

Auteur ou collectivité : Exposition universelle. 1862. Londres

Auteur : Verrine, Justin (18..-18..)

Titre : Analyse et résumé du rapport de M. Eugène Flach, sur les locomotives de l'Exposition universelle de 1862

Adresse : Paris : E. Lacroix, 1863

Collation : 1 vol. (36 p.): tabl. ; 25 cm

Cote : CNAM-BIB 8 Le 333 (P.1)

Sujet(s) : Flach, Eugène (1802-1873) ; Exposition internationale (1862 ; Londres) ;

Locomotives -- 19e siècle

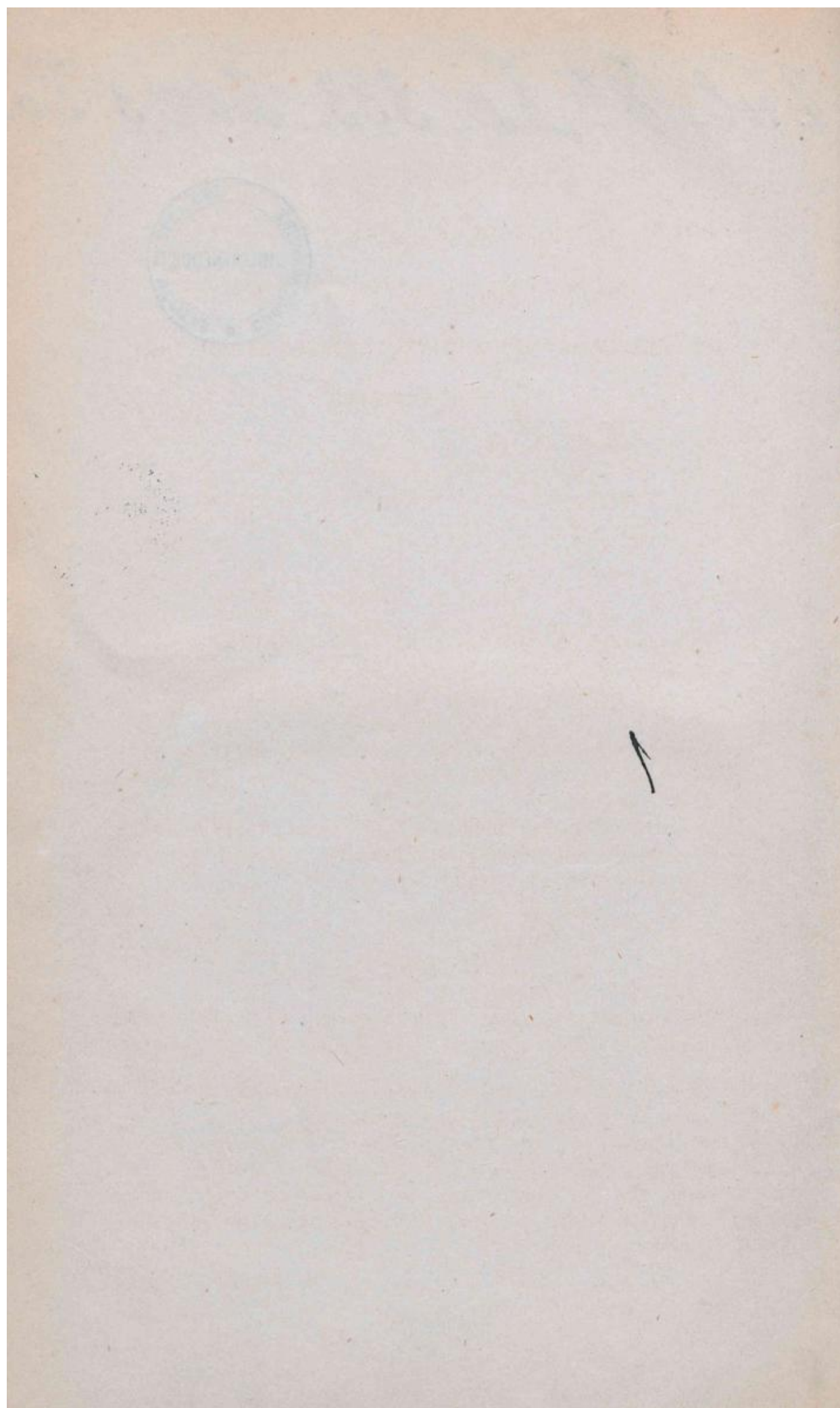
Note : Extrait des mémoires de la Société des ingénieurs civils

Langue : Français

Date de mise en ligne : 21/12/2017

Date de génération du document : 28/2/2018

Permalien : <http://cnum.cnam.fr/redir?8LE333.P.1>



Le livre violet fond

801e 333 (P. 1)

ANALYSE ET RÉSUMÉ
DU RAPPORT DE M. EUGÈNE FLACHAT,
SUR LES LOCOMOTIVES
DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1862,

PAR M. J. VERRINE.

EXTRAIT des mémoires de la Société des Ingénieurs Civils.



DIVISION DU RAPPORT.

- Le rapport de M. E. Flachat est divisé en quatre parties principales :
- La première est l'aperçu sommaire des progrès accomplis, depuis l'Exposition universelle de 1855, dans la construction des machines-locomotives ;
 - La deuxième contient le détail des progrès réalisés par la France ;
 - La troisième, le précis des mérites spéciaux constatés chez les exposants français et étrangers ;
 - La quatrième renferme l'indication des mesures à l'aide desquelles le gouvernement pourrait seconder les efforts de l'activité privée et supprimer les entraves qui paraissent y faire obstacle.

CHAPITRE I.

APERÇU SOMMAIRE DES PROGRÈS ACCOMPLIS, DEPUIS L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1855, DANS LA CONSTRUCTION DES MACHINES-LOCOMOTIVES.

Les progrès accomplis depuis l'Exposition universelle de 1855, dans la construction des machines, sont de deux natures :

- 1^o Spécialisation des machines, c'est-à-dire leur appropriation aux besoins et aux exigences du service qu'elles ont à accomplir ;
- 2^o Application des découvertes, des procédés, et des dispositions nouvelles que la science et l'esprit d'invention ou d'observation apportent à l'industrie en général.

SPÉCIALISATION DES MACHINES.

L'accroissement progressif et continu du nombre de voyageurs à transporter par les trains express a nécessité des transformations dans la construction des *machines à un seul essieu moteur*, dans le but d'accroître leur puissance, c'est-à-dire la surface de chauffe et l'adhérence.

De ces deux termes constitutifs de la puissance, le premier n'a pas atteint sa limite, mais, depuis longtemps déjà, le second a atteint la sienne. Cette limite se trouve dans le poids servant à l'adhérence porté par les roues motrices, poids qui ne peut pas dépasser 43 tonnes, sans altérer rapidement les bandages et les rails.

Cette limite de puissance atteinte, et le nombre et le poids des véhicules allant toujours croissant, il a fallu ou faire des trains express plus fréquents en conservant les mêmes machines, ou se condamner à perdre en vitesse, en appliquant les machines mixtes aux trains rapides, ou enfin trancher la question en créant un nouveau type réunissant à la fois les conditions indispensables de stabilité, de vitesse et de puissance.

Les *machines à deux essieux couplés*, ont été appliquées aux trains rapides, à cause du surcroît d'adhérence et de puissance qu'elles offrent sur les machines à deux roues motrices; mais la diminution de vitesse qui est la conséquence de leur mode de construction en empêche l'emploi général et fait désirer une autre solution.

Toutefois, ces machines sont précieuses pour le service des trains omnibus et directs, et pour celui des trains mixtes de voyageurs et de marchandises, principalement sur les lignes où les inclinaisons dépassent 6 millimètres.

Elles ont également subi des transformations dans le but d'augmenter leur puissance par l'accroissement du poids porté sur les essieux moteurs et de la surface de chauffe.

L'économie qui résulte de l'emploi de fortes *machines à marchandises* pour remorquer les trains de marchandises a fait continuer la recherche des moyens d'obtenir une forte production de vapeur et un grand effort de traction avec un poids de moteur, approvisionnements compris, aussi restreint que possible. Là où les trains sont lourds et où les lignes ont de fortes inclinaisons, de nouvelles combinaisons se produisent pour profiter de toute l'adhérence du poids de la machine, du tender, et des approvisionnements, en accouplant quatre, cinq, et même six essieux moteurs. Les approvisionnements et la surface de chauffe étant augmentés à peu près dans le même rapport, on réalise l'amélioration la plus urgente et la plus désirable, c'est-à-dire l'économie et la rapidité des transports.

APPLICATION DES DÉCOUVERTES, DES PROCÉDÉS ET DES DISPOSITIONS NOUVELLES QUE LA SCIENCE ET L'ESPRIT D'INVENTION OU D'OBSERVATION APPORTENT A L'INDUSTRIE EN GÉNÉRAL.

Cette longue nomenclature des moyens d'amélioration empruntés à l'industrie en général, à la science et à l'esprit d'invention ou d'observation comprend :

L'injecteur Giffard pour l'alimentation des chaudières.

Les différentes formes de *foyers* construits dans le but, soit de brûler le combustible du plus bas prix, soit de mieux utiliser la chaleur, soit de conserver les chaudières, et d'employer la houille pour les trains de voyageurs en brûlant la fumée, soit enfin d'augmenter la surface de chauffe et de grille, et par suite la puissance de vaporisation.

Les *sécheurs* appliqués pour la première fois aux machines-locomotives dans l'intention de diminuer la quantité d'eau entraînée mécaniquement par la vapeur, et d'accroître à la fois l'effet utile du combustible et celui de la vapeur.

Les doubles cylindres substitués aux contre-poids pour produire une stabilité plus complète des organes de la machine en mouvement, dans le sens horizontal comme dans le sens vertical, et pour diminuer l'usure des bandages et de la voie.

Un nouveau moyen d'accouplement d'essieux non parallèles, pour profiter de l'adhérence du tender, permettant en même temps la circulation de la machine en vitesse dans des courbes de très-faible rayon.

L'emploi de quatre cylindres au lieu de deux, soit pour commander deux essieux moteurs libres de machines express, afin d'augmenter l'adhérence, et de remédier aux inconvénients de la diminution de vitesse résultant de l'emploi d'essieux couplés, soit pour commander six essieux moteurs par groupes de trois dans les machines à marchandises, et remédier ainsi au défaut d'adhérence et aux inconvénients résultant de l'accouplement d'un trop grand nombre d'essieux.

Les différents moyens appliqués récemment et avec succès pour diminuer le frottement des machines au passage des courbes de faible rayon, tels que :

Les bogies;

Le jeu des essieux dans les boîtes à graisse;

Le système d'attelage à balanciers et les osselets de C. Polonceau;

Les ressorts horizontaux de M. Caillet;

Les plans inclinés de M. Forquenot.

Cette nomenclature comprend encore : un frein à vapeur plus énergique et plus prompt que les freins ordinaires.

Des balanciers compensateurs attachés aux ressorts pour répartir la

charge sur les roues aussi uniformément que possible dans toutes les conditions de l'approvisionnement.

L'emploi de tôles de grandes dimensions pour les chaudières et les longerons; de tôles d'acier pour les chaudières, de l'acier fondu et puddlé dans la fabrication des bielles, manivelles, tiges et glissières de piston, essieux, boîtes à graisse, bandages, roues, etc.; ce qui permet d'obtenir de meilleurs résultats, soit sous le rapport de la construction, soit sous celui de l'entretien.

Enfin, les faits d'observation tendant à fixer les rapports jusqu'à présent incertains, entre la surface de la grille et la section des tubes; le diamètre des tubes et leur longueur; le volume de vapeur et d'eau, et la surface de chauffe; la hauteur de la cheminée et son diamètre; la section de la tuyère d'échappement et la section de la cheminée; la section de la cheminée et celle du passage d'air à travers la grille, etc., etc.

CHAPITRE II.

PROGRÈS ACCOMPLIS PAR LA FRANCE.

Ce chapitre, qui est le développement du précédent, en ce qui concerne la France, est divisé comme lui en deux parties :

Spécialisation des machines-locomotives.

Application des découvertes, des procédés et des dispositions nouvelles que la science et l'esprit d'invention ou d'observation apportent à l'industrie en général.

SPÉCIALISATION DES MACHINES.

1^o *Machines à voyageurs. Locomotives à un seul essieu moteur.*

Il y a, en France, deux types de machines à un seul essieu moteur. Dans l'un, les roues motrices sont placées entre quatre roues porteuses; dans l'autre (système Crampton), les roues motrices sont à l'arrière de la machine, à la suite des roues porteuses.

Afin de conserver les locomotives à un seul essieu moteur aussi longtemps que possible, pour le service des trains express et ordinaires de voyageurs, on a dû augmenter constamment les éléments qui en constituent la puissance. Le tableau suivant montre les modifications que ces machines ont subies sous ce rapport.

ANNÉES.	NORD.		EST.		ORLÉANS.	
	Poids servant à l'adhérence.	Surface de chauffe.	Poids servant à l'adhérence.	Surface de chauffe.	Poids servant à l'adhérence.	Surface de chauffe.
	tonnes.	m.2	tonnes.	m.2	tonnes.	m.2
1845 à 50	9,2 à 11,0	62 à 78	8,4 à 9,8	65 à 72	7,6 à 11,4	70 à 79
1850 à 55	11,0 à 12,0	78 à 94	9,8 à 10,3	72 à 97	11,4 à 12,3	79 à 86
1855 à 60	"	94 à 99	"	"	"	"
1860 à 62	12,0 à 13,6	"	"	"	12,3 à 13,0	86 à 101

Cet accroissement de puissance a permis de porter le nombre des voitures des trains express de 8 à 15 sur certaines lignes, de 8 à 12, ou de 8 à 10 seulement sur d'autres, suivant le profil des lignes, la vitesse, le poids des véhicules. Mais la limite de 13 tonnes sur les roues motrices, au delà de laquelle les rails et les bandages s'altèrent rapidement, ne suffit plus, sur certaines lignes, au démarrage rapide dans les gares, ni à l'ascension des rampes dans la mauvaise saison.

Locomotives à deux essieux moteurs accouplés ou libres.

Ce n'est qu'avec répugnance que, faute d'adhérence, on substitue aux locomotives à un seul essieu moteur les machines à deux essieux couplés pour le service des trains rapides. La bielle d'accouplement est, en effet, un obstacle sérieux aux grandes vitesses, à cause des dangers de rupture. En outre, l'accouplement engendre une perte de travail qui augmente avec l'usure inégale des roues accouplées. Aussi la vitesse est-elle notablement moindre sur les lignes où les trains express sont remorqués par des machines de ce genre.

Mais, spécialisées au service des trains ordinaires de voyageurs et aux trains mixtes, ces machines rendent de grands services à cause du surcroît d'adhérence et d'effort de traction qu'elles offrent sur les machines à un seul essieu moteur. Leur puissance a toujours été en augmentant, comme le prouve le tableau suivant, et la limite de l'adhérence est déjà atteinte.

ANNÉES.	NORD.		EST.		ORLÉANS.	
	Poids servant à l'adhérence.	Surface de chauffe.	Poids servant à l'adhérence.	Surface de chauffe.	Poids servant à l'adhérence.	Surface de chauffe.
	tonnes.	m.2	tonnes.	m.2	tonnes.	m.2
1845 à 50			14,5	65	17,2 à 20,4	83 à 104
1850 à 55	15,2 à 22,4	74 à 125	14,5 à 18,6	65 à 89	20,4 à 22,4	104 à 116
1855 à 60			18,6 à 21,5	89 à 99	22,4 à 24,0	116 à 128
1860 à 62	22,4 à 21,4 ⁽¹⁾	125 à 164	"	"	"	"

1. Express et trains ordinaires de voyageurs.

Afin d'éviter les inconvénients résultant de l'emploi de machines à roues couplées pour le service des trains express, la Compagnie du chemin de fer du Nord a créé le type à deux essieux moteurs indépendants et à quatre cylindres qui offre à la fois les mêmes avantages que les machines à deux essieux couplés sous le rapport de l'adhérence et de la production de vapeur, et que les machines à un seul essieu moteur si favorables aux grandes vitesses. Ce type de machine dont la surface de chauffe est de 164m^2 , et le poids servant à l'adhérence de 49^0 , permet donc de concilier les plus grandes vitesses avec les trains les plus chargés et les arrêts les moins fréquents. Il est destiné à exercer l'influence la plus favorable sur la rapidité des trajets à grande vitesse et sur l'économie des transports.

2^e Machines à marchandises.

Locomotives à 3, à 4, à 5 et à 6 essieux accouplés.

Le développement du trafic a exercé sur l'augmentation de la puissance des machines à marchandises une influence plus sensible encore et plus prompte que sur les machines à voyageurs. A cette cause d'accroissement de la puissance se joignait, en outre, l'économie qui résulte de l'exploitation par trains complets aussi lourds que possible.

Aussi la machine à trois essieux couplés, universellement adoptée, est-elle bientôt devenue insuffisante, bien que le poids servant à l'adhérence y ait été porté à 33 et 35 tonnes, et la surface de chauffe à 135m^2 . Arrêté à cette limite de la charge sur les essieux, on a cherché l'augmentation de puissance dans l'accroissement du nombre des essieux moteurs. De 3, on est passé à 4; de 4 à 5, et enfin, de 5 à 6.

L'emploi des machines à quatre essieux moteurs a permis de porter l'adhérence à 39 et 40 tonnes dans les machines dont le foyer s'appuie en partie sur le tender (système Engerth); et au même chiffre dans les machines tender dites *de fortes rampes* de la Compagnie du Nord. Ce dernier type résume les améliorations des machines à quatre essieux couplés: par la suppression du tender, il économise, comparativement aux *grosses Engerth*, un poids inutile de 20 à 22 tonnes; en faisant participer les approvisionnements à l'adhérence, il en porte le chiffre à 40 tonnes en moyenne, ce qui est le maximum des machines de ce type.

Nous n'avons pas à parler ici des machines à cinq essieux couplés, puisqu'aucune machine française de ce type ne figure à l'Exposition.

L'insuffisance d'adhérence des machines à quatre essieux couplés a amené la Compagnie du Nord à créer un nouveau type à quatre cylindres et à six essieux couplés par groupes de trois essieux. Le poids servant à l'adhérence y est porté à 57 tonnes $1/2$ au maximum, 54 en moyenne, et la surface de chauffe à 213m^2 .

Le tableau suivant donne une idée de l'augmentation progressive de la puissance des machines à marchandises.

ANNÉES.	NORD.		EST.		ORLÉANS.	
	Poids servant à l'adhérence.	Surface de chauffe.	Poids servant à l'adhérence.	Surface de chauffe.	Poids servant à l'adhérence.	Surface de chauffe.
	tonnes.	m.2	tonnes.	m.2	tonnes.	m.2
1845 à 50	21,0 à 23,2	67 à 74	24,6	86	22,3 à 28,9	69 à 114
1850 à 55	23,2 à 33,9	74 à 126	24,6 à 26,8	86 à 100	28,9 à 30,7	114 à 137
1855 à 60	33,9 à 40,3	126 à 197	26,8 à 39,4	100 à 196	30,7 à 37,0	137 à 140
1860 à 62	40,3 à 54,0	197 à 213	30,9	125	37,0 à 38,0	140 à 209

En résumé, le progrès des machines-locomotives, en général, ne se manifeste pas par le choix d'un type unique approprié aux exigences, quelles qu'elles soient, du trafic, mais, au contraire, par la création d'un grand nombre de types appropriés chacun à des exigences spéciales; en un mot, le progrès se manifeste par la spécialisation des machines.

APPLICATION DES DÉCOUVERTES, DES PROCÉDÉS ET DES DISPOSITIONS NOUVELLES QUE LA SCIENCE ET L'ESPRIT D'INVENTION OU D'OBSERVATION APPORTENT A L'INDUSTRIE EN GÉNÉRAL.

Alimentation des chaudières. Injecteur Giffard.

Cette invention, qui constitue une des plus heureuses simplifications des machines, en général, est appliquée sur presque toutes les machines envoyées à l'Exposition. La rapidité avec laquelle cet appareil a été adopté dans tous les pays, principalement pour les locomotives, s'explique par les grands avantages qu'il offre sur les pompes. Ces avantages se résument dans un fonctionnement tout à fait indépendant de la vitesse, et la faculté d'alimenter en repos. L'inconvénient qu'il présente, de ne pas permettre d'élever la température de l'eau d'alimentation, est de médiocre importance pour les machines faisant de longs trajets sans stationnements intermédiaires. En outre, les mécaniciens expérimentés savent régler leur feu pendant les stationnements, de façon à éviter l'élévation inutile de la pression; et le souffleur leur permet de la relever, au besoin, avec une grande rapidité.

COMBUSTIBLE. FOYERS.

La France se trouve dans de moins bonnes conditions que l'Angleterre, sous le rapport du combustible. A égalité de dimensions de foyer, le combustible anglais produit plus de vapeur; il la produit plus vite, plus

régulièrement, plus à la volonté du mécanicien ; il exige moins d'attention, de soins et de nettoyages de la grille.

Malheureusement, le foyer est, de toutes les parties constitutives de la machine, considérée comme véhicule, le plus difficile à placer. L'accroissement de la surface de chauffe, en entraînant un accroissement proportionnel de surface de grille, la substitution de la houille au coke, en exigeant plus d'espace, sont venus accroître encore la difficulté.

M. Engerth, en faisant reposer une partie du poids de la machine sur le tender, pouvait accroître beaucoup les dimensions du foyer en superficie de grille et en hauteur de la chambre de combustion.

La séparation du tender de la machine ou sa suppression ont amené l'emploi de moyens nouveaux. La Compagnie d'Orléans adopte le foyer Tenbrinck, qui, grâce au bouilleur, offre une surface de chauffe de 40^m40. La Compagnie du Nord tranche radicalement la question, en plaçant la grille au-dessus même des roues, de sorte que la hauteur seule du foyer se trouve aujourd'hui limitée. Elle obtient de cette façon une surface de grille de 2^m 62 dans ses machines à fortes rampes, et 3^m 33 dans celles à six essieux couplés.

FOYERS FUMIVORES. FOYERS TENBRINCK ET TONI FONTENAY.

Les machines locomotives doivent, d'après les règlements, brûler leur fumée. Dans l'impossibilité d'obtenir ce résultat avec la houille, les Compagnies ont longtemps brûlé du coke, puis de la houille et du coke, lorsque l'élévation du prix de ce combustible en a rendu l'emploi exclusif désavantageux. On est arrivé ainsi insensiblement à ne plus employer que de la houille sur certaines lignes, et l'on a reconnu qu'indépendamment d'une combustion plus rapide, elle donne, aussi bien que le coke, une production abondante et régulière de vapeur, et qu'elle est aussi favorable à la conservation de la surface de chauffe. Enfin aujourd'hui on cherche à employer toute espèce de houille, et sous toute espèce de forme.

On demande donc actuellement aux foyers de brûler toute espèce de houille, fumeuse ou non, de bonne ou mauvaise qualité, de grosseur ordinaire ou en *menus* ; de brûler complètement tous les gaz combustibles ; de faire disparaître la fumée ou plutôt d'en empêcher la formation par la combustion des hydrocarbures, qui en sont la source principale ; de brûler non-seulement la houille en *menus*, mais encore les briquettes qui sont, par la nature même de leur fabrication, plus fumeuses encore que la houille ; de permettre l'entretien facile et peu dispendieux des appareils. On exige encore que la fumivorité ne soit pas produite au détriment de la production de vapeur ni aux dépens d'une consommation exagérée de combustible, par une introduction d'air en proportion trop considérable. On demande enfin aux foyers de présenter une aussi grande

surface de chauffe que possible, et d'avoir de l'élasticité, c'est-à-dire la faculté de proportionner l'activité de la combustion au travail à produire.

Il faut avouer que toutes ces conditions qui sont, pour ainsi dire, aussi essentielles les unes que les autres, ne sont pas toutes réalisées par les appareils dont nous avons à nous occuper.

La plus désirable, celle de la combustion de la houille sous la forme où elle est le plus maniable et au meilleur marché, c'est-à-dire en menus, est réalisée par le *foyer Belpaire*. La surface de grille a été notablement augmentée de façon à pouvoir charger le combustible sur une mince épaisseur (5 centimètres environ). L'air nécessaire à la combustion passe facilement à travers cette couche, ce qui n'aurait pas lieu avec de fortes épaisseurs. La grande longueur de la grille, son inclinaison, le chargement du combustible à l'avant seulement, et une conduite intelligente du feu, donnent avec les houilles ordinaires une fumivorté suffisante.

Ce foyer se compose, comme on le sait, d'une grille inclinée à barreaux très-nombreux et très-rapprochés, terminée par une petite grille à bascule pour se débarrasser des mâchefers. La grosseur des barreaux de grille et l'espace qui les sépare varient suivant la nature du combustible employé. L'écartement ordinaire est de 4 millimètres. La porte du foyer est très-large afin de faciliter la conduite du feu, le chargement et le nettoyage de la grille. Cette porte est percée de trous pour injecter de l'air au-dessus du combustible; un registre permet d'en modérer et d'en supprimer l'admission.

Cette description succincte d'une invention belge n'est pas ici à sa place; nous ne l'avons donnée que pour faire nettement ressortir l'application des principes de construction indiqués précédemment.

Ce qui caractérise surtout le *foyer Tenbrinck*, c'est le parti que l'on a tiré du *rabat* destiné à contrarier les courants de gaz, à les échauffer et à les brûler complètement dans un long contact. Ce rabat, qui jusqu'à présent avait été en briques réfractaires, a été transformé par M. Tenbrinck en bouilleur. Cet appareil réunit en outre diverses dispositions qui sont depuis longtemps en usage sur les machines fixes, mais qui n'avaient pas encore été appliquées aux locomotives. Telles sont, la trémie inclinée et fermée, destinée à remplacer les portes de chargement, et à produire l'introduction lente de la houille pour en distiller d'abord les gaz avant d'en compléter la combustion; la grille inclinée à 35 ou 40° qui se charge d'elle-même au fur et à mesure de la consommation; la grille mobile à l'extrémité de la grille inclinée pour faire tomber les mâchefers; le jet d'air à la surface du combustible destiné à mélanger les gaz et à en compléter la combustion; enfin le *souffleur* à la base de la cheminée.

Cet appareil donne de bons résultats et il commence à être employé

sur une grande échelle par la Compagnie d'Orléans. Cette solution toutefois nous semble encore imparfaite, en ce sens que la surface de chauffe directe n'est pas augmentée par le bouilleur, puisqu'il intercepte le rayonnement de la grille sur une surface du foyer égale à la sienne. Les bouilleurs verticaux, employés fréquemment en Angleterre, ont au contraire l'avantage d'augmenter considérablement la surface de chauffe directe. Cependant l'application de ce foyer n'a pas amené de réduction de la puissance de vaporisation, mais il ne paraît pas qu'elle l'ait augmentée. Son rôle se bornerait donc à obtenir la fumivorité¹.

Mais, en somme, cet appareil est un pas nouveau fait dans la voie du progrès et il constitue une amélioration digne d'être signalée.

Le foyer Toni Fontenay, basé comme le précédent sur l'emploi d'un bouilleur en forme de rabat, diffère du foyer Tenbrinck en ce que le chargement se fait par la porte et que le bouilleur est attaché à la paroi antérieure de la boîte à feu au lieu de l'être à la plaque tubulaire. L'inclinaison du bouilleur est donc inverse dans les deux appareils. Mais il résulte de la disposition adoptée par M. Toni Fontenay que la conduite du feu est plus facile, et que l'air froid qui entre par la porte est forcé, avant de s'introduire dans les tubes, de passer sur la surface du combustible qui distille et du combustible incandescent : ce qui n'a pas lieu dans le foyer Tenbrinck.

SÉCHEURS.

Le tumulte de l'ébullition, causé par une production rapide et considérable de vapeur, donne naissance au phénomène de l'*entraînement mécanique de l'eau par la vapeur*. Cette eau entraînée² passe dans les cylindres, où elle diminue l'effet utile de la vapeur et empêche le fonc-

1. Le foyer Tenbrinck vient d'être récemment modifié par M. Bonnet : les changements consistent dans le mode d'introduction d'air et dans la suppression de la trémie. On charge par la porte et l'air est introduit au-dessus du combustible par une série de trous à travers la face antérieure du foyer dans les machines neuves, ou derrière cette surface, au moyen d'une palette et d'un rabat dans les machines anciennes auxquelles on adapte ce foyer.

Ce foyer est certainement moins fumivore que le foyer Tenbrinck; mais il a, sur ce dernier, l'avantage d'être applicable à des grilles de très-grandes dimensions sur lesquelles on ne songera jamais à adopter la trémie, à cause de l'impossibilité de répartir uniformément le combustible sur toute la surface de la grille, et de conduire le feu convenablement. Le foyer Bonnet a encore sur le foyer Tenbrinck l'avantage d'offrir une surface de chauffe directe plus grande, puisqu'il supprime la trémie qui tient sur la face antérieure du foyer une place considérable.

Enfin, les frais de transformation des machines sont beaucoup moins coûteux.

J. V.

2. L'expérience semble établir que cette quantité d'eau varie entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{6}$ de l'eau qui entre dans le générateur.

tionnement régulier des organes. Il en résulte, en outre, une consommation inutile d'eau et de combustible.

Les appareils sécheurs ont pour but, non de surchauffer la vapeur, mais de convertir en vapeur une grande partie de l'eau entraînée mécaniquement. Ce séchage doit s'arrêter au point où la vapeur perdant toute son humidité, perdrait en même temps sa propriété lubrifiante, et ferait gripper les tiroirs et les pistons. Ces appareils doivent être disposés de façon à ne pas présenter d'obstacle à l'écoulement et ne pas diminuer la pression de la vapeur en en augmentant la vitesse de sortie.

Le sécheur adapté aux machines de la Compagnie du Nord est placé horizontalement sur la chaudière. C'est une espèce de cheminée tubulaire dont les tubes en fer ont 80 millim. de diamètre extérieur, et 3 millim. d'épaisseur. Les gaz chauds au sortir de la première boîte à fumée ordinaire font un retour, traversent le sécheur, et sortent dans l'atmosphère par une cheminée horizontale, recourbée verticalement à son extrémité et qui se trouve ainsi au-dessus de la tête du mécanicien. Un abri protège celui-ci de la fumée, des cendres et des crachements accidentels. L'appareil est disposé de façon à ce que les gaz passent à la fois dans les tubes et au pourtour du corps cylindrique contenant la vapeur.

La surface de chauffe des sécheurs est de 12 à 14^mq.

L'expérience prouve que la différence de température des gaz, à l'entrée et à la sortie du sécheur, est de 40 à 50 degrés qui sont absorbés au profit du séchage de la vapeur. Cela correspondrait, d'après un calcul approximatif, à une économie de *second ordre*, d'environ $\frac{1}{32}$, représentant 4/2 kilog. pour une consommation de combustible de 46 kilog. par kilomètre. Mais il est certain qu'une économie de premier ordre résulte de la manière dont se comporte la vapeur séchée. Cela ressort de la consommation comparative de deux machines Crampton faisant le même service, l'une avec, et l'autre sans sécheur. La consommation dans la machine munie d'un sécheur est de 2 kilog. moindre que dans l'autre.

Telles sont les dispositions employées par la Compagnie du Nord, pour diminuer l'entraînement mécanique de l'eau, et par suite la consommation du combustible.

La Compagnie d'Orléans, de son côté, cherche à obtenir le même résultat en augmentant le volume de vapeur et d'eau par mètre carré de surface de chauffe, ainsi que la surface supérieure de l'eau, c'est-à-dire la surface de sortie de la vapeur à travers l'eau.

Cette disposition atténue le principal inconvénient, celui d'exiger l'éti-rage de la vapeur par une ouverture limitée du régulateur. Mais l'entraînement de l'eau n'a pas tout à fait cessé d'être une préoccupation pour le mécanicien dont l'expérience et l'habileté ont la plus grande influence sur la conduite de la chaudière et sur l'emploi de la vapeur.

MOYENS EMPLOYÉS POUR FACILITER LA CIRCULATION DES MACHINES DANS
LES COURBES DE FAIBLE RAYON.

Le parallélisme des essieux couplés engendre dans les courbes un frottement qui augmente considérablement avec la longueur de la base rigide et avec la raideur de la courbe. Afin de faire disparaître cette cause de ralentissement de vitesse, de diminuer les pertes de travail et l'usure des bandages, qui sont la conséquence de ces frottements énergiques, on a imaginé de donner aux essieux extrêmes ou à l'essieu du milieu un jeu qui leur permet de se déplacer perpendiculairement à la voie, par la pression des boudins contre les rails.

Pour empêcher la rupture des bielles d'accouplement, par suite de ce changement de position des essieux, on construit les bielles avec des articulations horizontales et des tourillons légèrement sphériques.

Les différents moyens usités en France pour faciliter le passage de la machine dans les courbes figurent sur les locomotives françaises de l'Exposition. Ce sont :

- Les trucks ou bogies.
- Le jeu des essieux dans les boîtes à graisse.
- Les osselets de Polonceau.
- Les ressorts horizontaux de M. Caillet.
- Les plans inclinés de M. Forquenot.
- Les attelages à articulation et à balancier.

BOGIES.

Les trucks ou bogies sont des avant-trains de support à deux ou quatre roues sur lesquels repose une partie de la machine au moyen d'une cheville ouvrière. Cette disposition, en diminuant la longueur de la base rigide, facilite le passage des courbes.

JEU DANS LES BOÎTES A GRAISSE.

La disposition la plus simple consiste à permettre le mouvement longitudinal de l'essieu dans les boîtes à graisse, en en réglant l'amplitude suivant les courbes de la ligne. Le grave inconvénient de cette disposition, surtout lorsqu'elle est adaptée aux essieux extrêmes, est de favoriser l'action des forces perturbatrices qui tendent à faire tourner la machine horizontalement autour de son centre de gravité, c'est-à-dire à produire ce que l'on appelle généralement le mouvement de lacet.

OSSELETS DE POLONCEAU.

Cet appareil se compose d'une pièce en acier ayant la forme d'un triangle isocèle, arrondi aux angles, reposant par son sommet sur la

boîte à graisse, et portant sur sa base la tige des ressorts, ou inversement. On conçoit que cette pièce peut prendre des positions plus ou moins inclinées, suivant la pression des boudins contre les rails. La limite de l'inclinaison serait celle où l'une des faces du triangle deviendrait verticale. Dans cette disposition, l'osselet serait renversé si la poussée des roues continuait, ou resterait incliné si la pression cessait. Il faut donc, pour que l'appareil revienne de lui-même à sa position normale, que la direction de la face du triangle soit suffisamment inclinée à l'horizon. Il en résulte que, pour un jeu de 15 ou 20 millim., la base du triangle s'agrandit, et l'effort nécessaire pour le déplacement initial de l'essieu croît proportionnellement.

RESSORTS HORIZONTAUX DE M. CAILLET.

Les tiges des ressorts de suspension, solidaires du châssis, sont terminées à leur partie inférieure par un support plan, nommé glisseur, qui repose sur les boîtes à graisse. Entre ces glisseurs et au-dessus de l'essieu, se trouvent deux traverses horizontales creuses, d'une longueur de 30 centimètres environ chacune, et dans l'intérieur desquelles passe un petit arbre qui porte deux ressorts de translation. Cet arbre peut glisser dans les traverses, et sa position normale est fixée par la tension des ressorts qui viennent butter contre les branches des traverses.

Il résulte de cette disposition que, lorsque la pression sur les boudins des roues dépasse la tension initiale des ressorts, la boîte à graisse qui porte contre les traverses opère sur elles une poussée qui fait glisser l'arbre, et force en même temps les glisseurs, et par suite le châssis, à glisser sur les boîtes à graisse.

L'avantage de cette disposition consiste, suivant l'inventeur, en ce que la pression exercée par le boudin contre le rail pour déterminer le déplacement de l'essieu étant dépendante de la tension initiale des ressorts de translation, on peut réduire cette tension initiale jusqu'à la limite à laquelle on produirait le mouvement de lacet. Il en résulte que le déplacement transversal des essieux peut avoir lieu sous l'influence de faibles pressions.

PLANS INCLINÉS DE M. FORQUENOT.

Les tiges des ressorts de suspension sont terminées par un plan incliné, reposant lui-même sur un autre plan incliné porté sur les boîtes à graisse. De l'autre côté du châssis se trouve une disposition symétrique.

Cet appareil a tous les avantages du précédent, puisqu'il permet, en faisant varier l'inclinaison des plans, de régler la pression nécessaire pour le déplacement transversal de l'essieu à la limite exigée par la stabilité de la machine en voie droite. Il a sur l'appareil Caillet l'important avantage d'une grande simplicité et d'une grande légèreté.

En résumé, le mode d'action de ces quatre dispositions est complètement distinct.

Avec le simple jeu dans les essieux, la pression nécessaire pour produire le déplacement est très-faible dans toutes les positions de l'essieu.

Avec les osselets, cette pression, très-forte au commencement, va toujours en s'affaiblissant. Avec les ressorts horizontaux, elle va, au contraire, en croissant.

Enfin, avec les plans inclinés, elle est constante.

Pour compléter cette description des moyens employés pour faciliter la circulation des machines dans les courbes de faible rayon, nous aurions encore à parler des attelages à balancier avec tampons obliques entre la machine et le tender, dont le but est de supprimer la résistance oblique qui, dans l'attelage ordinaire, tend à faire sortir les roues de la voie; ainsi que de l'attelage qui se fait sur un ressort Brown, par un crochet long et articulé, avec une espèce de cheville ouvrière rapprochant le centre d'attelage le plus possible de l'essieu d'arrière; enfin de l'appareil Stradal.

Mais ces dispositions figuraient déjà aux Expositions antérieures à celle de 1862.

MOYENS EMPLOYÉS POUR L'ACCOUPLEMENT DE CINQ ESSIEUX, AFIN DE FAIRE PARTICIPER LE TENDER AU ROIDS SERVANT A L'ADHÉRENCE.

Aucune des dispositions inventées en France par MM. Beugniot, Gouin, Larpent, Rarchaert, Roy, ne figure à l'Exposition.

L'Autriche seule expose une disposition nouvelle et fort intéressante d'accouplement de 5 essieux, dont nous donnons la description plus loin dans le chapitre consacré à l'exposition allemande.

PROGRÈS DANS LA FABRICATION EN GÉNÉRAL.

L'acier tend à remplacer le fer dans la construction des machines locomotives, avec une supériorité incontestable et un caractère pratique qu'il est impossible de méconnaître. C'est un des faits caractéristiques de l'Exposition de 1862. Déjà nous voyons, dans les machines françaises exposées, des bandages de roues en acier fondu et laminé, ou en fer cimenté et laminé; des boîtes à graisse en acier fondu, ou en fer forgé et trempé en paquet; des bielles motrices et d'accouplement, des tiges et des glissières de piston, des essieux coudés et droits en acier fondu, le corps des chaudières fabriqué lui-même en tôles d'acier de grandes dimensions. Il est facile de prévoir le moment où l'emploi de l'acier s'étendra à la fabrication des roues, du châssis et des autres parties constitutives de la machine.

Mais il faut reconnaître que l'inégalité dans la qualité des aciers est encore un grave obstacle à l'utile substitution de ce métal au fer, et re-

connaître aussi que l'Exposition constate une infériorité manifeste de la France vis-à-vis de l'Angleterre, mais surtout de l'Allemagne, au point de vue de la fabrication de l'acier ¹.

Les progrès de la fabrication du fer sont très-apparents. Ils se montrent dans les roues dont le moyeu, les rais, le cercle, la manivelle et le contre-poids font partie du même bloc; dans la fabrication de châssis découpés, avec les plaques de garde, dans une seule pièce; dans les boîtes à graisse, dans l'emploi pour le corps des chaudières de tôles de grandes dimensions qui permettent de diminuer notablement les clouures.

RÉDUCTION DU POIDS INUTILE DES MACHINES LOCOMOTIVES.

La substitution d'un métal plus résistant et plus durable, les améliorations dans la fabrication en général des différents organes de la locomotive et leur simplification, ont pour résultat immédiat et important la perfection des conditions de sécurité du service. Elles ont permis de porter la pression de la vapeur dans les chaudières à 9 atmosphères. Elles diminuent les frais d'entretien des machines et permettent par la réduction des épaisseurs de métal d'en diminuer le poids inutile.

Le métal qui entre dans la constitution d'une machine sert à quatre objets : 1^o à produire la vapeur; 2^o à transmettre la puissance aux roues motrices; 3^o à porter la machine sur les rails; 4^o à contenir les approvisionnements.

Il est clair, qu'à part la question d'adhérence, le poids de l'ensemble doit être aussi faible que possible puisqu'il constitue un poids mort qui diminue d'autant le poids utile que la machine est susceptible de remorquer. Le but à atteindre est donc une forte production de vapeur et un grand effort de traction obtenus avec un poids moteur, approvisionnements compris, aussi restreint que possible. Par conséquent, pour un poids moteur donné, il faut économiser sur le poids du mécanisme, des supports, du tender, et employer cette économie de métal à l'augmentation de la surface de chauffe, c'est-à-dire de la puissance des machines ².

Afin de bien faire ressortir les progrès accomplis dans cette voie depuis l'Exposition de 1855, nous donnons, dans le tableau ci-après, le poids en métal par mètre carré de surface de chauffe.

1. Dans l'état actuel des choses, deux espèces d'acier seulement offrent des garanties sérieuses d'homogénéité et de durée, ce sont : l'acier de cémentation fondu, qui provient de fers très-purs et triés, et l'acier de Krupp.

J. V.

2. A ce point de vue, la suppression du tender commencée sur les lignes de l'Ouest et du Midi par M. Flachet, et continuée sur la ligne du Nord par M. Petiet dans les machines à fortes rampes, et les nouvelles machines à 4 cylindres, est le fait le plus logique et qui a amené l'économie de poids la plus considérable et la plus utile.

J. V.

TABEAU
représentant la diminution progressive du poids des machines-locomotives, par mètre carré de surface de chauffe.

MACHINES.	ANNÉES de construction.	NOMBRE d'essieux moteurs.	SURFACE de chauffe.	POIDS A VIDE de la machine et du tender.	POIDS D'EAU dans la machine et le tender, combustible et outillage.	POIDS de la machine et du tender avec les approvisionnements.	Poids de l'ensemble par mètre carré de surface de chauffe, à vide.	Poids de l'ensemble par mètre carré de surface de chauffe, avec les approvisionnements.	OBSERVATIONS.
A VOYAGEURS.									
Système Stephenson.....	1846	1	74 ^m .00	27.100*	8.600*	35.700*	366*	483*	
Buddicom.....	1846	1	62.58	22.200	7.600	29.800	355	476	
Crampton.....	1849	1	106.00	32.400	11.400	43.800	324	438	A 7 atmosphères.
South-Eastern.....	1859	1	103.00	34.000	11.000	45.000	330	436	
Crampton nouvelles.....	1860	1	97.39	34.300	12.000	46.300	354	477	A 8 atmosphères.
Sturrock (Great Northern).....	1862	1	98.00	45.250	16.400	61.650	462	631	A 9 —
Mac. Connell (exposée) ¹	1859	1	80.00	39.500	14.500	54.000	494	675	— London et Northwestern.
Ramsbottom-Northwestern (exposée)....	1862	1	92.90	38.500	15.000	53.500	415	575	London and Northwestern,
Neilson et Compagnie (exposée).....	1862	1	100.00	37.800	15.200	53.000	378	530	Caledonian rail-way.
Haswell, chemins autrichiens (exposée)....	1862	1	124.92	39.700	19.330	59.030	316	471	
4 cylindres. Compagnie du Nord.....	1862	2	167.00	35.600	12.600	48.200	213	290	En essai.
MIXTES.									
Stephenson transformée.....	1849	2	74.00	29.200	8.600	37.800	395	510	Nord.
— (exposée).....	1860	2	96.75	38.000	15.300	53.300	383	530	North-Eastern.
Eugèrth.....	1856	2	125.50	36.300	11.100	47.400	290	378	Nord.
A MARCHANDISES.									
Bourbonnais.....	1858	3	133.00	56.650	14.350	51.000	275	382	Nord.
Petites (Système Stephenson).....	1846	3	74.00	29.400	9.600	39.000	397	527	Nord.
Moyennes Creusot.....	1852	3	126.60	38.900	12.800	51.700	308	408	Nord.
Eugèrth (Groses).....	1856	4	197.00	45.800	17.000	62.800	232	319	Nord et Est.
— (Haswell exposée).....	1862	5	122.91	35.174	11.576	46.750	286	380	Bannat-Autriche.
Fortes rampes.....	1859	4	124.00	27.100	9.500	36.600	218	295	Nord.
id. id. nouvelles.....	1862	4	167.00	31.700	11.500	43.200	190	258	Sécheur allongé, 9 atmosphères.
Orléans et Midi nouvelles.....	1862	4	205.00	52.000	17.500	69.500	254	339	En construction, Caill. et comp.
4 cylindres, 6 essieux couples.....	1862	6	213.00	42.500	14.100	56.600	200	264 ⁽¹⁾	— Gouin.

1. La différence de 6 kilos avec le poids de la machine à fortes rampes nouvelle, n'indique pas une infériorité dans le rapport du poids brut à la surface de chauffe, puisque l'approvisionnement d'eau entre pour 12 kilos de plus dans cette machine.

BALANCIERS COMPENSATEURS.

L'égalité rigoureuse du diamètre des roues couplées est, comme on le sait, nécessaire à leur fonctionnement normal. Il faut donc que l'usure des bandages des roues couplées soit égale pour le même parcours. Cela nécessite une grande homogénéité de matière composant les bandages, et une égalité aussi complète que possible de répartition du poids sur les essieux moteurs, dans toutes les conditions d'approvisionnement.

Les balanciers compensateurs, qui figuraient d'ailleurs déjà à l'Exposition de 1855, ont pour but de maintenir entre deux roues la relation de poids établie dès l'origine. Ils ont en outre pour résultat de répartir sur quatre ressorts les chocs produits sous une roue par les inégalités de la voie.

PROGRÈS DUS A L'OBSERVATION.

Nous avons dit à propos des sécheurs, que la Compagnie d'Orléans diminuait la quantité d'eau entraînée mécaniquement par la vapeur en augmentant le volume de vapeur et d'eau par mètre carré de surface de chauffe, ainsi que la surface de l'eau.

Après des essais comparatifs, on est arrivé à reconnaître que les meilleurs résultats étaient obtenus lorsque le niveau de l'eau était situé à 250 millimètres au-dessus du centre de la chaudière. La dernière rangée des tubes est donc à 450 millimètres au-dessus du même centre. Pour les volumes d'eau et de vapeur par mètre carré les plus favorables, on est arrivé aux chiffres suivants :

	Eau.	Vapeur.
Machines à voyageurs.	27 litres. . .	45 litres
— mixtes.	28 — . .	49 —
— à marchandises.	264/2 — . .	46 —

Mais il faut reconnaître que ce moyen de diminuer la quantité d'eau entraînée mécaniquement augmente le poids inutile des machines, et que ces chiffres conduisent, pour des surfaces de chauffe de 200 mètres carrés, à un poids d'eau et de chaudière considérable.

En ce qui concerne le rapport de la surface de la grille à la section totale des viroles des tubes, la Compagnie d'Orléans s'est arrêtée au rapport $\frac{5}{1}$. Ce chiffre est précisément moitié de celui qui est admis par la Compagnie du Nord ($\frac{10}{1}$) dans les machines exposées à grilles Belpaire. Cette différence s'explique par la différence même des foyers et la nature du combustible; il est évident, en effet, que le rapport doit croître au fur et à mesure que le combustible est étalé en couches plus minces sur la grille.

Il résulte d'expériences ¹ faites au chemin du Nord : 1° Qu'une cheminée de section donnée *produit son maximum d'effet* lorsqu'on fait la hauteur égale à six ou huit fois le diamètre. Une hauteur plus grande influe peu sur le tirage ; plus petite, elle amène une diminution rapide de l'effet utile.

2° Que l'éloignement de la tuyère d'échappement de l'entrée de la cheminée paraît sans influence sensible sur le tirage tant que la distance ne dépasse pas trois fois le diamètre de la cheminée ; au delà, l'effet utile diminue rapidement.

3° Une section de passage de l'air à évacuer, et une section de tuyère étant données, il y a une section de cheminée qui donne le maximum d'appel.

4° Pour une section d'échappement donnée et une pression constante dans la tuyère, la quantité d'air appelée, ainsi que la section de la cheminée donnant le maximum d'appel, augmentent avec la section d'appel d'air.

5° Un poids de vapeur donné, dépensé dans le même temps sous différentes pressions, c'est-à-dire avec des sections d'échappement variables, appelle à travers une section de passage donnée, et avec la cheminée convenable pour chaque section d'échappement, une quantité d'air qui augmente avec la pression de la vapeur, ou ce qui revient au même, à mesure que l'orifice de l'échappement diminue.

6° Il résulte de ce qui précède que la section de la cheminée qui donne le maximum d'air appelé ne dépend que de la section de passage dans les grilles et dans les tubes.

7° Lorsqu'on fait varier, dans le même rapport, la section d'appel, la section de l'échappement et celle de la cheminée, on obtient, pour une même pression dans le réservoir d'échappement, des quantités d'air appelé qui sont aussi sensiblement dans le même rapport.

8° Un échappement multiple, agissant sur une cheminée tubulaire, devra appeler, à travers un obstacle donné, une quantité d'air égale à celle qu'appellerait un échappement unique d'une section égale à la somme des échappements partiels, appliqué à une cheminée unique, d'une section égale à celle des tubes de la cheminée tubulaire, avec cet avantage : qu'il suffira de donner aux tubes de la cheminée tubulaire une hauteur égale à 6 ou 8 fois leur diamètre.

1. Extrait du rapport de fin d'année de M. Nozo (1861).

CHAPITRE III.

PRÉCIS DES MÉRITES SPÉCIAUX CONSTATÉS CHEZ LES EXPOSANTS

FRANÇAIS ET ÉTRANGERS.

1^o Exposition française.

L'exposition française était représentée par cinq exposants : M^{me} Veuve Polonceau; J.-F. Cail et C^{ie}, Parent, Schaken, Caillet et C^{ie}; la Compagnie du chemin de fer d'Orléans; la Compagnie du chemin de fer du Nord, avec MM. Ernest Gouin et C^{ie}; MM. J.-J. et A. Meyer.

Il n'y a que 3 machines exposées, ce sont :

Une machine à voyageurs, par la Compagnie d'Orléans;

Une machine à marchandises, par M. Cail et C^{ie};

Une machine de fortes rampes, par la Compagnie du Nord.

Madame Veuve Polonceau expose le modèle au $\frac{1}{10}$ d'une machine à marchandises à huit roues couplées, projetée par son mari.

Ce qui caractérise surtout cette étude, c'est l'emploi d'un essieu coudé auxiliaire, ne portant rien du poids de la machine, et destiné seulement à recevoir le mouvement des pistons et à le transmettre aux roues motrices qui sont portées sur quatre essieux droits. L'écartement des essieux extrêmes n'est que de 4 mètres pour des roues de 1^m,25.

Pour faciliter le passage de la machine dans les courbes de petit rayon, la machine est munie des osselets et de l'attelage à balancier.

La surface de chauffe est de 200 mètres carrés et le poids de la machine pleine de 42 tonnes.

J. F. Cail et C^e, Parent, Schaken, Caillet et C^e, exposent une machine à six roues couplées pour service mixte. Cette machine, qui a déjà parcouru 24,000 kilomètres, faisait un service mixte de voyageurs et de marchandises dans les districts du centre du chemin d'Orléans, où les courbes sont nombreuses et à faible rayon, et où les inclinaisons sont fortes. — L'écartement des essieux extrêmes est de 3^m,48 pour des roues de 1^m,52.

Cette machine est munie des ressorts horizontaux de M. Caillet et du système d'attelage à balancier de Polonceau.

Les roues en fer forgé ont leurs contre-poids en fer soudés. — Les bielles motrices et d'accouplement sont en acier fondu. — Le châssis est d'une seule pièce avec les plaques de garde. L'alimentation est faite au moyen de deux injecteurs Giffard.

La Compagnie du chemin de fer d'Orléans expose une machine à voyageurs à un seul essieu moteur, construite dans les ateliers de la Compagnie et munie d'un foyer Tenbrinck, des osselets, et de l'attelage à balancier de

Polonceau. Elle est alimentée par un injecteur Giffard à débit constant de M. Pradel. Mais l'appareil à débit constant, dont le principal avantage est d'être moitié moins cher que le Giffard ordinaire, présente quelquefois l'inconvénient d'être insuffisant. Cet inconvénient force à faire usage de deux injecteurs à débit constant.

Les fusées des essieux sont graissées à l'huile au moyen de tampons graisseurs, placés dans le dessous des boîtes. Les tôles fournies par MM. Petin et Gaudet pour la chaudière sont de grandes dimensions. L'enveloppe du foyer est d'une seule pièce.

Les cylindres et tout le mécanisme de la distribution sont extérieurs.

L'écartement des essieux extrêmes est de 4^m,30; la surface de chauffe est de 101 mètres.

Les roues de support pleines en fer sont forgées par le procédé Arbel. Les bandages sont en acier naturel d'Allevard; les essieux sont en fer fin. La machine pèse vide 25960 kilog., et en service 28940 kilog. Le poids servant à l'adhérence est en moyenne de 12700 kilog.

La Compagnie d'Orléans expose, en outre, le dessin d'une machine à marchandises à huit roues couplées, en construction chez MM. Cail et C^e. Cette machine a un foyer Tenbrinck dont la surface de chauffe est de 10^{mq},40. L'écartement des essieux extrêmes est de 4^m,08 pour des roues de 1,287 de diamètre. La surface de chauffe totale est de 205 mètres carrés. La machine pèse vide 37500 kilog., pleine 43000. Ce poids sert à l'adhérence.

La Compagnie du Midi a également adopté ce type, mais sans disposition spéciale du foyer.

La Compagnie du chemin de fer du Nord expose une de ses machines à marchandises dites de fortes rampes à quatre essieux couplés.

Cette machine tender est munie d'un foyer Belpaire pour brûler des menus; elle porte au-dessus de la chaudière un sécheur et une cheminée horizontale. Le tirage étant dû à la transmission d'une partie de la puissance vive de la vapeur à la fumée, il importe peu que la cheminée soit verticale ou horizontale, pourvu qu'elle ait une longueur égale à 6 ou 8 fois le diamètre. L'emploi du sécheur, indépendamment des avantages que nous avons énoncés précédemment, a permis de réduire le volume de vapeur et de mettre un plus grand nombre de tubes dans le même générateur.

La longueur des tubes n'est que de 3^m,5; l'expérience a prouvé que le refroidissement des gaz était ainsi complet, ou plutôt que l'utilisation du combustible était aussi complète qu'avec des tubes de 4^m,50 et 5 mètres. Cette faible longueur permet d'en diminuer l'épaisseur. La machine est alimentée par deux injecteurs Giffard. Le châssis est formé d'une seule pièce de chaudronnerie. L'attelage se fait sur un ressort Brown au moyen d'un crochet à longue tige articulée avec une espèce de cheville ouvrière rapprochant le plus possible le centre de l'attelage de

l'essieu d'arrière. Les roues sont entièrement en fer forgé et les contre-poids venus de forge. La machine vide pèse 35 tonnes, pleine 43; le poids moyen servant à l'adhérence est de 39 tonnes. La surface de chauffe est de 167 mètres carrés. L'écartement des essieux extrêmes est de 3^m,33 pour des roues de 4^m,065 de diamètre. Le jeu laissé dans les boîtes à graisse permet de passer en vitesse dans des courbes de 200 mètres de rayon.

La Compagnie du Nord expose les dessins d'une machine à voyageurs à quatre cylindres et à deux essieux moteurs indépendants et ceux d'une machine à marchandises à quatre cylindres et à six essieux moteurs.

Nous avons énoncé précédemment le but de ces innovations; nous venons à propos de la machine de fortes rampes, d'indiquer les dispositions principales qui lui sont communes avec ces deux machines; il ne nous reste qu'à donner quelques détails et quelques-unes des dimensions principales.

Ces deux types de machines en construction actuellement chez MM. Gouin et C^e, ont une surface de chauffe de 167 mètres carrés dans la machine à voyageurs, et de 213 mètres carrés dans la machine à marchandises. Le poids moyen servant à l'adhérence est de 49 tonnes dans la première et de 54 dans la seconde.

La machine à 4 cylindres à voyageurs est montée sur 5 paires de roues, dont 3 paires porteuses de 4^m,06 de diamètre, et 2 paires motrices de 4^m,60. Ces dernières sont mues chacune par deux cylindres de 0^m,36 de diamètre et de 0,34 de course. Avec un diamètre de roues motrices relativement faible, qui a l'avantage de diminuer le poids mort, on espère obtenir la même vitesse de marche qu'avec les grandes roues de 2^m,30, tout en diminuant la vitesse des pistons. Il aura suffi de réduire la course des pistons au chiffre ci-dessus pour obtenir ce résultat, et il en est résulté que pour une vitesse de marche de 72 kilomètres, la vitesse des pistons qui est actuellement de 3^m,33 pour les roues de 2^m,40, ne sera que de 2^m,70 dans les machines nouvelles. L'écartement des essieux extrêmes est de 5^m,47, il assure une grande stabilité; le jeu laissé aux trois essieux porteurs dans les boîtes à graisse permet de passer en vitesse dans des courbes de faible rayon.

L'emploi d'un double mécanisme ne paraît pas présenter de difficulté: les deux distributions de vapeur sont commandées par le même levier de changement de marche; il y a deux régulateurs distincts pour avoir la faculté de régler l'admission de la vapeur dans les cylindres de chaque groupe. Enfin la diminution de poids des pièces du mouvement et de la course, en atténuant l'influence perturbatrice résultant du mouvement alternatif de ces pièces, donne à la machine à quatre cylindres une plus grande stabilité.

Le centre de gravité y est plus élevé, à la vérité, que dans les machines Crampton, mais il est plus bas que dans les machines express à grandes

roues généralement employées en Angleterre. Cette machine sera en état de remorquer quinze voitures de voyageurs à 72 kilom. à l'heure, ou vingt-quatre voitures à 50 kilomètres sur une rampe de 5 millim.

Dans la machine à 6 essieux moteurs et à 4 cylindres, l'écartement extrême des essieux est de 6 mètres; mais un jeu de 3 centim. des deux essieux extrêmes permet de passer dans des courbes de 200 mètres de rayon. La faible vitesse à laquelle marchent les machines à marchandises et leur longue base rendent cette disposition sans influence sur la stabilité et en particulier sur la faculté de résister au mouvement de lacet.

Cette machine pourra remorquer un train de 240 tonnes sur rampe de 20 millim.; avec une machine de renfort on remorquera un train de 220 tonnes environ de poids brut sur rampe de 40 millim. et de 160 tonnes sur rampe de 50 millim.

Ces trois types, comme le prouve le tableau qui précède, sont d'une grande légèreté relative. Le poids en métal par mètre carré de surface de chauffe qui était, par exemple, de 526 kilog. dans les petites locomotives à marchandises du Nord, de 417 dans les moyennes, de 349 dans la grosse Engerth, n'est que de 258 dans la locomotive de fortes rampes envoyée à l'Exposition.

Afin que le ciel du foyer de ces machines ne soit pas découvert à la descente sur des pentes un peu fortes, on lui donne une légère inclinaison montant de l'avant vers le fond du foyer; si cette inclinaison est de 20 millim. par exemple, le ciel du foyer deviendra horizontal sur une pente de 20 millim., et il sera recouvert d'une couche d'eau d'égale épaisseur sur toute sa surface.

Mais comme les niveaux d'eau ordinaires ne suffiraient pas pour indiquer au mécanicien qui ne connaît pas parfaitement le profil de la ligne, si le niveau de l'eau est convenable pour une rampe ou une pente que l'on va rencontrer sans en être prévenu, il y a sur le côté de la machine un deuxième indicateur de niveau. Ce niveau placé au milieu des différentes intersections des plans d'eau qui résultent des différentes inclinaisons de la machine dans les deux sens, est réglé de façon à indiquer au mécanicien les limites qu'il ne doit pas dépasser pour franchir les pentes et rampes sans inconvénient.

MM. J.-J. et A. Meyer, dont le premier est l'inventeur d'une détente variable très-répondue, exposent les dessins d'une *locomotive tender articulée à douze roues couplées à quatre cylindres*. Il s'agit d'un projet, mais l'étude en est très-détaillée, et la solution qu'elle offre du problème de machines puissantes, pouvant circuler facilement dans les courbes de petit rayon, paraît très-satisfaisante. Le mémoire qui accompagne le dessin rappelle que, sur beaucoup de lignes, une adhérence de 40 tonnes est devenue insuffisante, que la nécessité de construire des chemins de fer à bon marché force à adopter chaque jour de plus fortes rampes et de plus

petits rayons ; que c'est à ces conditions-là seulement que beaucoup de lignes pourront être prolongées et d'autres réunies ; qu'il faut que les locomotives aient dans certains cas particuliers une adhérence de 50, 60 et 80 tonnes, tout en conservant la flexibilité nécessaire pour circuler dans des courbes de faible rayon ; que la décomposition des trains et l'emploi de machines de secours sont deux moyens dont on ne connaît que trop les inconvénients et la cherté.

La locomotive proposée par MM. Meyer se compose d'une chaudière unique portée sur deux trains moteurs à six roues couplées chacun, et mis en mouvement chacun par deux cylindres : les caisses à eau sont placées à l'avant, la soute à combustible à l'arrière, la répartition des poids est telle que le centre de gravité passe par l'essieu milieu de chaque train. La chaudière repose sur l'avant-train par l'intermédiaire d'un unique pivot-support sphérique, et sur l'arrière, par deux pivots-supports demi-sphériques placés, latéralement au foyer, au-dessus de l'essieu du milieu. Cette disposition permet à l'avant-train de prendre, par rapport à la chaudière toutes les positions nécessitées par les courbes ou les irrégularités de la voie.

L'avant-train est relié à l'arrière-train par une bielle rigide dont le tourillon d'avant est le pivot d'articulation même de l'avant-train, et dont le tourillon d'arrière est au-dessus du premier essieu de l'arrière-train, de sorte que cet essieu est constamment sollicité pendant la marche en courbe à entrer dans la courbe.

Les supports demi-sphériques ou pivots articulés de l'arrière-train reposent sur deux patins à base plate qui peuvent glisser en avant et en arrière sur un tasseau plat armé de rebords latéraux.

Lorsque la machine entre dans une courbe, l'un des patins recule tandis que l'autre avance ; le jeu transversal des patins nécessaire à ce mouvement dans les rebords latéraux des tasseaux est très-faible.

Le tourillon de la barre d'attelage du convoi est placé au-dessus de l'essieu d'arrière de l'arrière-train. Le changement de marche a lieu au moyen du même levier et de la même barre pour les deux trains.

La sortie de la vapeur a lieu par des tuyaux articulés à rotule et en caoutchouc consolidé par du fil d'acier enroulé en spirale. L'alimentation se ferait au moyen d'un ou de deux injecteurs Giffard.

L'ensemble du mécanisme est extérieur. Le poids total servant à l'adhérence serait de 60 tonnes, soit 40 tonnes sur chaque essieu. L'écartement des essieux extrêmes de chaque train est de 2^m,60 pour des roues de 4^m,20. La flexibilité de la machine ainsi disposée est telle qu'elle passera facilement dans des courbes de 80 à 100 mètres de rayon.

Les auteurs du projet comptent sur un effort de traction de 40,000 kilos, soit $\frac{4}{6}$ du poids servant à l'adhérence susceptible de remorquer à la vitesse de 46 kilom. des trains de 2,300 tonnes sur niveau, de 340 tonnes

sur rampes de 25 millimètres, et de 155 tonnes sur rampes de 60 millimètres machine comprise.

MM. Meyer donnent à leur type de locomotives le nom d'*universel*, parce que la disposition de ces deux trucks indépendants, mus chacun par deux cylindres, permet aussi bien, suivant eux, d'augmenter le nombre des roues, que de construire sur ce type des machines express, des machines mixtes ou des machines à marchandises.

La note de ces messieurs contient le croquis d'une machine à grande vitesse à 4 cylindres et à 6 essieux, dont 2 sont montés sur grandes roues motrices, et 4 sur de petites roues porteuses ;

Celui d'une machine mixte à 4 cylindres et à 6 essieux, dont 4 moteurs munis de grandes roues et 4 porteurs ;

Une machine à marchandises à 4 cylindres et à 16 roues motrices par 2 groupes de 8 ; une machine à 6 cylindres et à 18 roues motrices par 3 groupes de 6 ; et enfin une machine à 8 cylindres et à 24 roues motrices, montée sur 4 trains.

EXPOSITION ANGLAISE.

L'examen des locomotives anglaises de l'Exposition de 1862 démontre que les conditions de l'exploitation et les exigences du service sont différentes en France et en Angleterre.

Tandis que l'exploitation française, poussée en avant par des exigences toujours croissantes, abandonne ses anciens types de machine devenus impuissants, ou les améliore, l'exploitation anglaise se contente d'un léger accroissement dans la puissance et la vitesse de ses machines. Le type à quatre essieux couplés, qui est déjà insuffisant en France, n'est pas même encore appliqué en Angleterre.

Cette différence caractéristique tient principalement à ce que les trains sont plus légers en Angleterre qu'en France. Ils sont plus légers, parce que, pour les express, par exemple, les arrêts n'ont lieu que tous les 70 ou 95 kilomètres, tandis qu'en France, ils ont lieu tous les 30 ou 40 kilomètres ; parce que les départs sont plus nombreux, les lignes concurrentes plus nombreuses.

Pour les trains de marchandises, parce que le cabotage, la navigation fluviale et celle des canaux prennent une bien plus forte part du transport des matières, et parce qu'enfin le trafic est très-divisé entre les chemins de fer.

Si, à ces causes de légèreté des machines, en Angleterre, on ajoute celles qui découlent de profils moins accidentés qu'en France, d'un

excellent combustible qui brûle facilement dans des foyers étroits, on concevra facilement que l'Angleterre n'offre aucune nouvelle disposition de machine-locomotive. Ses anciens types lui suffisent avec un léger accroissement dans la puissance, c'est-à-dire dans la surface de chauffe et le poids servant à l'adhérence. C'est ainsi que le poids porté par l'essieu moteur des machines express atteint souvent 14 tonnes; 14 1/2 sur les machines à deux essieux couplés, et 10 1/2 à 14 sur les machines à trois essieux couplés. La pression de la vapeur est plus grande, les foyers plus spacieux, les roues motrices plus grandes, et l'approvisionnement d'eau et de combustible plus considérable.

Ces modifications permettent de remorquer à vitesse égale des trains un peu plus lourds que par le passé; mais elles ont surtout pour but d'augmenter la vitesse, qui est le point principal sur lequel se porte la concurrence des lignes anglaises. Mais si l'Angleterre ne présente aucune disposition d'ensemble nouvelle, son exposition est du plus haut intérêt, au point de vue des dispositions de détail et de la perfection de l'exécution. On sent que chacune des pièces est travaillée par un outil spécial, et que la main-d'œuvre se réduit de plus en plus au simple montage des machines. Le choix d'excellentes matières est très-apparent, ainsi que la tendance à la simplification dans la forme et à la réduction du nombre des pièces. Les roues motrices sont exclusivement en fer, les bandages en acier fondu, ainsi que les essieux et plusieurs pièces du mécanisme. Le travail de l'acier nécessite l'emploi d'outils très-résistants, et la transformation des machines-outils. Sous ce rapport, l'Allemagne entre dans la même voie que l'Angleterre : la maison Borsig, de Berlin, expose une machine dont les pièces d'acier n'ont été dressées et ajustées qu'après la trempe.

FOYERS.

La variété des foyers fumivores destinés à brûler la houille est beaucoup plus grande en Angleterre qu'en France. Les machines exposées offrent, sous ce rapport, plusieurs dispositions très-dignes d'être étudiées.

Nous citerons le foyer Mac-Connell, en usage depuis plusieurs années sur le *North-Western*, qui se compose d'une chambre de combustion s'étendant bien au delà de la grille, séparée en deux parties, ainsi que la grille, par un bouilleur vertical qui va presque jusqu'à la plaque tubulaire. Il y a donc deux portes, deux grilles, et pour ainsi dire deux foyers qu'on charge alternativement. Cette grande capacité de la chambre de combustion permet un mélange complet de l'air et des gaz combustibles, et produit, en conséquence, la fumivorité. Cette disposition diminue considérablement la surface de chauffe totale, mais elle augmente aussi considérablement la surface de chauffe directe.

Le foyer Clark, dans lequel le mélange de l'air et des gaz est produit,

au moyen de jets de vapeur, par les deux faces latérales du foyer. Nous citerons, en outre, le foyer Ramsbottom, appliqué sur la machine *Lady of the Lake*, du *North-Western*, dans lequel l'air est introduit par deux ouvertures carrées placées juste au-dessous des tubes, par conséquent sur la face postérieure du foyer et munies de clapets pour modérer l'admission. Au-dessus de ces ouvertures se trouve une voûte en briques réfractaires qui avance d'une quantité presque égale à la demi-profondeur du foyer et qui force l'air à passer sur la surface du combustible et à produire des remous en changeant brusquement de direction pour entrer dans les tubes.

Le foyer Cudworth, de la machine exposée par MM. Sharp, Stewart et Cie. Ce foyer se compose d'une longue grille de 2^m,40 fortement inclinée, qu'on peut piquer par le dessous et nettoyer en marche, terminée par une petite grille horizontale à renversement. La boîte à feu contient un bouilleur longitudinal occupant un peu plus de la demi-longueur de la grille et qui la sépare pour ainsi dire en deux grilles distinctes desservies chacune par deux portes spéciales superposées.

Le foyer Connor, appliqué sur la machine express de MM. Neilson et Cie, de Glasgow, offre un *rabat* en briques réfractaires disposé exactement comme celui de M. Ramsbottom; seulement l'introduction de l'air a lieu par la porte.

Le foyer Frodsham, employé sur le *Eastern-Counties*, consiste principalement dans un *rabat* placé derrière la porte d'introduction d'air, et dans l'emploi de jets de vapeur dans l'intérieur du foyer, de façon à mélanger les gaz combustibles avec l'air nécessaire à leur combustion.

Nous citerons encore le foyer employé par M. Jenkins sur le *Lancashire* et *Yorkshire*, et qui se compose d'un *rabat* fixé au-dessous des tubes avec prise d'air par trois rangées horizontales de trous sur la face postérieure, et une rangée sur la face antérieure du foyer.

Nous citerons enfin, comme le résumé le plus complet des tentatives faites dans cette voie, les nombreux foyers de M. Beattie, sur le *London and North-Western*. Les premiers foyers consistaient en deux grilles distinctes à la suite l'une de l'autre, desservies chacune par une porte, et dans l'intervalle desquelles se trouvait un bouilleur transversal en métal percé de trous. Sur la première grille, on chargeait de la houille; sur la seconde, du coke; derrière ces grilles, se trouvait une chambre de combustion, profonde, séparée en deux parties par un bouilleur vertical.

Aujourd'hui on ne charge plus qu'avec de la houille, le bouilleur est agrandi et reporté davantage au fond du foyer.

L'Exposition anglaise se composait de :

12 machines dont :

4 machines express;

4 — à marchandises;

4 — de petites dimensions pour houillères et travaux de terrassement.

Sur ces 12 machines, 4 seulement ont des cylindres intérieurs; et sur les 20 qui composaient l'exposition de toutes les nations, 6 seulement avaient des cylindres intérieurs.

Sur ces 20 locomotives, 18 avaient la largeur de voie ordinaire; 2 seulement avaient une largeur supérieure.

MACHINES EXPRESS.

Les 4 machines express exposées ont les roues motrices placées entre les roues de support. La surface de chauffe, quoique plus grande qu'autrefois, n'atteint pas encore 400 mètres carrés pour les machines dont la largeur de voie est 4^m,50. Le diamètre des roues motrices est, en général, de 2^m,40 à 2^m,50. Les roues, de 2^m,70, sont les plus grandes que l'on puisse trouver sur les machines express des lignes anglaises. Un poids de 12 à 14 tonnes est porté par les roues motrices. — C'est le dernier mot de ces machines sous ce rapport.

La Cie du *London and North-Western* expose 2 machines : l'une, construite aux ateliers de Wolverton, par M. Mac-Connell, l'autre, aux ateliers de Crewe, par M. Ramsbottom.

1^o La machine de M. Mac-Connell est à cylindres intérieurs, dont la course est 0^m,61. Les roues motrices ont 2^m,30 de diamètre. La surface de chauffe n'atteint pas 80 mètres. Les bandages, les manivelles, et l'essieu coudé sont en acier de Krupp. Elle est munie d'un injecteur Giffard. Le tender est à 6 roues et porte des balanciers compensateurs entre les roues du milieu et celles d'arrière. L'ensemble pèse avec 8 tonnes d'eau et 2 tonnes de coke, 54 tonnes, soit 675 kilos par mètre carré de surface de chauffe. Le foyer disposé pour brûler de la houille est de la forme décrite précédemment, sous le titre de foyer Mac-Connell.

2^o La machine de M. Ramsbottom est à cylindres extérieurs, de 0^m,407 de diamètre, et de 0^m,64 de course. Les roues motrices ont 2^m,33 de diamètre. La base a une longueur de 4^m,70. La surface de chauffe est de 94 mètres carrés, dont 7^m,75 au foyer. Le poids servant à l'adhérence est de 44 1/2 tonnes. La machine est munie de deux injecteurs Giffard. Le tender à 6 roues porte 8 tonnes d'eau et 2 de combustible. L'ensemble pèse plein 53 1/2 tonnes, soit 575 kilos par mètre carré de surface de chauffe. Le foyer est disposé pour brûler de la houille et de la forme des foyers

Ramsbottom. Le soupapes de sûreté, les pistons sont d'un modèle nouveau dû à M. Ramsbottom.

Enfin, cette machine porte un appareil spécial inventé également par M. Ramsbottom, pour l'alimentation d'eau sans arrêt. Sur la voie se trouve une rigole en fonte de 400 mètres environ de longueur, de 0^m,40 de largeur, et 0^m,13 de profondeur, pleine d'eau. Le tender porte un large tuyau recourbé en avant à sa partie inférieure. Lorsque la machine arrive en vitesse, près de la rigole, on fait plonger le tuyau recourbé, et 5 à 6 mètres cubes d'eau sont introduits dans le tender en moins d'une minute. Toutefois l'eau ne commence à entrer dans le tender que lorsque la vitesse du train est de 36 kilomètres à l'heure. Cette rigole, établie sur le chemin de Chester à Holyhead, permet un service régulier et journalier de 436 kilomètres sans arrêt. Depuis l'époque où cet appareil a été installé, environ 7,000 mètres cubes d'eau ont été pris par les machines. La Cie du *London and Nord-Western railway*, se dispose à installer ces rigoles dans d'autres stations.

Comme détail intéressant, nous rappellerons que, le 7 janvier 1862, l'emploi de ce moyen a permis à une machine de franchir sans arrêt et en 2 heures 25 minutes les 210 kilomètres qui séparent Holyhead de Stafford.

3^e Le *Caledonian railway* exposait une machine de M. Connor, construite chez M. Neilson et Cie. Cette machine est à cylindres extérieurs, de 0^m,64 de course, et à double châssis extérieur et intérieur. Le diamètre des roues motrices est de 2^m,50. La surface de chauffe est de 99 mètres carrés (extérieurement). La longueur des tubes est de 3^m,50; leur nombre, 492; leur diamètre extérieur, 47 millimètres 1/2.

Le foyer est fumivore, et de la forme indiquée précédemment, sous le titre de foyer Connor.

L'essieu moteur est en acier fondu et fabriqué dans les ateliers du *Caledonian railway*; les bandages sont en acier fondu de Krupp. Le poids de la machine pleine est de 34 tonnes; en lui supposant un tender à 6 roues, le poids par mètre carré de surface de chauffe serait de 530 kilos. C'est la plus légère des express exposées par l'Angleterre. Le poids sur l'essieu moteur est de 14 tonnes 1/2.

La 4^e machine express est exposée par Beyer, Peacock et Cie, et destinée au chemin de fer du Sud-Est du Portugal, dont la voie est de 1^m,68.

Les cylindres extérieurs ont 0^m,44 de diamètre, et 0^m,56 de course. Le diamètre des roues motrices est de 2^m,44. La base est de 4^m,67. La surface de chauffe est de 422^m², dont 9^m,50 au foyer. La longueur des tubes est de 3^m,35; leur nombre 245; le poids servant à l'adhérence 44 tonnes; le tender contiendra 40 tonnes d'eau et 4 1/2 de charbon.

MACHINES MIXTES ET A MARCHANDISES.

1^o *Machine mixte à 4 roues couplées du South-Eastern-Connties railway*, dessinée par Robert Sinclair et construite dans les ateliers de Robert Stephenson, à Newcastle. Cette machine a parcouru 72,000 kilomètres sans autres réparations que celles de peinture et du tournage des roues motrices.

Elle a des cylindres extérieurs placés horizontalement, de 0^m,64 de course. Le diamètre des roues motrices est de 1^m,83. Les bandages sont en acier de Krupp, et une paire de bandages qui ont parcouru 110,000 kilomètres sans être tournés, est exposée avec la machine. L'usure de ces bandages est d'environ 6 millimètres. La machine est munie d'injecteurs Giffard. La surface de chauffe totale est de 94 1/2 mètres carrés, dont 88 pour les tubes (extérieurement). Le poids de la machine pleine est de 30 tonnes, dont 20 sur les 4 roues motrices ; le poids du tender plein est de 23 tonnes. Ces poids correspondent au chiffre de 560 kilogr. par mètre carré de surface de chauffe. La machine est munie du foyer Frodsham décrit précédemment.

2^o *Machine à 4 roues couplées*, exposée par S. W. G. Armstrong, construite dans ses ateliers de Elswick Works, près Newcastle. Cette machine destinée à l'*East-Indian railway*, a une largeur de voie de 1^m,68, et des cylindres extérieurs de 0^m,56 de course. Cette machine a 9^m,30 de surface de foyer, et seulement 95 mètres carrés de surface extérieure des tubes.

3^o *Machine à 6 roues couplées à cylindres intérieurs* de 0^m,64 de course, exposée par W. Fairbairn et Sons, de Manchester, construite sur les plans de M. Kirtley. Le diamètre des roues est de 1^m,68 ; le châssis est double. L'essieu coudé repose sur 4 boîtes à graisse. Le nombre des tubes est de 480 ; leur diamètre 54 millimètres ; leur surface de chauffe de 406 mètres carrés. La porte du foyer est formée de 2 vantaux s'ouvrant horizontalement.

4^o *Machine à 6 roues couplées, à cylindres extérieurs* de 0^m,43 de diamètre, et de 0^m,64 de course, construite par MM. Sharp, Stewart et C^{ie}, de Manchester. Diamètre des roues 1^m,68 ; la base est de 4^m,73 ; poids de la machine pleine, 32 tonnes, dont 11 1/2 sur l'essieu moteur du milieu. Il y a un double châssis extérieur et intérieur ; l'essieu coudé est porté par 4 boîtes à graisse. Le générateur est alimenté par deux Giffard. La surface de chauffe totale est de 408 mètres carrés, dont 44 au foyer. Le nombre des tubes est de 489.

Le foyer fumivore est celui que nous avons décrit précédemment sous le titre : Foyer Cudworth. Les bandages sont attachés aux roues, de façon à ne pouvoir pas s'en séparer en cas de rupture.

MACHINES DE PETITES DIMENSIONS POUR TRAVAUX DE TERRASSEMENTS ET
POUR MINES.

Ces petites machines, au nombre de 4, sont surtout remarquables par la solidité et la simplicité de leur construction. Elles prouvent la tendance de spécialiser de plus en plus les machines aux besoins à desservir.

EXPOSITION BELGE.

La Société anonyme de Couillet expose une machine à marchandises à 6 roues couplées, à cylindres intérieurs.

Le diamètre des roues est de 4^m,46; la surface de chauffe de 114 mètres carrés, dont 7^m,80 au foyer; le poids de la machine pleine est de 33 1/2 tonnes; le poids maximum par paire de roues est de 41 tonnes. La course des pistons est de 0^m,60; leur diamètre 0^m,445; la base est de 4^m,00.

La machine porte un foyer Belpaire, dont nous avons donné précédemment la description; l'essieu d'arrière est placé au-dessous de ce foyer.

EXPOSITION ALLEMANDE.

Cette exposition comprend 4 machines, dont 2 pour l'Autriche, 1 pour la Prusse, et 1 pour la Saxe royale.

Cette exposition est très-remarquable sous le rapport de la perfection, de l'exécution, de la nouveauté des dispositions, et du rôle que joue l'acier dans ces machines.

1^o *Machine locomotive express* (Duplex), exposée par M. Haswell, directeur de la Société autrichienne de Vienne.

Voici les raisons par lesquelles M. Haswell explique les dispositions qu'il a adoptées pour cette machine.

« Les forces qui naissent de l'inertie des masses animées d'un mouvement alternatif ont pour résultat, comme on le sait, de produire un *mouvement saccadé longitudinal d'avant en arrière, et d'arrière en avant*, dont l'intensité croît avec la grandeur relative des masses à mouvement alternatif par rapport à la masse entière. Elles tendent aussi, à cause de l'action des pistons, tantôt concordante, tantôt opposée, et changeant alternative-

ment de direction, à faire tourner la machine horizontalement autour de son centre de gravité, de gauche à droite et de droite à gauche, c'est-à-dire à produire ce qu'on appelle le *mouvement de lacet*. Elles produisent enfin d'autres mouvements désordonnés, comme le *roulis* ou balancement de la machine autour de son axe longitudinal; l'*ondulation* de toute la masse qui porte sur les ressorts de suspension; le *galop*, où les élan autour d'un axe transversal horizontal.

« Enfin l'inertie des manivelles et des pièces qui s'y attachent produit une force centrifuge dont la composante verticale tend à surcharger et à décharger alternativement les roues motrices.

« On peut empêcher le mouvement longitudinal saccadé et le mouvement de lacet au moyen de contre-poids exerçant une action égale et opposée à celles des masses en mouvement. Mais le poids lui-même de ces contre-poids exerce une action verticale intense dont le résultat est, soit de soumettre les bandages et les rails à des efforts supérieurs à ceux que nécessite leur conservation, soit de réduire l'adhérence et de produire la tendance au patinage et au déraillement. »

L'ingénieur s'est donc proposé de réaliser, sans le secours des contre-poids, l'équilibre horizontal et vertical des masses en mouvement. Dans ce but, les 2 cylindres ordinaires sont remplacés chacun par 2 cylindres superposés, d'une surface moitié moindre, dont les axes sont situés dans un plan incliné à l'horizon. Les tiges des pistons sont convergentes et l'intersection de l'angle qu'elles font est presque horizontal; leur mouvement est alternatif; elles se terminent par des glissières situées au-dessus du second essieu porteur.

A ces deux tiges s'attachent deux bielles agissant sur l'essieu moteur par une double manivelle, dont les deux tourillons sont aux extrémités d'un même diamètre. On se fera une idée très-nette du fonctionnement de ce mécanisme en supposant que la manivelle double représente la base d'un triangle dont les bielles sont les deux autres côtés, et dont les tiges des pistons sont les prolongements de ces côtés.

Les épreuves ont confirmé les prévisions de l'ingénieur. La machine ayant été suspendue et les roues motrices animées d'une vitesse correspondante à une vitesse de marche de 454 kilomètres, le déplacement horizontal n'a été que de 2^{mm},2 et le déplacement vertical de 5 millim. Tandis qu'une machine exactement du même type, mais avec deux cylindres ordinaires et des contre-poids, a donné pour une vitesse de 80 kilomètres seulement, un déplacement horizontal de 6^{mm},60 et de 42 millimètres verticalement.

La machine Duplex est alimentée par deux injecteurs Giffard; elle a ses roues motrices à l'arrière; leur diamètre est de 2^m,063; la charge sur les roues motrices est de 42,500 kilogr. La surface de chauffe totale est de 425 mètres carrés, dont 7,80 au foyer. On voit que les machines autrichiennes à grande vitesse se rapprochent d'avantage, sous le rapport

de la surface de chauffe, des machines françaises que des locomotives anglaises.

Le constructeur de cette machine pense qu'indépendamment de l'avantage qu'offre cette disposition de pouvoir atteindre, en toute sécurité, les plus grandes vitesses, il y a lieu d'espérer qu'en raison de la suppression des actions perturbatrices les plus graves, les conditions d'usure de la machine seront améliorées, et que la conservation de la voie fera plus que compenser l'excédant d'entretien du double mécanisme résultant de l'emploi de quatre cylindres.

2^o *Machine à marchandises* (Steierdorf) à cinq essieux couplés, exposée par la même société.

Cette machine, destinée au chemin de fer d'Orawitz à Steierdorf (Bannat), qui présente sur 17 kilomètres des rampes de 20 millimètres, et des courbes de 114 mètres de rayon, offre une disposition d'accouplement de cinq essieux permettant le passage dans des courbes de 90 mètres de rayon.

L'étude de cette disposition, provoquée par M. Engerth, pour remplacer l'accouplement à engrenage, qu'il ne considérait lui-même que comme une solution temporaire et incomplète du problème, a pris pour point de départ un mode d'accouplement par l'intermédiaire d'un faux essieu proposé par M. Kirchweger, directeur du service des machines du Hanovre.

Après beaucoup d'essais et de tâtonnements, l'un des ingénieurs de la société autrichienne, M. Pius Fink proposa la combinaison qui a été définitivement appliquée à la machine Steierdorf. En voici la description sommaire : l'essieu d'avant du tender porte au-dessus de lui, au moyen de deux supports à tourillons sphériques, un faux essieu qui est maintenu à une distance sensiblement constante de l'essieu d'arrière de la machine (essieu moteur) au moyen de deux tiges de guidage assemblées aux coussinets du faux essieu et de l'essieu moteur, et portant deux articulations sphériques.

L'essieu moteur et le faux essieu portent chacun une manivelle dont les boutons sont réunis par une bielle inclinée à tourillons sphériques. Cette bielle laisse en dedans la bielle d'accouplement des roues du train de la machine, ainsi que la bielle motrice.

Enfin, les manivelles du faux essieu et du premier essieu du tender, portant des tourillons sphériques, sont réunies par une bielle pendante qui est toujours verticale en voie droite.

Quand la machine passe dans une courbe, le premier essieu du tender et le faux essieu changent de position relative. L'essieu du tender prend une direction normale à la courbe, tandis que le faux essieu conserve une direction parallèle à l'essieu moteur. Dans ce changement de position, les supports du faux essieu s'inclinent ; celui-ci descend par conséquent d'une petite quantité tout en restant horizontal, et tout en restant à la

même distance de l'essieu moteur ; le parallélogramme formé par les manivelles du faux essieu et de l'essieu moteur, par la grande bielle inclinée et par les tiges de guidage, s'aplatit ou s'ouvre suivant la direction de la courbe ; le second parallélogramme, formé par le support, les manivelles du faux essieu, du premier essieu du tender et par la bielle pendante, se déforme également, et la bielle pendante cesse d'être verticale.

Ce système d'accouplement permet de transmettre à l'essieu du tender les forces agissant sur l'essieu moteur ; il n'a aucune tendance à déplacer les essieux et il ne modifie en rien leur charge.

La machine est attelée au tender par une cheville ouvrière. Elle est munie d'un frein à vapeur dont les quatre sabots agissent sur le sommet des roues du deuxième et du troisième essieu de la machine.

Les données principales de la construction sont :

Poids total servant à l'adhérence, y compris les approvisionnements de service, 46^t,750 ; surface de chauffe, 422 mètres carrés ; diamètre des roues, 4 mètre ; surface de la grille, 4^m,40 ; le poids porté par chaque essieu ne dépasse pas 9,500 kil., à cause de la faible dimension des rails.

Les essais ont montré que cette machine est susceptible de franchir des rampes allant jusqu'à 25 millimètres, et de passer dans des courbes de 400 mètres de rayon¹.

3^e *Machine à marchandises* à quatre roues couplées de Borsig à Berlin.

Ce type est exclusivement adopté sur la ligne de Cologne à Minden pour le service des trains mixtes et des trains de marchandises. On le trouve, en outre, sur un grand nombre de lignes allemandes. Les particularités qu'offre cette machine sont : une détente variable à double tiroir, applicable exclusivement aux machines à marchandises, une suspension à compensation destinée à maintenir une répartition constante du poids sur les trois essieux ; l'ensemble de la machine repose sur trois points ; les bielles d'accouplement sont d'une grande légèreté apparente, elles sont en acier fondu et n'ont été dressées qu'après la trempe ; les tiges de piston, les bielles, les manivelles sont en acier fondu ; les boîtes à graisse en fer forgé.

La surface de chauffe est de 93^m,50, dont 6 au foyer ; le nombre des tubes est de 456 ; leur longueur, 4^m,20 ; leur diamètre extérieur 49 millimètres. Les cylindres ont 0^m,43 de diamètre et 0^m,56 de course. Le poids porté par les deux essieux moteurs est de 24 tonnes ; le poids total de la machine et du tender en marche est de 50 tonnes, soit 535 kil. par mètre

1. Ce mode d'accouplement d'essieux non parallèles nous paraît avoir l'inconvénient de gêner le foyer, organe le plus important d'une machine ; d'absorber, par sa complication, une partie notable de la force motrice, et de présenter des pièces délicates telles que les tourillons sphériques.

carré de surface de chauffe. Le tender, avec ses formes massives qui datent de quinze ans, fait contraste avec la machine si légère d'apparence et si bien étudiée.

4^e *Machine de montagne* à quatre roues couplées, exposée par Hartmann à Chemnitz.

Le caractère particulier de cette machine est un truck ou bogie d'une disposition nouvelle placée à l'avant de la machine, et qui lui permet de passer dans des courbes de 85 mètres de rayon. Le châssis de ce truck, qui n'est supporté que par un seul essieu, est triangulaire; il est attaché à une espèce de cheville ouvrière qui lui permet de se mouvoir transversalement dans une certaine limite; ce truck supporte le corps de la chaudière par trois points qui permettent également un mouvement transversal. Cette locomotive a des cylindres extérieurs de 0^m,38 de diamètre et 0^m,56 de course; le diamètre des roues motrices est de 1^m,37. Le poids porté par un essieu est de 10 tonnes 1/2 au maximum. La surface de chauffe est de 78^m²,40, dont 6,40 au foyer. Le nombre des tubes est de 148; le poids de la machine pleine est de 28 tonnes.

CHAPITRE IV.

INDICATION DES MESURES A L'AIDE DESQUELLES LE GOUVERNEMENT POURRAIT SECONDER LES EFFORTS DE L'ACTIVITÉ PRIVÉE ET SUPPRIMER LES ENTRAVERES QUI PARAISSENT Y FAIRE OBSTACLE.

M. E. Flachat dit que l'excellence de la fabrication des machines locomotives est due principalement à l'emploi de machines-outils spéciales. Sous ce rapport, l'outillage des ateliers anglais et allemands, qui se renouvelle chaque jour en se spécialisant, est aujourd'hui très-supérieur à celui des ateliers français. Pour faire cesser cette cause d'infériorité dans la fabrication des machines, M. Flachat demande l'importation, aux droits du fer, des outils servant à travailler le fer pour la fabrication des machines.

D'autre part, l'acier fondu, mais un acier fondu d'une qualité analogue à celle de l'acier de cémentation fondu ou de l'acier Krupp, est destiné à rendre de grands services à la construction des machines locomotives. Il importe donc, pour stimuler la fabrication de cet acier et en accroître la consommation, d'ouvrir le marché aux qualités d'acier que jusqu'à ce jour l'Allemagne et l'Angleterre ont seules pu nous fournir.

M. Flachat termine par des considérations très-élevées sur les résultats fâcheux de la législation actuelle des brevets et sur l'insuffisance de l'en-

seignement professionnel parmi les ouvriers. Nous pensons devoir les reproduire textuellement :

« Un autre point sur lequel se porte l'attention en France, parce qu'il y constitue un obstacle de plus en plus sérieux aux progrès mécaniques, c'est l'influence de la législation des brevets. Depuis plusieurs années, un flot immense de brevets s'élève comme un rempart presque inaccessible devant les moindres comme devant les plus larges modifications du matériel des chemins de fer. Dans le vaste champ des dispositions mécaniques plus ou moins ingénieuses, appliquées puis délaissées, puis reprises en partie et appliquées de nouveau avec succès, l'ignorance, la spéculation ou l'intrigue ont tout ramassé et se sont approprié à la fois ce qui se fait, ce qui ne se fait plus, et ce qui a quelque chance d'être de nouveau appliqué.

« A mesure que la science découvre un principe nouveau, une loi, un corps ou de nouvelles propriétés d'un corps, une nuée de soi-disant inventeurs en traduisent immédiatement les applications à toutes les industries et s'emparent de l'usage le plus simple qui en pouvait être fait.

« Cette lèpre des faux inventeurs est facile à reconnaître aux marques d'ignorance que constate la rédaction même du plus grand nombre des brevets. Elle monte et tend à couvrir le corps tout entier de l'industrie ; elle constitue elle-même une industrie, une profession qui veille aux portes des ateliers, des bureaux de dessin, des laboratoires ; qui s'y introduit indiscrètement, déloyalement, pour épier les progrès des idées ou de l'étude, les devancer et s'en attribuer la propriété. Aujourd'hui, le secret d'une amélioration doit être bien gardé si son inventeur veut avoir le temps d'en faire l'essai. Il y a plus : l'employé le plus honnête, l'agent que sa situation attache aux travaux de l'industrie, devient incertain de savoir s'il gardera et exploitera lui-même, ou s'il laissera à celui pour lequel il travaille les idées que la situation qui lui a été faite fait germer et éclore en lui.

« A part la moralité négative d'une institution qui assure une prime aux plagiaires et aux employés indiscrets ou infidèles, si l'on considère le développement inouï de l'envahissement par les brevets du domaine de l'industrie et de la science, on reconnaît qu'il y a une impossibilité réelle à ce qu'un état de choses si contraire à tout progrès se maintienne.

« Nous présenterons enfin une dernière considération dont l'Exposition montre l'opportunité. Les ouvriers anglais et allemands, employés dans la construction des machines, possèdent, plus que les ouvriers français, les notions scientifiques spéciales à leur industrie. Pourquoi ? Ils n'ont pas l'intelligence plus apte à l'étude ; ils n'ont pas plus d'intérêt à s'instruire, non ; mais il leur est plus facile d'acquérir ces notions. L'enseignement entre, à cet égard, dans le courant des habitudes de l'ouvrier anglais. Des institutions gratuites et spéciales pour la jeunesse et pour l'adulte

offrent à la fois l'occasion de l'activité intellectuelle et du repos physique. L'adulte, qui y est conduit par le sentiment de son intérêt et de son devoir, y entraîne l'apprenti, et l'habitude les y ramène chaque jour.

« En France, de généreux et habiles efforts se font dans cette voie : trois écoles d'arts et métiers forment des hommes auxquels la carrière est ouverte, et dont le plus grand nombre atteint de belles positions dans les rangs du travail; puis viennent quelques centres d'enseignement gratuit. Mais ces rares institutions, au lieu d'être voisines du domicile de l'ouvrier, l'appellent à de grandes distances, exigent un changement de tenue et sont inconciliables aussi avec le besoin de repos qui suit la fatigue de la journée. Il faut cependant un enseignement scientifique à l'ouvrier mécanicien. Sans cet enseignement professionnel, la France restera inférieure aux autres nations dans les arts mécaniques. L'adresse et l'intelligence ne suffisent plus ici, il leur faut un guide; les sciences exactes peuvent seules le donner. Où trouver une occasion plus belle et plus opportune de provoquer l'intervention du gouvernement? »