

VI

CHEMINS DE FER.

1

Le chemin de fer militaire.

Pendant la guerre de Crimée, la construction du chemin de fer de Balaclava, qui devait rendre tant de services aux armées alliées, présenta beaucoup de difficultés et surtout de lenteurs, qui étaient d'ailleurs inévitables avec le système qu'il faut suivre pour la création des chemins de fer actuellement en usage. La science ne s'était pas préoccupée jusque-là des moyens d'établir un chemin de fer à l'usage des armées en campagne pour opérer le transport rapide des hommes, des équipages, des munitions, etc. Frappé de ces circonstances, l'Empereur, avec ses profondes connaissances en mécanique, s'est occupé personnellement des moyens de résoudre cet important problème.

Le système du matériel et des trains articulés imaginé par M. Arnoux, une des belles combinaisons mécaniques de notre époque, est demeuré jusqu'ici sans application sérieuse. L'Empereur a cru y trouver les moyens de créer un chemin de fer militaire, c'est-à-dire une ligne ferrée susceptible d'être installée rapidement et de se plier aux principales difficultés des terrains. Il a donc fait appeler M. Arnoux pour mettre ses idées en pratique.

Le journal *l'Ingénieur* a donné les détails qui vont suivre à propos des dispositions qui ont été adoptées pour le chemin de fer portatif à l'usage des troupes :

« Le Creuzot, disait *l'Ingénieur*, vient de fabriquer de 4 à 500 mètres de voie-rails-Vignole entretoisés par des bandes de fer plat. L'écartement est de 1 mètre environ, le rail pèse 13 kilogrammes le mètre; il est laminé avec sa base, sur laquelle il repose.

« La voie se compose de plateaux de 2 mètres, pesant, rails et entretoises, 100 kilogrammes, et que quatre hommes peuvent facilement porter et placer.

« Cette disposition de la voie en plateaux rigides, ayant à chaque bout des rails une éclisse avec chevilles, d'un emmanchement facile et rapide, relève la destination de ce chemin de fer et le problème qu'il est appelé à résoudre. »

Ces rails-plateaux peuvent être chevillés entre eux avec une promptitude étonnante et sans aucun travail préalable. Établis dans le parc réservé de Saint-Cloud, ils dessinaient des courbes multipliées qui n'avaient pas plus de 15 à 20 mètres de rayon. Après avoir parcouru toutes les courbes possibles sur un plan horizontal, le chemin s'élevait le long d'une rampe de 3 centimètres par mètre, et gagnait ainsi le plateau supérieur du parc.

On a construit, pour rouler sur ces rails, de petits wagons articulés d'après le système de M. Arnoux. Les trois modèles essayés sont destinés au transport des troupes, à celui de l'artillerie et des ambulances. On s'est jusqu'ici servi de chevaux pour opérer la traction de ces wagons, et leur vitesse doit évidemment suffire dans beaucoup de circonstances.

On a calculé que 30 voitures du service ordinaire des équipages de l'armée pourraient porter 1 kilomètre de voie avec le matériel roulant. Un très-petit nombre d'hommes suffiraient à l'installer rapidement sur le terrain.

Après avoir été soumis, sous les yeux de l'Empereur, à

diverses expériences dans les allées du parc de Saint-Cloud pendant les mois de juillet et d'août 1857, ce chemin de fer militaire a été établi, à titre d'essai, au camp qui s'est tenu à Châlons en septembre de la même année.

Ce rail-way militaire pourra être modifié ou perfectionné; mais il a mis tout à fait hors de doute un fait capital pour l'avenir de nos armées actives : la possibilité de créer, pour l'usage des troupes, un chemin de fer au moyen d'une série de plateaux portatifs qui se posent rapidement sur le sol et permettent une traction économique et facile.

Il serait inutile d'insister sur l'importance d'une création qui permettrait à une armée en campagne d'établir, en sept ou huit heures, un chemin de fer destiné au service de ses parcs, à l'approvisionnement d'un corps de siège ou au transport des blessés du champ de bataille à l'ambulance.

Tout fait espérer que cette belle conception ne tardera pas à entrer dans la voie d'une pratique définitive.

2

Substitution de la houille au coke dans les foyers des locomotives. —
Les grilles à gradins. — Locomotive fumivore par le système Duméry.
— De la fumivorité en général.

L'emploi du coke pour alimenter les foyers des locomotives est une des principales causes des dépenses si considérables qu'occasionnent les moyens de traction sur les voies ferrées. L'usage de ce combustible a été imposé aux compagnies dans le seul but d'éviter aux voyageurs les inconvénients qui résulteraient pour eux de la masse de fumée qui se dégagerait d'une locomotive dont le foyer serait alimenté par de la houille.

La production de vapeur est plus rapide et plus soutenue avec la houille qu'avec le coke; de là, une plus grande

facilité pour les mécaniciens de maintenir leur allure en marche et de mieux surmonter les difficultés qui naissent parfois du mauvais temps, de l'inclinaison des rampes et de l'importance de la charge à remorquer; la marche des trains est aussi mieux assurée et la sécurité des voyageurs n'a qu'à y gagner. Un hectolitre de houille pèse en moyenne 80 kilogrammes, et un hectolitre de coke 40 kilogrammes; par conséquent, dans un même foyer, et pour une même hauteur de charge, on peut mettre en poids deux fois plus du premier combustible que du second. Avec la houille on peut donc concentrer dans le foyer une masse de combustible capable de développer deux fois autant de chaleur qu'avec le coke.

Pour rendre possible l'usage de la houille sur les chemins de fer, et réaliser ainsi une très-grande économie, il suffirait donc de prévenir la formation de cette abondante fumée qui accompagne sa combustion. Aussi, depuis un grand nombre d'années, s'est-on efforcé, en Angleterre et en France, d'imaginer des dispositions particulières pour brûler dans le foyer des locomotives toutes les matières combustibles de la houille, et empêcher ainsi la production de fumée.

Les grilles à gradins, imaginées en France par M. Chobrinsky, ont résolu d'une manière assez satisfaisante ce problème si important pour les compagnies de chemins de fer. Ces grilles sont depuis quelque temps en usage sur les chemins de fer d'Orléans et du Nord. Sur cent trente quatre locomotives consacrées au service des voyageurs et des marchandises au chemin de fer du Nord, et sur quatre-vingt-trois locomotives au chemin de fer d'Orléans, on a adopté cette disposition.

La grille à gradins se compose de deux parties, l'une inclinée, formée de barreaux plats et larges, disposés les uns au-dessus des autres comme les marches d'un escalier, avec cette différence que l'intervalle entre deux bar-

reaux consécutifs est libre pour donner accès à l'air; l'autre horizontale, avec barreaux ordinaires placés à la suite du dernier barreau plat; le combustible couvre la grille tout entière. Chaque barreau plat avance, en projection horizontale, de quelques centimètres sur le barreau inférieur, en sorte que le combustible placé sur ce dernier se trouve retenu, et, si l'avancement est suffisant, ne peut tomber.

On comprend sans peine combien cette disposition est avantageuse pour brûler de la houille dans les foyers de locomotives. Avec les grilles ordinaires, le mouvement de trépidation continue et saccadée de la machine en marche contribue à briser la houille et détermine une espèce de criblage à travers la grille, dont les barreaux doivent être toujours assez espacés pour laisser passer l'air nécessaire à la combustion. Avec les grilles à gradins, on peut laisser un intervalle très-grand entre les barreaux sans que la houille tombe; il suffit pour cela d'augmenter l'avancement, ou, si l'on aime mieux, le recouvrement des barreaux. Par exemple, si l'intervalle entre les barreaux est de 0^m,04, on portera le recouvrement à 0^m,05; la houille ne pourrait tomber qu'en prenant un talus de 0^m,04 sur 0^m,05; or, ce talus suffit pour la retenir.

L'usure des grilles à gradins n'est guère plus rapide que celle des grilles ordinaires, et l'accroissement de dépense qui en résulte est très-faible. Quant à l'usure des tubes à fumée et des foyers, les expériences de longue haleine faites aux chemins de fer du Nord et d'Orléans ont prouvé que la houille exerce sur ces parties de l'appareil de chauffage une action moins destructive que le coke. Il est rare, avec le coke, que les tubes ne soient pas remplacés après un parcours de 125 000 kilomètres, tandis qu'avec les houilles, les tubes fournissent une carrière beaucoup plus longue, et qui, dans certains cas, a embrassé plus de 190 000 kilomètres.

Un autre avantage que présentent les grilles à gradins, c'est qu'on peut augmenter à volonté l'espace libre pour l'accès de l'air dans un foyer dont les dimensions sont données; avec les grilles ordinaires, on est limité nécessairement par l'épaisseur que doit avoir chaque barreau pour résister à l'action du feu; l'écartement entre deux barreaux successifs ne peut pas non plus être bien considérable, sans quoi le combustible tomberait: tandis que rien n'empêche d'augmenter le nombre et l'espacement des barreaux d'une grille à gradins sans changer sa projection horizontale; seulement la grille est plus inclinée. On peut donc, avec une grille à gradins placée dans un foyer étroit, faire passer une masse d'air considérable à travers le combustible, et en brûler une grande quantité. Avec les grilles construites selon ce nouveau système, quand on brûle des houilles demi-grasses, telles que celles de Charleroi et du Centre, et que le courant d'air est actif, la fumée est complètement brûlée; avec des houilles plus grasses, elle l'est seulement en partie; mais si elles ne sont pas très-fumantes, comme le sont certaines houilles de Belgique et d'Angleterre, la fumée est suffisamment brûlée.

La disposition des barreaux et la manière dont se fait le chargement expliquent cette propriété fumivore. Avant de charger, le chauffeur repousse sur les barreaux inférieurs la houille qui se trouvait sur les premiers. Or, c'est dans le bas de la grille que la combustion est la plus active; mais quand le charbon y arrive, il a déjà subi un commencement de calcination, et la majeure partie de la fumée s'est dégagée; l'air qui afflue suffit donc pour brûler la petite quantité qui se forme encore. D'autre part, la houille nouvellement chargée reste sur le devant; elle est en couche épaisse et ne se trouve en contact qu'avec une faible quantité de houille incandescente. Elle distille lentement, et la fumée qu'elle produit n'est pas assez abondante pour ne pas être brûlée complètement par l'air en excès, qui a tra-

versé les couches incandescentes de la houille déjà calcinée, accumulées dans le bas de la grille. Toutefois, si la nature de la houille est telle que, même calcinée lentement, elle produise beaucoup de fumée, il est évident que celle-ci ne sera brûlée qu'imparfaitement.

Avec des houilles peu grasses, la fumée qui s'échappe des grilles à gradins n'est jamais suffisante pour incommoder les voyageurs. Mais le bas prix des houilles de qualité inférieure engage quelquefois les compagnies à en faire usage, et alors, comme il est facile de s'en convaincre par soi-même, en se plaçant sur quelque point du trajet de la voie ferrée d'Orléans ou du Nord, la fumée qui se dégage des locomotives est très-désagréable et devient fort gênante pour les voyageurs.

Après avoir constaté le succès des grilles à gradins des locomotives, nous devons ajouter que M. Duméry, inventeur d'un excellent système mécanique de fumivorité, a réussi à rendre ce système applicable aux locomotives¹. Le jour de l'inauguration du chemin de fer du camp de Châlons, une locomotive rendue fumivore par l'application du système Duméry a été mise en feu et soumise à l'examen de l'Empereur.

Nous ne terminerons pas sans faire remarquer que cette question de la fumivorité des foyers a été jusqu'ici l'objet d'une quantité considérable de recherches et d'études de la part des ingénieurs et des industriels de tous les pays. On a pris en France plus de cinq cents brevets, et plus de huit cents en Angleterre, pour des appareils fumivores. Les moyens les plus généralement proposés consistent à injecter de l'air chaud au milieu des produits non brûlés, ou à construire des grilles mécaniques fixes ou mobiles (telles par exemple que la grille de M. Duméry), destinées

1. Voyez pour le système de M. Duméry, *l'Année Scientifique*, 1^{re} année.

à faire passer les produits de la combustion de la houille fraîche sur la houille enflammée, de manière à brûler sur place la fumée produite par la houille nouvellement ajoutée.

Chacun de ces divers procédés a plus ou moins réussi, et son usage est plus ou moins pratique. En définitive, aucun de ces systèmes n'a paru réunir les conditions exigées, de telle sorte que l'ordonnance qui, dans le département de la Seine, prescrit aux propriétaires d'usines et de machines d'avoir à brûler toute leur fumée, n'a pu recevoir encore son exécution.

Toutefois, s'il est difficile d'obtenir une fumivorité complète dans les grands foyers des machines, ce résultat est plus aisé à atteindre dans les cheminées domestiques. Pour rendre tous les foyers à peu près fumivores, il faut augmenter les surfaces des grilles, surtout en longueur, bien conduire le feu, et charger au fur et à mesure sur le devant de la grille. Les produits gazeux combustibles passent, pour se rendre dans le tuyau de la cheminée, au-dessus des charbons rouges et se consomment complètement.

5

Expériences sur les produits de la combustion dans les foyers des locomotives, analyse des gaz recueillis à différentes vitesses.

On a reconnu depuis longtemps d'une manière empirique que, dans le foyer des locomotives, une notable partie de l'air s'échappe par la cheminée sans avoir produit d'effet utile. Ce n'est que par une voie détournée, c'est-à-dire en comparant des moyennes approximatives entre la quantité de combustible brûlé par kilomètre parcouru et par kilogramme d'eau vaporisée, que nos ingénieurs étaient parvenus à constater ce fait et à mettre ainsi en évidence l'infériorité du système de combustion adopté sur

les locomotives, comparé au système employé dans les machines fixes. Mais l'analyse chimique était seule en mesure de démontrer ce fait avec rigueur, en prouvant que les gaz qui s'échappent de la cheminée des locomotives contiennent de fortes proportions d'oxyde de carbone, ce qui revient à dire qu'une partie du charbon du foyer se dégage à l'extérieur sans être brûlée, entraînant par conséquent une perte notable de combustible.

Ebelmen avait commencé, au chemin de fer de Lyon, une série d'expériences sur ce sujet. La mort prématurée de ce savant laissa ce travail incomplet : on ne put soumettre à l'analyse que les produits de la combustion du coke. Il résulta toutefois des expériences d'Ebelmen que les produits de la combustion du coke dans le foyer d'une locomotive varient considérablement selon la vitesse de la marche et selon l'épaisseur de la couche du combustible.

M. Félix Foucou, ancien officier de marine, a été récemment amené à reprendre cette question, également importante au point de vue scientifique et économique. Il avait présenté à la Compagnie du chemin de fer de l'Ouest un appareil nouveau destiné à injecter de l'air chaud dans le foyer de la locomotive. Mais, pour établir l'utilité de ce système, il fallait commencer par démontrer que les proportions d'oxyde de carbone qui se dégagent de la cheminée des locomotives sont, en effet, suffisantes pour dénoter une combustion parfaite. C'est dans ce but que MM. Foucou et Amigues se sont livrés, entre Paris et Chartres, sur une machine à marchandises, à une série d'expériences ayant pour but d'étudier les produits gazeux de la combustion de la houille.

L'appareil qui a servi à recueillir les gaz de la cheminée, se composait d'un long tube de laiton placé sur le trajet des fluides élastiques qui s'échappaient du foyer, c'est-à-dire dans un des tubes à fumée, à 1^m 50 du foyer ; il se terminait par un tube de caoutchouc de 7 à

8 mètres, qui conduisait les gaz dans un petit flacon à deux tubulures communiquant avec un aspirateur de la capacité de 11 litres. Tous les flacons étaient, au fur et à mesure de l'épuisement de l'aspirateur, bouchés sous l'eau avec des bouchons à l'émeri.

C'est ainsi que, depuis le repos et les moindres vitesses de la locomotive, jusqu'aux vitesses des trains-postes, et même au delà, il a été possible aux expérimentateurs de recueillir un assez grand nombre de flacons de gaz pour représenter toute la série des divers états gazeux par lesquels passe l'air de la combustion.

Nous ne donnerons ici que quelques-unes de ces analyses, qui ont été faites sous la direction de M. de Luca :

	Repos.	18 kil.	40 kil.
Acide carbonique.....	11,15	14,20	17,05
Oxyde de carbone.....	7,24	4,75	2,10
Hydrogène.....	1,35	0,15	0,05
Oxygène.....	4,20	4,45	1,95
Azote.....	74,00	76,40	78,80
Carbures d'hydrogène..	2,06	05	05
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

A une vitesse de 50 kilomètres, les gaz recueillis dans la cheminée ont présenté la composition suivante :

Acide carbonique.....	17,45
Oxyde de carbone.....	1,80
Hydrogène.....	0,40
Oxygène.....	2,70
Azote.....	<u>77,65</u>
	<u>100,00</u>

Aux vitesses moyennes des trains de marchandises entre 20 et 25 kilomètres, l'acide carbonique est environ 15, et l'oxyde de carbone varie entre 4 et 5.

Ces analyses établissent cette loi générale, qui n'avait pas encore été formulée, à savoir qu'à la vitesse de 50 ki-

lomètres à l'heure, *la combustion est d'autant plus parfaite que la vitesse du convoi est plus grande.* Mais, selon M. Foucou, au delà de cette limite, cette loi se renverse, et l'on observe au contraire que *la combustion est d'autant plus imparfaite que la vitesse du convoi est plus grande.* Ainsi avec une vitesse de 65 kilomètres, l'acide carbonique redescend à 16,50 et l'oxyde de carbone remonte à 2,46.

Ce résultat est assez curieux pour mériter l'attention. Il démontre que c'est dans les très-grandes vitesses de marche que la combustion ne s'accomplit pas d'une manière avantageuse. Il y aurait donc utilité à modifier le système actuel de manière à obtenir l'entière combustion de l'oxyde de carbone qui, dans ces circonstances, s'échappe sans être détruit, entraînant ainsi une perte notable de charbon. En faisant usage, comme le propose M. Foucou, d'une injection d'air chaud dans le foyer, on aurait l'avantage, tout en brûlant l'oxyde de carbone, d'empêcher la production de fumée dans les locomotives alimentées par la houille.

VII

TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE.

I

Le télégraphe transatlantique. — Exposé des travaux qui ont précédé sa construction. — Trajet de la ligne sous-marine. — Détails sur l'exécution du câble conducteur. — Opération du dévidement et de la pose du fil télégraphique. — Sa rupture; abandon momentané de l'entreprise.

Les prévisions heureuses que l'on avait conçues généralement du succès de l'entreprise grandiose consistant à unir les deux mondes par un fil télégraphique sous-marin, ont été tristement démenties. Le 4 août 1857, pendant la difficile opération de son dévidement et de sa pose au fond des eaux de l'Océan, le câble s'est inopinément rompu; trois cents milles de câble ont été perdus en un instant, et ce triste événement a contraint de renoncer, pour cette année, à la réalisation de cet admirable projet. Les intérêts de la science et ceux de la civilisation sont trop étroitement liés à cette œuvre gigantesque pour qu'il nous soit permis de passer sous silence aucun des détails qui l'ont signalée avant le moment cruel qui lui a porté un dénouement si regrettable. Nous allons donc présenter le récit circonstancié de tous les travaux préliminaires qui ont concouru à préparer l'exécution du télégraphe transatlantique.

C'est en 1855 que fut arrêté le projet définitif pour