

La première idée de la construction des chemins de fer n'est pas très-ancienne, si on les considère seulement comme un moyen de transporter les hommes et les choses avec une vitesse que l'organisation animale ne permet d'atteindre en aucun pays. Mais bien que ce dernier aspect constitue une ère toute nouvelle dans l'industrie de ces chemins, il faut remonter à cent quarante ans pour trouver le germe de leur invention.

C'est vers 1700 en effet que l'on commença à s'apercevoir dans les exploitations des mines de houille de Newcastle que les frais de transport des produits, jusqu'à la rivière de la Tyne, étaient considérables, à cause du mauvais état des chemins. On imagina alors de placer sur la ligne parcourue par les chariots faisant le service des mines, deux rangées de pièces de bois, qui eurent l'avantage de diminuer la résistance opposée à la traction et par conséquent les frais de transport. Les chemins de bois servirent ainsi de transition entre les chemins empierrés et les chemins de fer. Toutefois, ces chemins de transition ne furent pas de longue durée. Les pièces de bois s'usant trop vite furent bientôt recouvertes de bandes de fer plat sur lesquelles les chariots purent rouler encore plus facilement que sur les pièces de bois. On arriva de cette façon à réduire considérablement les frais de halage, c'est-à-dire à les rendre le dixième peut-être de ce qu'ils étaient précédemment. Bientôt enfin on supprima complètement le bois sous les bandes de fer, et celles-ci se transformèrent en rails

de fonte, et plus tard encore en rails de fer. Ces rails furent fixés dans de grosses pierres placées de distance en distance, puis on interposa des coussinets ou *chairs* en fonte entre les rails et les blocs de pierre. Dans les pays où le bois était à bas prix, les blocs de pierre furent remplacés par des traverses de bois, et enfin tout récemment on en est revenu à la première idée de mettre sous les rails deux rangées continues de pièces de bois.

Certes, avant que l'on eût songé en Angleterre à faire rouler les chariots sur deux rangées de pièces de bois, on avait employé le même moyen de temps immémorial dans le transport à petite distance des gros blocs de pierre et des matières assez lourdes pour ne pouvoir être traînées sur le sol ordinaire ; mais ces moyens ne constituaient pas un système : tandis que du jour où des chemins de bois furent établis d'une manière permanente, on s'est trouvé sur la voie de l'invention des chemins de fer, qui en effet n'ont plus tardé à remplacer les premiers.

Les chemins de fer restèrent pour bien dire en enfance pendant un siècle. Ils servaient très-utilement à l'exploitation des mines. Mais le but qu'on s'était proposé avait été de faire qu'un cheval pût traîner sur ces chemins une charge beaucoup plus considérable que sur les routes empierrées, et ce but une fois atteint, l'esprit d'invention se reposa.

Ce fut seulement vers 1806 que Trevithick, ingénieur anglais du plus grand mérite, essaya de remplacer la force du cheval, jusqu'alors employée au

halage sur les chemins de fer, par une machine locomotive à vapeur, qui, portée par les rails du chemin, devait tout à la fois se mouvoir d'elle-même sur ces rails et remorquer des chariots chargés de houille. Le succès ne couronna pas les efforts de l'ingénieur, et, de faits assez mal observés, on conclut qu'une locomotive ne pourrait sur un chemin de fer avoir un mouvement de progression, en traînant après elle un fardeau suffisant, à moins qu'un des rails de ce chemin ne fût muni latéralement de dents avec lesquelles pût engrener une roue dentée mise en mouvement par la machine. On imitait ainsi le cric, à cela près que la crémaillère devenait immobile, et que c'était le pignon qui changeait de place.

Cette idée due à M. Blinkinsop valut quelques succès à son auteur. Cependant on reconnut bientôt que ce système d'engrènement n'était pas nécessaire ; que la force d'adhérence qui existe entre deux corps superposés et que l'on veut faire glisser l'un sur l'autre, était assez forte entre les roues de la locomotive et les rails, pour qu'en appliquant directement la force motrice à ces roues on pût obtenir le même effet. On reconnut encore qu'il y avait certaines relations à établir entre le poids de la machine, sa force et la charge à traîner. C'était faute d'avoir établi cette relation que l'ingénieur Trevithick avait échoué quelques années auparavant.

Alors on fit des machines locomotives qui luttèrent de vitesse avec les chevaux en faisant un service utile ; mais ces machines construites exactement sur

le principe et la forme des machines ordinaires à haute pression, étaient lourdes comparativement à leur force. Ainsi, les plus grandes atteignaient à peine la puissance de huit chevaux.

Si l'on ne fit pas alors des machines à vapeur qui pussent donner sur les chemins de fer les bons résultats que fournissaient les machines stationnaires, ce n'était pas que l'on ignorât les causes auxquelles étaient dus ces résultats et les modifications que pouvaient subir les machines fixes. On savait alors comme aujourd'hui qu'on pouvait obtenir un tirage suffisant dans un foyer de combustion, au moyen d'une cheminée très-peu élevée ; mais on savait aussi que pour brûler un kilogramme de houille capable de transformer cinq kilogrammes d'eau en vapeur dans les fourneaux ordinaires, la section de la cheminée devait avoir un tiers de décimètre carré : ou qu'enfin rapportée à la production de la vapeur, cette section devait avoir un quinzième de décimètre carré par kilogramme de vapeur produite. Et comme les cheminées des locomotives ne peuvent même pas atteindre la hauteur d'environ huit mètres nécessaires pour obtenir ce résultat dans les fourneaux ordinaires, on dut reconnaître immédiatement que la section de cette cheminée et des conduits qui y mènent les gaz et l'air chaud, ne pouvaient avoir moins d'un dixième de décimètre carré par kilogramme de vapeur à produire. Enfin, comme il existe entre la section de la cheminée, la surface de la grille et la surface chauffée, un rapport indispensable pour obtenir le meilleur

effet, il en résultait que la grille devait avoir une surface d'un quart de décimètre par kilogramme de vapeur, et la surface chauffée quatre décimètres carrés.

On s'était autant que possible rapproché de ces conditions dans les machines locomotives construites jusqu'alors. Le plus souvent un tuyau intérieur recourbé deux ou trois fois sur lui-même conduisait l'air chaud de la grille à la cheminée. Mais ce tuyau, nécessairement fort court, avait peu de surface chauffée, et ne dépouillait pas assez la colonne d'air chaud de la chaleur qu'elle avait prise au foyer. Le résultat était mauvais.

En 1828, l'art de la construction des locomotives fit un pas. M. Seguin aîné prit en France un brevet d'invention pour une locomotive à chaudière tubulaire, dans laquelle un grand nombre de tuyaux établissaient une communication directe entre la cheminée et le foyer. Cette disposition avantageuse sous certains rapports, en ce qu'elle permettait de resserrer dans un petit espace une surface de chauffage considérable, était défectueuse en ce que la section des conduits de l'air chaud n'était pas en rapport avec la surface chauffée.

En effet, dans les chaudières de cette espèce la section de tous les tuyaux de conduite d'air qui devrait avoir $\frac{1}{40}$ au moins de la surface de chauffage dans les circonstances ordinaires de la production de la vapeur dans les chaudières, n'a guère que $\frac{1}{260}$ de cette surface, encore cette

section est-elle réduite à $1/400$ aux extrémités. Et comme la résistance de l'air croît en raison du carré de la vitesse, et que cette vitesse devient dix fois plus grande, il faut, pour opérer dans cet appareil le tirage nécessaire à une combustion ordinaire, cent fois plus de force aspirative que dans les appareils généralement en usage. M. Seguin établit au reste un aspirateur mécanique qui n'eut pas un succès complet.

Voilà où en était en 1829 l'industrie des nouvelles voies de communication, lorsque la compagnie concessionnaire du chemin de Liverpool eut l'heureuse pensée d'ouvrir un concours pour les machines locomotives. Les conditions étaient, que l'appareil fût porté par des ressorts; que son poids ne dépassât pas quatre tonnes et demie tout compris, et qu'il pût remorquer trois fois et demi son propre poids avec une vitesse de quatre lieues à l'heure, sur une partie du chemin qui était à peu près horizontale.

Certes aujourd'hui que ce modeste programme est si prodigieusement dépassé par des faits connus de tout le monde, on ne comprend pas trop comment le progrès demandé par cette société de spéculateurs a paru au-dessus des prévisions des constructeurs de l'époque, et comment on a pu dire qu'il était au moins très-audacieux d'en entreprendre la réalisation. Il fallait pour résoudre le problème sortir du cercle des idées qui étaient comme la monnaie courante de l'art de la construction des machines à vapeur.

Mais ces spéculateurs savaient sans doute qu'en poussant l'armée nombreuse et ardente des travailleurs dans une nouvelle direction, il y avait lieu d'espérer une moisson féconde pour les progrès de l'esprit humain. Ils savaient qu'il y a ainsi des moments de bonheur dans cette grande synthèse de l'intelligence, où un progrès inattendu est l'effet du hasard.

Aussi ne fallut-il rien moins qu'une de ces heureuses inspirations qui sont du reste le propre du génie et qui font que le génie échappe à l'analyse, il ne fallut rien moins qu'une de ces inspirations, pour que le concours de Liverpool ne restât pas sans effet. Cependant M. Stephenson vint, et la machine locomotive à grande vitesse fut inventée.

Que fit pourtant M. Stephenson ? Il prit l'invention de M. Seguin et lui donna la vie. Notre compatriote fut l'artiste habile qui cisela le nouveau coursier de fer et de feu, mais l'ingénieur anglais fut le génie bienfaisant qui lui mit le souffle dans la poitrine. La constitution organique du nouvel être ne lui donnait pas la force de respirer. Son second inventeur le doua d'une force aspirative cent fois plus puissante que celle produite par les hautes cheminées, et bientôt le jeu régulier de ses organes annonça que l'enfant était né viable. Toute la différence de principe entre la locomotive de M. Seguin et celle de M. Stephenson consistait en ce que, dans cette dernière, la vapeur convenablement dirigée à sa sortie du cylindre où elle avait produit son action sur le piston, déterminait dans la cheminée un vide partiel de l'air, qui à

l'instant était rempli par une nouvelle quantité d'air venu à travers le combustible, en vertu de la loi de l'équilibre des fluides. Ce fut une véritable respiration continuelle.

Puis, en très-peu d'années, on vit l'invention rompre les entraves du programme. La vitesse fut doublée, le poids décuplé. Et lorsqu'il plut à une main habile de tenir les rênes du coursier qui venait de sortir du cerveau d'un homme, de le lancer sans frein, on le vit bondir sur la voie et voler dans l'espace avec une vitesse que l'imagination avait peine à comprendre. De cette époque date la nouvelle ère des chemins de fer.

On se rappelle encore ces bulletins qui nous arrivaient avec les journaux de Londres. C'était chaque jour un nouveau succès à enregistrer, un nouveau phénomène en mécanique qui déroutait nos plus habiles ingénieurs. Et tandis que de l'autre côté de la Manche les faits étaient palpables pour tous, chez nous l'on se refusait de croire à ces relations qui paraissaient empreintes d'exagération. Peut-on dire toutefois que la locomotive actuelle a complètement résolu le problème de la locomotion sur les chemins de fer ?

Nous ne le pensons pas, puisque cette machine ne se prête pas à toutes les exigences de tracé des chemins ; puisqu'à mesure qu'elle accélère sa vitesse, sa puissance diminue, et qu'on peut dire qu'elle a la courte haleine, comme un cheval de course ; puisque son emploi n'est pas complètement à l'abri de tous

les dangers qui peuvent être prévus par la science ; enfin, puisqu'en trainant une même charge dans diverses circonstances, elle ne fait pas une dépense de vapeur en rapport avec la quantité de travail à exécuter.

Nous reviendrons sur cette question et nous démontrerons que le principe de la machine ordinaire à haute pression, détente et condensative, peut aussi s'appliquer aux locomotives des chemins de fer, avec plus d'avantage que le principe maintenant adopté pour ces dernières.

Nous allons examiner auparavant les conditions que l'emploi raisonné de cette locomotive impose aux tracés de chemins de fer et à leur exploitation, et l'on verra combien la solution incomplète d'un problème peut avoir de conséquences fâcheuses dans l'application.

Nous exposerons ensuite les motifs qui nous font croire qu'un progrès est devenu indispensable dans la science des chemins de fer, et que ce progrès est possible. Cette exposition sera aride comme l'est toujours le langage des chiffres. Nous dégagerons cependant notre raisonnement des subtilités analytiques qui n'auraient d'autre utilité que de saisir des nuances scientifiques dont la pratique fait trop souvent justice.

La première partie de notre travail contiendra les résultats fournis aujourd'hui par les chemins de fer. Dans la seconde partie nous démontrerons, au moyen d'hypothèses il est vrai, mais d'hypothèses que l'on

reconnaîtra n'être pas dénuées de fondement, que la question des chemins de fer peut recevoir une solution plus avantageuse dans son application que celle acceptée jusqu'à ce jour et surtout plus féconde en perfectionnements. Il est évident que nous arriverons ainsi à combattre le principe de la locomotive actuellement en usage ; mais nous n'en dirons que ce qu'en pense tout homme qui l'a étudiée. Au milieu d'excellentes qualités, dues surtout à l'habileté de ses inventeurs et à la perfection de ses détails, on peut lui reprocher des défauts ou plutôt des vices radicaux, parce qu'ils tiennent au principe même de son existence.



DE LA CONSTRUCTION
ET DE
L'EXPLOITATION
DES CHEMINS DE FER
EN FRANCE.

PREMIÈRE PARTIE.

ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DES CHEMINS DE FER.

CHAPITRE I^{er}.

De la locomotion sur les Chemins de Fer.

§ I^{er}. — *Considérations générales sur la locomotion.*

Le déplacement des corps, quel que soit le milieu dans lequel ils se trouvent et le véhicule employé, ne peut avoir lieu sans qu'auparavant ont ait vaincu toutes les résistances qui s'opposent au mouvement. Ces résistances sont de natures diverses, et le perfectionnement des voies de communication a toujours eu pour but de les réduire le plus possible. Ainsi, quand aux traîneaux on a substitué les voitures à roues; quand aux chemins frayés à travers les

champs, sans art et sans soin, on a substitué des chemins tracés dans de meilleures conditions, avec des pentes moins fortes et dont le fond était formé par des blocs de pierres qui étaient comme la fondation du chemin ; quand ces routes à gros matériaux ont été remplacées par des routes à petits matériaux, dites à la Mac-Adam, ou par des pavés de grès ; quand enfin ces deux systèmes de voie de communication sont à certains égards abandonnés pour les canaux ou les chemins de fer, le but qu'on s'est proposé et qu'on se proposera toujours a été et sera de diminuer la somme des résistances au mouvement. En dernière analyse, l'objet de la construction des voies de communication a été chez tous les peuples de faciliter le déplacement des hommes et des choses, en combinant ensemble la vitesse et le prix du transport. Par conséquent, chaque fois que l'on a voulu réaliser un progrès on a dû d'abord s'enquérir des causes qui s'opposaient à une célérité plus grande ou à une diminution de prix. C'est ainsi que successivement certains animaux ont été employés à porter à dos des fardeaux, puis à les traîner ; d'abord lentement, ensuite plus vite ; d'abord sur les routes, ensuite sur les canaux ; et chaque changement dans les habitudes a été la conséquence non pas seulement d'une découverte ou d'une invention, mais encore du besoin pressant qu'avait la société de s'étendre davantage, en vertu de la puissance prodigieuse d'expansion dont elle est douée. On peut donc dire que le perfectionnement des voies de communication

d'un peuple est un indice certain des progrès de sa civilisation. L'esprit d'invention isolé ne pourrait seul commander ces transformations. Avant de revêtir une forme saisissable, les innovations doivent en quelque sorte circuler dans la société à l'état de germe.

La société pressent donc ses besoins long-temps à l'avance, le génie développe les moyens de les satisfaire, et la sagesse applique ces moyens en temps convenable. Aussi voit-on le progrès marcher à pas lents malgré les avertissements de quelques esprits aventureux, malgré les essais hardis de quelques spéculateurs avides, malgré la prévision où est la société elle-même, que dans un temps peu éloigné peut-être le progrès qu'elle réalise aujourd'hui sera abandonné pour celui que la science indique.

La société n'abandonne définitivement un agent ou un principe que lorsqu'elle en a tiré tout le parti imaginable. Patiente dans ses transformations, elle se rattache toujours au connu pour aller à l'inconnu ; ne se débarrasse pas facilement de ses préjugés, et n'oublie pas vite ses préceptes. Dans l'ordre matériel, comme dans l'ordre moral, dans la science comme dans la politique, elle marche par secousse, par révolution, descendant rapidement, en quelques instants, la pente au sommet de laquelle elle a hésité des années. Alors entraînée dans son mouvement au-delà de ses prévisions et de ses besoins, elle reste quelque temps agitée jusqu'à ce qu'elle ait retrouvé l'équilibre dans lequel elle doit fournir une nouvelle période, écartant avec soin tout ce qui pourrait, avant

le temps, rompre cet équilibre et préférant une douce quiétude à la lutte qui mène au succès.

On ne peut expliquer autrement l'espèce de fièvre qui s'est emparée de la société en général, depuis le jour où une heureuse audace a ouvert un nouveau champ aux applications de la vapeur. Depuis un siècle l'idée des chemins de fer fermentait dans la société. La première pensée d'appliquer la vapeur aux voitures est peut-être aussi ancienne, et pourtant rien ou presque rien n'avait été fait pour donner aux idées reçues une forme pratique. On dépensait au contraire force millions pour les routes et les canaux de navigation ; et il n'est pas certain aujourd'hui, qu'à moins de changer la destination des derniers, pour en faire des canaux d'irrigation et des biefs d'usine, ils rendent jamais des services en raison des dépenses qu'ils ont occasionnées.

Quoi qu'il en soit, l'invention des chemins de fer à grande vitesse a été pour bien dire une solution de continuité dans l'art de la construction des voies de communication. Il y a eu changement d'agent et de principe, par conséquent inexpérience, préjugé, hésitation ; application de règles surannées à un nouvel ordre de choses ; appréciation des effets d'un nouvel agent par induction, et finalement agitation violente, et oubli momentanée des lois fondamentales de l'industrie des transports.

Ainsi l'on voit par l'abus le plus étrange des ressources sociales, appliquer la grande vitesse aux produits qui demandent plutôt une diminution de frais

de déplacement, et restreindre cette même vitesse pour l'échange de la pensée. Ainsi, en France, en Angleterre, en Allemagne, partout enfin où il existe des chemins de fer, il est telles villes qui peuvent échanger une balle de coton, en moitié moins de temps qu'il n'en faut pour recevoir une lettre ! Et la rémunération du service rendu à un homme ou à une matière par sa mise en rapport avec les agents qui lui donnent une valeur, comment est-elle déterminée ? Tandis que la plus petite fraction du service des transports sur les routes ordinaires est classée d'après la dépense qu'elle occasionne, que le salaire est réglé sur cette dépense, l'on voit au contraire l'oubli le plus complet de ces éléments d'économie sociale percer dans la fixation de la plupart des tarifs des chemins de fer. C'est que la libre concurrence qui oblige de calculer les plus minimes dépenses, la concurrence qui stimule l'activité et l'esprit inventif des entrepreneurs, la concurrence enfin qui fait rechercher les plus petites chances de gain avec patience et tenacité, ne préside pas malheureusement à l'exploitation des chemins de fer. C'est qu'aussi dans ces vastes entreprises dont l'intelligence d'un seul homme ne saurait embrasser les plus petits détails, il est difficile de faire justice de ces préférences accordées par l'esprit de monopole à telle ou telle branche de service, parce qu'un concurrent mieux avisé ne vient pas profiter d'une maladresse ou d'un faux raisonnement et faire triompher la saine raison.

Est-ce à dire que l'État doive concéder plusieurs lignes parallèles de chemins de fer dans le but d'éta-

blir entre les industriels une lutte d'intérêt qui soit profitable à la société ? Non sans doute ; mais sans créer plusieurs lignes parallèles de fer, ne pourrait-on imiter ce qui se passe sur les routes ordinaires ? L'État est en réalité l'entrepreneur de nos grandes routes, et chaque particulier qui veut y faire circuler des voitures, lui paie une redevance. Ce système vaut bien celui de l'aliénation au profit d'une compagnie d'une partie de la propriété publique aussi importante que celle des voies de communication. Car en supposant que la redevance à payer à l'État dût rester fixe, quelle que fût la circulation sur un rail-way, ce qui n'est pas nécessaire, la concurrence s'exerçant sur le service des transports, porterait rapidement ce service au plus haut degré de perfection, et la société y gagnerait. Il est vrai que, pour qu'il soit permis d'espérer un tel résultat, il faut démontrer la possibilité d'un service multiple sur les chemins de fer comme sur les routes ordinaires, sans que les chances d'accident en soient multipliées, et sans que la régularité du service ait à en souffrir. Aussi verra-t-on dans la deuxième partie de ce travail que l'établissement d'un service de ce genre ressortirait tout naturellement de certains perfectionnements dans la locomotive, comme le système du monopole est sorti de l'invention primitive.

Quoi qu'il en soit, il faut distinguer deux choses dans la création des voies de communication :

D'abord le *tracé* et l'*exécution* de la voie pour lesquels un gouvernement ne doit pas seulement consulter les chances de bénéfice, mais encore considé-

rer les ressources qu'il crée pour l'avenir; — puis l'*exploitation* qui devra être ingénieuse à se plier aux besoins généraux de la société et à satisfaire même ses fantaisies. Le premier rôle appartient à un gouvernement riche et fort, le second ne convient qu'à des particuliers.

Le tracé des voies de communication étant fait en vue du meilleur emploi des moteurs destinés à les desservir et de la plus grande économie des ressources publiques, considérations d'économie politique à la hauteur desquelles un gouvernement peut seul s'élever; il ne reste plus à rechercher dans la locomotion que la vitesse convenant à différents cas donnés. C'est alors que l'on voit, par une succession ordinairement rapide de tentatives dirigées avec sagacité et persévérance, surgir de la libre concurrence des moyens auxquels on n'avait pas d'abord songé et que le monopole aurait difficilement enfantés. Alors chaque manifestation d'un besoin nouveau trouve un esprit patient qui se voue à la recherche des moyens propres à lui donner satisfaction. Et dans l'industrie des transports, par exemple, on voit les objets se classer suivant leur poids et leur valeur, et à chaque classe correspondre un moyen, un véhicule, une vitesse qui n'appartiennent pas aux autres. Ainsi les marchandises de poids et de peu de valeur feront trois kilomètres à l'heure sur les canaux, là où elles trouveront cette voie économique. Là où cette voie n'existera pas, ces marchandises resteront enfouies dans le sol. Sur les routes ordinaires le roulage accéléré transportera à la vitesse de 4,5 de

lieue à l'heure, les produits manufacturés et certaines matières premières. Enfin les diligences feront deux lieues et demie à l'heure, et la poste quatre lieues. Mais le monopole pouvait seul imaginer de faire voyager sur les chemins de fer les voyageurs de toutes classes et les marchandises de toutes espèces à une vitesse commune, se contentant d'établir une distinction dans la forme des véhicules.

§ II. — *Des résistances opposées à la locomotion.*

Le tracé d'une route doit être soumis à des lois ayant leur cause déterminante dans la nature du moteur à y employer ; et, en général, il faut maintenir la balance entre les frais que l'on peut appeler les inconvénients de la construction, et l'économie des transports qui représente les avantages de la route.

Lorsqu'il s'agit de la construction des chemins de fer à grande vitesse, sur lesquels on est obligé d'avoir recours à des moteurs inanimés, il convient d'avoir égard au mode d'action de ces moteurs pour les mettre dans les meilleures conditions de travail. Et si l'on s'écarte de ces meilleures conditions, il faut que cet oubli des règles de la locomotion, soit motivé par une économie dans les frais d'établissement, qui rétablisse la balance. Il faut aussi se garder d'une perfection prématurée dans les instruments de travail

d'un peuple, et les voies de communication ne sont pas autre chose, car la perfection est coûteuse et l'on peut, en voulant l'atteindre, tarir les sources de la prospérité publique.

Nous concevons que l'on rectifie aujourd'hui les tracés de nos grandes routes pour en diminuer les pentes en allongeant le parcours; mais nous concevons aussi que nos pères aient construit ces routes suivant la plus courte distance, en acceptant des pentes plus fortes. La dépense se trouvait ainsi en proportion avec leurs ressources financières, et ce système de viabilité correspondait aux besoins de l'époque. Certes s'ils avaient tout d'abord exécuté leurs routes comme nous les voulons aujourd'hui, nous n'aurions pas à les refaire; mais les dépenses plus grandes dans lesquelles ils auraient été entraînés, auraient détourné infructueusement une partie des capitaux du pays, et la marche du progrès s'en serait ressentie.

Nous croyons donc que ce serait agir sagement que d'imiter nos devanciers, en restreignant la perfection des chemins de fer à la mesure de nos besoins; et sans nier les avantages absolus de cette perfection, nous ne pensons pas qu'elle puisse nous procurer des bénéfices en rapport avec les sacrifices qu'elle impose.

Les partisans des chemins de niveau disent, avec quelque apparence de raison, que, même après les perfectionnements introduits dans les routes ordinaires, ces routes présentent encore des en-

traves au commerce des transports. Si les montées se font sur des rampes de cinq centièmes d'inclinaison, le travail des chevaux sur les voitures est plus que le double de ce qu'il est dans les parties de niveau. Ils ont en outre à élever leur propre poids. Par conséquent ils vont plus lentement et fatiguent davantage dans ces montées. Si les rampes sont plus fortes, les conditions de travail changent dans un rapport encore plus grand, et il faut avoir recours aux chevaux de renfort pour le roulage, ou se résigner à diminuer la charge beaucoup au-dessous de celle que l'attelage peut traîner sur un chemin horizontal; et cette charge est nécessairement déjà diminuée par l'introduction d'une pente plus forte, sur un point particulier du tracé que sur le reste.

Quant aux voitures traînées au grand trot, elles diminuent beaucoup de vitesse dans ces passages, et la vitesse moyenne en est notablement affectée. On conçoit qu'il y a telle montée, par exemple, qu'un cheval ne peut gravir, même sans charge. Par conséquent plus on approche de cette limite, plus on diminue l'effet utile du moteur animé, dont le maximum, pris d'une manière absolue, est donné par son travail sur un chemin horizontal.

Faut-il, en suivant les mêmes errements dans la construction des chemins de fer, perpétuer les entraves du commerce ?

M. Edmond Teisserenc, celui des ingénieurs qui a le mieux étudié l'exploitation des chemins de fer, répond à cette objection dans son dernier rapport

adressé à M. le ministre des travaux publics, en comparant les frais d'exploitation de plusieurs chemins sur lesquels les pentes varient du simple au décuple. La dépense de locomotion paraît peu modifiée par les inflexions du tracé ; mais, chose étrange, le minimum de dépense appartient aux chemins qui renferment le maximum de pente.

Quoi qu'il en soit, le mode de travail du moteur employé sur les routes ordinaires, joint aux considérations d'économie publique qui obligent à créer des instruments d'une perfection en rapport avec les besoins d'un peuple, a sans doute fait proscrire, sur les routes ordinaires, les pentes excédant cinq centièmes d'inclinaison.

Puis quand l'expérience a démontré que le frottement des véhicules en usage sur les chemins de fer n'était que le dixième du frottement des voitures sur les routes empierrées, on a sans doute conclu à la réduction des pentes sur ces chemins au dixième de ce qu'elles étaient sur les routes ordinaires. Et l'on a été conséquent.

On a été conséquent, parce qu'en considérant sur ces nouveaux chemins le travail du moteur animé employé sur les routes ordinaires, on reconnaît que les conditions de travail avec des pentes de cinq millièmes sont les mêmes que sur les routes avec des pentes de cinq centièmes. C'est-à-dire qu'au delà de cette limite, il faut recourir, pour le roulage exécuté avec lenteur, à des chevaux de renfort, et pour le transport plus accéléré à une diminution notable de

vitesse, également préjudiciable pour le résultat final.

On a été conséquent, parce qu'en considérant le moteur inanimé maintenant en usage sur les chemins de fer, on reconnaît que les conditions de travail sont pour lui les mêmes que pour le moteur animé. Les mêmes phénomènes se reproduisent dans une échelle différente des vitesses de mouvement. Jusqu'à présent l'on n'a jamais songé à l'introduction, dans les tracés de ces chemins, de pentes plus fortes que cinq millièmes, sans reconnaître qu'alors on devrait avoir recours à une locomotive de renfort. L'emploi de cette locomotive qui resterait constamment en feu au bas de la rampe et augmenterait les frais de transport d'une manière notable, dans les longues lignes surtout, a été le seul motif allégué pour rejeter ces pentes. Il est vrai que les résultats constatés par M. Teisserenc détruisent ces craintes ; mais ils démontrent en même temps l'imperfection du moteur en usage, puisqu'il n'y a nulle économie à espérer pour le prix des sacrifices faits dans le but de faciliter son travail.

Nous allons examiner quel est le travail de la locomotive dans l'acte des transports sur les chemins de fer.

La force de traction des locomoteurs sur les chemins de fer a pour objet, comme sur les routes ordinaires, de vaincre la résistance opposée par les diligences et les wagons à leur mouvement de progression, plus les résistances présentées par le loco-

teur lui-même s'il est inanimé et porté par les rails. C'est le cas que nous considérons ici.

Or ces résistances sont de deux sortes pour les diligences et les wagons parcourant un chemin droit et de niveau : 1° la résistance provenant du frottement des essieux dans les collets et des roues sur les rails, résistance qui est proportionnelle au poids des chariots ; 2° la résistance due à l'action de l'air et qui est proportionnelle au carré de sa vitesse combinée avec celle du convoi. Pour la machine locomotive, ces résistances sont de quatre sortes, dans les mêmes conditions du chemin : 1° la résistance de la voiture, résistance de même espèce que celle des wagons et qui est comme celle-ci proportionnelle au poids ; 2° les résistances passives propres au mécanisme ; 3° la résistance due à l'effort même exercé par la machine pour le halage de la voiture locomotive et des wagons ; 4° enfin la résistance de l'air.

Ces différentes résistances sont aujourd'hui bien connues, grâce aux expériences de M. le comte de Pambour (1). Celle due au frottement des essieux et des roues des wagons, des diligences et de la voiture même de la locomotive, a pour mesure $\frac{1}{333}$ de leur propre poids, c'est-à-dire du poids total mis en mouvement, chargement compris. Les résistances passives propres au mécanisme peuvent être estimées moyennement à 24 kilogrammes. La résistance proportionnelle due à l'effet du tirage de tout le train,

(1) Traité théorique et pratique des machines locomotives.

est le sixième de la résistance même de ce train et par conséquent $1/2000$ de son poids. Enfin la résistance de l'air qui varie avec la vitesse de progression du train sur la voie et avec le nombre de voitures dont il est composé est égale à kilog. 0, 0051 par mètre carré de surface, présenté par le train à la résistance directe de l'air avec une vitesse combinée d'un kilomètre par heure. Or la surface présentée à la résistance directe de l'air par un train, est composée de la surface totale antérieure du plus haut wagon, plus d'une quantité constante pour les autres voitures, la machine elle-même et son convoi d'approvisionnement étant compris dans le nombre.

En connaissant la surface moyenne du plus haut wagon et la constante à ajouter, nous pourrions déterminer, pour tous les cas de vitesse et de système d'exploitation, l'influence de la résistance de l'air sur la locomotion des chemins de fer.

L'auteur déjà cité estime qu'au chemin de Liverpool à Manchester, dont la largeur de voie est égale à celle des chemins français, la surface résistante du plus haut wagon ou de la plus haute diligence est moyennement de mètres 6, 50, et que la constante à ajouter est d'un mètre carré pour chacune des autres voitures, si la distance qui les sépare est de mètre 0, 60 à 0, 70.

Nous sommes maintenant en mesure d'estimer le travail exécuté par une locomotive pour traîner un convoi donné à une vitesse déterminée. Mais on voit déjà que ce travail doit être une moyenne prise entre

les différents cas de l'exploitation des chemins de fer, puisque la résistance de l'air sera proportionnellement moindre si le convoi est composé d'un plus grand nombre de voitures.

Le chemin de Liverpool à Manchester joignant deux villes populeuses dont l'une est le comptoir de l'autre, semble être dans les meilleures conditions pour fournir de grandes masses de marchandises et un grand nombre de voyageurs à transporter à la fois. Certes, à cet égard, si l'on en excepte les chemins-promenades des environs de Paris, les rail-ways français n'auront pas de trains aussi considérables. Cependant nous voyons que dans l'espace d'une année, du 30 juin 1833 au 30 juin 1834, il a été transporté sur ce chemin 415 747 voyageurs en 6 570 voyages, ce qui ne fait que 64 voyageurs, terme moyen, pour chaque parcours. Ce chiffre suppose des trains composés de cinq voitures au moins et de six au plus, compris les voitures vides mises en plus à chaque convoi.

Pendant la même année, il a été transporté environ 152 000 tonnes de marchandises sur ce chemin, en 5 086 voyages. C'est trente tonnes par voyage. Ce poids de marchandises suppose neuf wagons chargés, à quoi l'on peut ajouter deux wagons vides pour compenser les retours sans charge ; soit en tout onze wagons.

En définitive, la moyenne du nombre de voitures, tant wagons que diligences, pour les 11 656 voyages exécutés sur le chemin de Liverpool, année 1833-34,