Cudwroth. — M. Cudwroth, sur le *South-Eastern railway*, fait usage du foyer suivant, qui fonctionne bien. Une grille inclinée, dans cet appareil, est combinée avec un grand espace pour la combustion. Le combustible incandescent glisse en avant, et on charge la houille fraîche en haut près de la porte. La boîte à feu est divisée en deux compartiments par un bouilleur longitudinal; il y a ainsi deux foyers qui se réunissent devant les tubes.

Foyer Wilson. — M. Ed. Wilson, sur l'*Oxford railway*, a prolongé quelques tubes à travers la boîte à fumée, et les a terminés en entonnoir. L'air s'y engouffre et passe dans la boîte à feu.

Foyer du London and North-Western railway. — Sur ce chemin, un cylindre creux de 0^m,50 à 0^m,52 de diamètre, en terre

réfractaire, a été placé au-dessus de la grille; il s'élève à travers le combustible vers le centre de la boîte à feu, et son sommet est garni d'un couvercle percé, par lequel l'air se répand dans la boîte à feu sur le combustible et se mêle avec la fumée. On a aussi employé de la vapeur au lieu d'air, mais elle éteignait le feu.

Conclusion. — M. Clark n'est pas d'accord avec M. Noblemaire sur les résultats de l'emploi de la houille dans les locomotives.

De l'ensemble des essais faits, dit-il, dans les meilleurs foyers, il résulte que 5 kilogrammes de houille ont produit le même effet que 2 kilogrammes de coke.

Il ne semble pas, en outre, que la houille ait produit plus d'effet dans les foyers spéciaux que dans les foyers ordinaires.

Ces résultats s'accordent avec ceux de notre propre expérience. Aux chemins de fer de l'Est, la consommation de la houille en poids est à celle du coke dans les mêmes foyers comme 14 est à 10. Il est vrai que les houilles sont très-impures et que les cokes ont été fabriqués avec des houilles lavées.

Sur les mêmes chemins nous avons essayé les foyers anglais décrits par M. Noblemaire, et ils n'ont eu aucun succès pour la houille de Sarrebruck. Au chemin du Midi, où l'on brûle des houilles anglaises, ils ont mieux réussi.

Foyer Tenbrinck. — Depuis quelque temps un nouvel appareil (fig. 649 et 650) est en expérience sur les chemins de fer de l'Est; M. Tenbrink, ingénieur des ateliers d'Épernay, en est l'inventeur.

Cet appareil a jusqu'à présent donné de bons résultats; nous ne le considérons pas toutefois comme suffisamment éprouvé pour en faire l'éloge sans restriction. On lui reproche d'être coûteux d'établissement.

On voit, à l'inspection de la figure, que le combustible, chargé

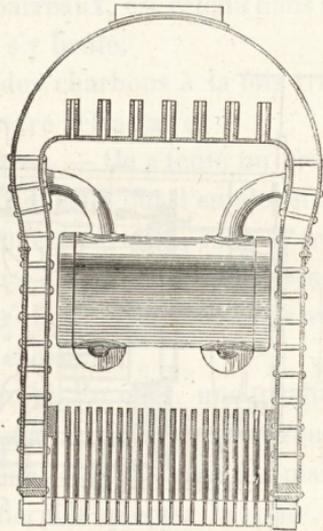


Fig. 649.

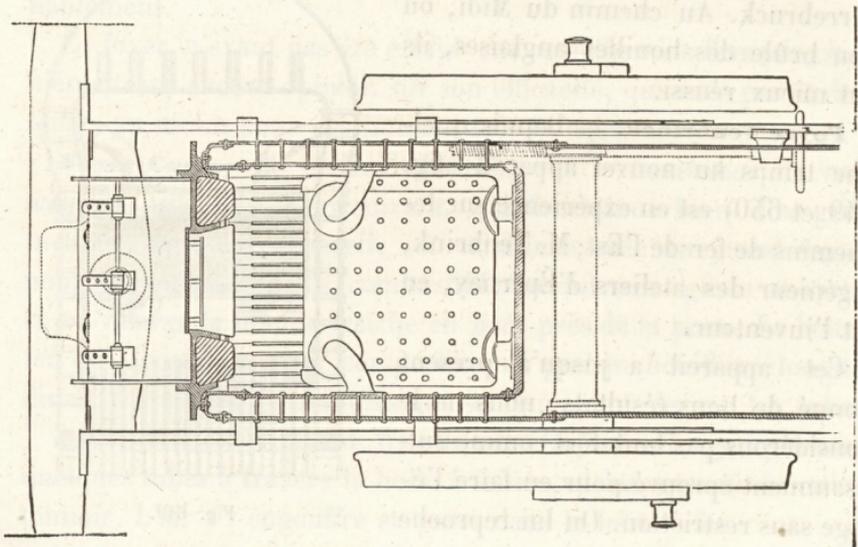
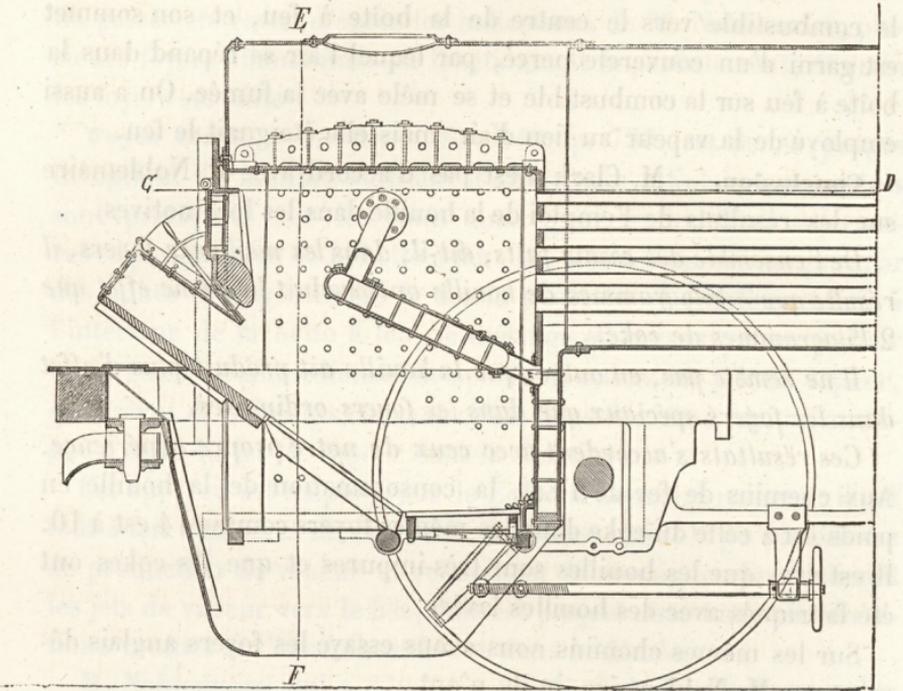


Fig. 650.

par une hotte, glisse sur une paroi inclinée pour descendre sur une grille horizontale. L'air frais est introduit, au-dessus du combustible, par un clapet d'ouverture variable placé sur le cornet. Un bouilleur incliné, placé au-dessus de la grille, opère le mélange de la fumée et de l'air frais, et augmente en même temps la surface de chauffe. L'eau pénètre dans ce bouilleur par des tuyaux recourbés partant de l'enveloppe du foyer.

Combustion des houilles sèches. — Certaines houilles sont très-fumeuses et n'ont pas sur les barreaux de la grille d'effet plus fâcheux que le coke; telles sont celles de Sarrebruck. D'autres, très-pures, produisent au contraire très-peu de fumée, mais développent une grande chaleur; elles détruisent rapidement les barreaux. Telle est la houille d'une partie du bassin du pays de Galles.

Pour protéger la grille lorsqu'on brûle les houilles de cette seconde espèce, dit M. Couche, on la recouvre de fragments de briques réfractaires, de manière à former une aire bien perméable sur laquelle on charge le combustible. A l'avantage de prolonger considérablement la durée du barreau se joint celui de brûler le menu, qui, au lieu de passer entre les barreaux, est retenu dans les interstices des fragments de briques et s'y brûle.

Cet expédient n'est applicable qu'à des charbons à la fois très-maigres et très-purs, ou du moins à cendre réfractaire.

Locomotives sur les routes ordinaires. — On a tenté un grand nombre d'essais, en Angleterre surtout, dans le but d'employer les locomotives sur les routes ordinaires. On est parvenu, sans de très-grandes difficultés, à les y faire circuler à de grandes vitesses; mais cela ne suffisait pas, il fallait encore qu'elles pussent marcher avec économie, et la dépense a toujours été excessive.

Ce résultat était du reste facile à prévoir. En effet, une machine roulant sur une route ordinaire pourra à plus forte raison rouler sur une voie ferrée. Or elle trainera sur la voie ferrée en plaine une charge huit ou dix fois plus considérable que sur la route. Le poids mort sur la route ordinaire, comparée au chemin de fer, sera donc excessif. Ce rapport sera encore bien plus défavorable sur des pentes de cinq centièmes, comme on en rencontre sur la plupart

des routes en France. La charge trainée même par des machines puissantes sera très-faible.

Une seconde objection faite à l'emploi des locomotives sur les routes ordinaires est puisée dans les variations de l'adhérence. Dans toutes les parties de la route sèches et en bon état il y aura excès d'adhérence; mais cette adhérence diminuera beaucoup sur les parties boueuses et dans celles qui auront été récemment rechargées.

Enfin les frais d'entretien des locomotives sur les routes seraient énormes. Ils sont déjà très-élevés sur un chemin de fer, qui est parfaitement uni; que deviendraient-ils sur une route, dont le sol présente toujours des inégalités plus ou moins sensibles, plus ou moins nombreuses?

Il faudrait donc, pour qu'on pût se servir avec quelque avantage des locomotives sur les routes ordinaires : 1° que le tracé en remplît à peu près les mêmes conditions que celui des chemins de fer, ce qui en rendrait l'établissement excessivement coûteux; 2° qu'on les maintînt dans un état d'entretien tel, que la surface en restât presque aussi unie que celle d'un chemin de fer, ce qui serait aussi fort dispendieux, si ce n'était absolument impossible.

Aussi a-t-on définitivement, en Angleterre comme en France, abandonné les essais tentés dans le but d'employer les locomotives sur les routes ordinaires.

Les personnes qui toutefois désireraient connaître les dispositions adoptées par Gurney et par d'autres qui se sont occupés de la construction des locomotives sur les routes ordinaires, trouveront les renseignements les plus complets à ce sujet dans un intéressant Mémoire publié en 1835 par M. Mary, inspecteur général des ponts et chaussées.