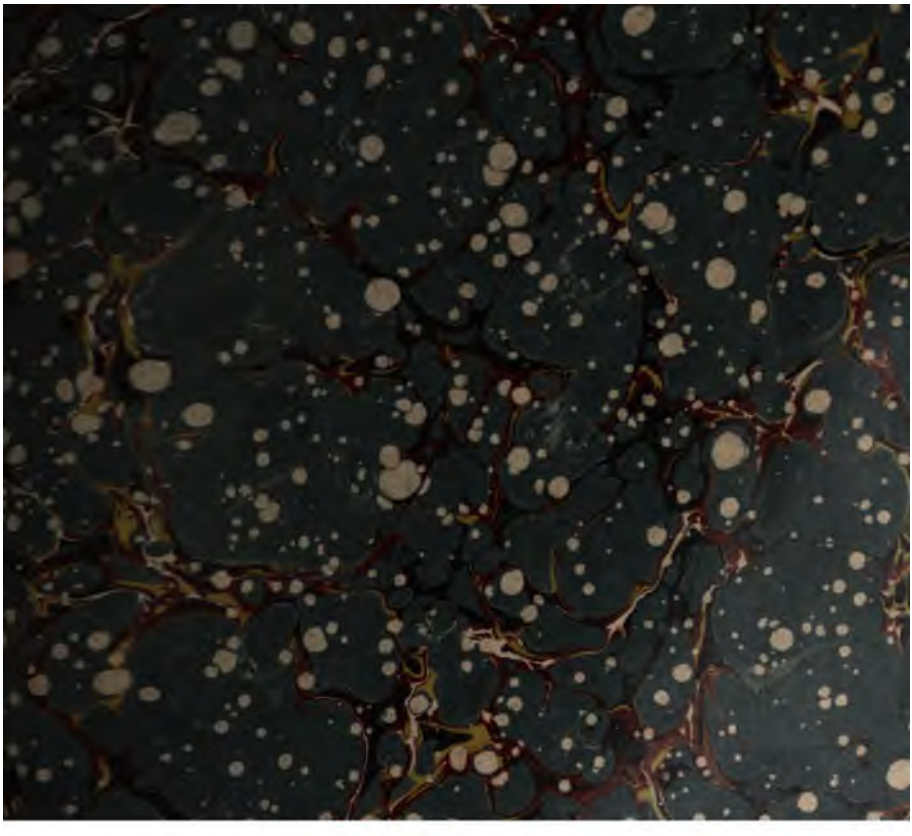


=244
17

LONDON:
GRANT AND CO., PRINTERS, 72—76, TURNMILL STREET, E.C.

[redacted]

RAILWAYS

OR

NO RAILWAYS.

RAILWAYS

OR

NO RAILWAYS.

NARROW GAUGE,		BROAD GAUGE,
ECONOMY		COSTLINESS
WITH	*v.*	WITH
EFFICIENCY.		EXTRAVAGANCE.

By ROBERT F. FAIRLIE.

"The truth appears so naked on my side—
So clear, so shining, and so evident—
That any purblind eye may find it out."
HENRY VI.

LONDON:
EFFINGHAM WILSON, ROYAL EXCHANGE.
1872.

LONDON:
GRANT AND CO., PRINTERS, 72—76, TURNMILL STREET, E.C.

To His Grace
THE DUKE OF SUTHERLAND, K.G.,
&c., &c., &c.

My Lord Duke,

I esteem myself singularly fortunate in being permitted to dedicate to Your Grace, as one of the chief promoters of increased facilities for intercommunication, the following effort to extend a knowledge of the principles upon which "Railways of the Future" must eventually be constructed.

I have the honour to remain,
Your Grace's
Humble and obedient Servant,

R. F. FAIRLIE.

TABLE OF CONTENTS.

PAGE.

INTRODUCTION 7

Summary of advantages claimed for the narrow gauge by General Buell, upon which Mr. Seymour founds his "Review" 13, 14

Mr. Seymour's remarks on the comparative cost of broad and narrow gauge roads up to FORMATION LEVEL, in opposition to General Buell's estimated saving of 23 per cent. for the narrow gauge 16

Demonstration of the fallacy of Mr. Seymour's statements, and corroboration of General Buell's estimate ..... 17—19

Railway progress in Norway—the trial and abandonment of the LIGHT BROAD GAUGE, and adoption of the narrow gauge. Mr. Carl Pihl's development of the narrow gauge, and its great economy in constructive cost, compared with the broad gauge 20

Mr. John Fowler and Mr. John Hawkshaw's comparative estimates of two equally constructed and equipped lines on 5 ft. 6 in. and 3 ft. 6 in. gauges for India 23

Mr. Charles Douglas Fox on "the difference of cost between two (broad and narrow) gauges" 23

The Toronto, Grey, and Bruce Narrow Gauge Railway, Canada 23, 24

Comparison of cost between the Toronto, Grey, and Bruce Railway and an ordinary 5 ft. 6 in. gauge line over the same ground 24, 25

Evidence of the economy of the Denver and Rio Grande Railway 3 ft. gauge as compared with the Kansas Pacific Railway 4 ft. 8½ in. gauge..... 25

Speech of Mr. Carl Pihl in Canada, at the opening of the Toronto, Grey, and Bruce Railway, on the advantages of the narrow gauge 25, 26

PAGE.

Mr. Seymour's mistake in including shops, stations, &c., as part of the cost of road-bed up to the formation level 27

Mr. Seymour's argument against General Buell's second and fourth claims for economy in the superstructure and rolling stock 27

Demonstrating the incorrectness of these views, with particulars of the cost of superstructure, showing General Buell's estimated saving to be correct..... 27—29

Showing the fallacy of the claims usually made in favour of light broad gauge lines worked with two ordinary engines coupled back to back, in substitution for efficient narrow gauge worked by Fairlie engines 31, 32

Mr. Fowler's tabulated estimates for two equally constructed and equipped lines, on 5 ft. 6 in. and 3 ft. 6 in. gauges, between Kotree and Moultan, India ..... 32—34

Cost of transferring goods from narrow to broad gauge lines 35, 64, 65, 114

Progress of narrow gauge in America 36

Weight of rails governed by the weight on driving wheels of locomotives 37

Extraordinary advantages which would accrue from the employment of Fairlie engines in working the enormous coal traffic to London 37

Demonstration of the fact that locomotive engines, weight for weight, are more powerful on the narrow than on the broad gauge 38

Width of gauge limits the power of ordinary locomotives, whilst gauge in no way controls the power of Fairlie engines..... 39, 40

Mr. Seymour illustrates his view of the only difference in cost which can be claimed for the narrow against broad gauge rolling stock 40

The fallacy of this view proved..... 40, 41

Paying and non-paying weight of freight trains in America 41

Fallacy of the statement that if narrow gauge is adopted the length of trains must of necessity be increased..... 42

Paying and non-paying weight of passenger, goods, and mineral trains in the United Kingdom 42

Paying and non-paying weight of passenger, goods, and mineral trains in France 42, 43

Proportion of width of cars to the gauge of railway, and of length of wheel base of each vehicle to gauge, at the same time securing steadiness in running 44, 50

PAGE.

Letter from Mr. J. Slater, of the Gloucester Wagon Company, proving a saving of FIFTY PER CENT. in the cost of maintenance of narrow gauge (4 ft. 8½ in.) stock compared with broad gauge (7 ft.) stock of equal capacity; showing also that the capacity of the narrow gauge is equal to the broad 47, 48

Speed attainable with safety on the narrow gauge 48, 49

Demonstrating the absurdity of Mr. Seymour's statement that the cost of locomotives, provided the same amount of power is used, will be no greater for the wide than the narrow gauge 49

General Buell's last claim for economy between the paying and non-paying weight on broad and narrow gauge lines. The ingenuity displayed in building in India and our Colonies 5 ft. 6 in. gauge roads, and running on them stock the same width (or capacity) as now used on the 4 ft. 8½ in. gauge roads. What becomes of the necessity for the extra width of gauge? 50

Demonstrating by existing practice the great economy in dead weight alone of narrow against broad gauge lines ..... 51—57

French traffic statistics for 1868 57

Taking French practice as a basis, showing how much dead weight is reduced in carrying 127,598 tons on the narrow compared to broad gauges, and the saving of £787,500 in one year on six French lines 57

Mr. Seymour's further illustrations of his views in favour of broad gauge ..... 58—62

Advantages claimed by Mr. Seymour by adopting narrow gauge stock on broad gauge roads, and the demonstrations he gives of the fallacy of his own reasoning 63

Mr. Seymour an advocate for break of gauge. Gen. McCallum's demonstration that break of gauge, under certain conditions, is a great advantage 63, 64

Cost of transferring freight from one gauge to another on different railways 65

Comparison of frictional resistance of wheels of different diameters and gauges—results of experiments of MM. Vuillemin, Guébhard, Dieudonné, and Wood ..... 65—68

Third, fourth, and fifth advantages claimed by Mr. Seymour for placing narrow gauge stock on broad gauge lines 68, 69

The fallacy of these supposed advantages summarised 69, 70

Angles of stability. American and Norwegian stock 70

PAGE.

Influence of curves on different gauges in the resistances of trains 72—75
Mr. Seymour's intelligent teamster showing what he really would do were he driven to work traffic in the proportion it is now done 78, 79
General McCallum's report as to work done by locomotives on the New York and Erie Railroads 82
Mr. H. S. Goodwin's report respecting work done by locomotives on the Lehigh Valley Railway 82, 83
Mr. Seymour's reasons for recommending a 5 ft. gauge for the Union Pacific, and a 4 ft. 8½ in. gauge for the Texas Pacific Railways 85, 86
Description of the Festiniog Railway, its rolling stock and cost of working ..... 87—105
M. Nördling's and Baron von Weber's report of experiments on the Orléans Central Railway ..... 105—108
Construction of narrow gauge railways justified where lengths exceed three miles 109
Tabular statistics of three narrow gauge lines 110
Report of Mr. D. P. Sullivan to the Austrian Minister of Public Works on the Fairlie system 111
Report of M. von Nördling to the Austrian Minister of Public Works on the Fairlie system 112
Signor Biglia's (of the Italian Public Works Department) report on narrow gauge railways 113
Photographs of Fairlie 3 ft. 6 in. gauge carriage stock built for the Dunedin and Port Chalmers Railway, New Zealand. . *facing* 116
Summary of advantages of 3 ft. and 3 ft. 6 in. gauge railways .. 117
Photographs of Fairlie 3 ft. 6 in. gauge wagon stock, built for the Dunedin and Port Chalmers Railway, New Zealand. . *facing* 118
Summary of advantages claimed for the Fairlie engine 119
Photograph of Fairlie engines built for the Dunedin and Port Chalmers Railway, New Zealand, 3 ft. 6 in. gauge .. *facing* 120
Photograph of Fairlie engines built for the Mexican Railway, 4 ft. 8½ in. gauge ..... *facing* 120
Photograph of Fairlie engines built for the Patillos Railway, Peru, 2 ft. 6 in. gauge ..... *facing* 122
Photograph of Fairlie express mail engine for the Grand Russian Railway, 5 ft. gauge ..... *facing* 122
Denver and Rio Grande Railway, report on, by Mr. S. Bowles .. 124
Reply to Mr. Ramsbottom's report against the principle of the Fairlie engine. *Illustrated* 134
Paying load and dead weight diagrams 143

INTRODUCTION.

THE rapidity with which railways on a narrower gauge than that of 4 ft. 8½ in. are now being constructed in the United States, and in other parts of the world, is regarded with many misgivings by a large number of engineers, who imagine that they see in this departure from an orthodox practice, the establishment of a system that shall be of comparatively little service, that will entail loss, direct and indirect, and that the progress of civilisation and the development of wealth which the construction of railways has hitherto so vastly promoted, will be retarded if not stayed where lines of 3 ft. or 3 ft. 6 in. shall supersede those broader roads in the belief of which they have been educated. In short, engineers of this class maintain that because a width of 4 ft. 8½ in. has been hitherto made the standard, that therefore a reduction of this width can only give efficiency diminished in proportion as the rails approach each other, while the actual outlay for first construction is but slightly affected, and the subsequent cost of

working and of maintenance remain unaltered. It is only a short time since Mr. Hawksley, the President of the Institution of Civil Engineers, remarked in the course of an address delivered on the occasion of his election to the presidential chair (the highest professional honour the Institution can bestow), that a new gauge of absurd dimensions (3 ft. $3\frac{3}{8}$ in.) had been introduced into India, at the instance of some unknown crotchety person, to inflict upon the country all the evils of break of gauge, and all the inconveniences of an inefficient railway accommodation, when there already existed a magnificent railway system which, when completed, would fulfil every requirement.

Unfortunately for India, her railways have been made too magnificent, and the comparatively short mileage now constructed has been built at a stupendous outlay, to accommodate a very small traffic. And this same remark holds good in Australia, where the advocates of broad gauge are straining every effort to extend the ruinous system with which the country is already burdened. But in England authoritative opinion against the introduction of the narrow gauge and its necessary adjuncts is not so much expressed as implied; argument gives place to action, powerful in check-

ing true railway progress, and other motives are too often apparent in the course taken to achieve this end.

In the United States, on the other hand, the case is widely different: opinion finds free vent among the members of the profession, and with the greatest earnestness, and with much ability, the merits of both sides of the case have been universally discussed; while thousands of miles of narrow gauge line have been commenced, which when completed will practically and thoroughly decide the now much-vexed question. To this characteristic energy (it is scarcely two years since I had the pleasure of advising upon the details of the first great narrow gauge railway with the directors of the undertaking) the world will owe a debt of gratitude, and the great problem of railway progress will have been solved years earlier than if it had been left in the hands of the more prejudiced and less progressive engineers of this country.

Interested as I am in the matter of narrow gauge railways, for I have during many years devoted my best energies—with no small success—to proving the numerous and great advantages to be derived from their adoption, I gladly take

advantage of the opportunity afforded me in the document recently published by the Hon. Silas Seymour, of New York, upon the question of Narrow Gauge Railways, in answer to a report prepared by General G. P. Buell, Chief Engineer of the Texas Pacific Railroad, in which he advocated the adoption of a 3 ft. 6 in. gauge. This report was submitted by Marshall O. Roberts, Esq., President of this Railroad, to Mr. Seymour for an opinion, as the Board of Directors did not feel justified in assuming, unadvised, the responsibility of adopting a narrow gauge for a great trunk line 1,500 miles in length.

In his reply Mr. Seymour has taken much pains to prove the fallacy of the arguments in favour of narrow gauge, and is apparently desirous of treating the subject with the utmost justice; but, unfortunately, he has not taken the trouble to make himself acquainted with existing experience, and treats the whole question theoretically. Had he made use of information lying ready to his hand, it is probable that his pamphlet would never have been written; certainly it would have been vastly modified, and he would have been enabled to touch the vital points of the question, which he has now failed to do.

But as his "Review" may be regarded as representative, expressing the opinions of narrow gauge antagonists, I have thought it well to analyse, paragraph by paragraph, the whole of Mr. Seymour's arguments, and to prevent any confusion, I have quoted them in their proper order, and appended my own comments.

With these few remarks, then, I place my reply to Mr. Seymour's "Review" before the public, who must judge the case, and I beg them to bear in mind the following extract which I have borrowed from the appendix to his pamphlet, so true and just it is, so *apropos* to the matter under discussion :—"The question to be decided, therefore, in determining the proper width of gauge to be adopted on any given line of railway, is not whether a gauge of 6 ft. possesses greater capacity than a gauge of 4 ft. 8½ in., but rather *what width of gauge is the best adapted to admit of such a construction of machinery as will more profitably overcome the resistance of the line, and that will meet the nature and extent of traffic, present and prospective.*"

ROBERT F. FAIRLIE.

Victoria Street, Westminster, London, S.W.
April, 1872.

THE

TRUE PRACTICE OF NARROW GAUGE.

In the absence of General Buell's Report, which I regret that I have not seen, I cannot do better than quote Mr. Seymour's summary of it, together with the chief advantages he claims for a narrow gauge railway. "I have read" (in paragraphs 1 to 6), he says, "the Report of your Chief Engineer, General G. P. Buell, in which he recommends you to adopt a gauge of 3 ft. 6 in. in preference to that of 4 ft. 8½ in., or the 3 ft. gauge, for the Texas Pacific Railroad, extending from the Mississippi Valley to the Pacific Ocean, a distance of 1,500 miles.

"The confidence and earnestness with which your Chief Engineer presents his views, and urges the recommendations upon this important subject, show, beyond a doubt, that he is entirely honest in his convictions; and they are therefore entitled to full and fair consideration.

"He admits in his Report that your road will necessarily come into competition with two other great trunk lines to the Pacific; and he claims that it already has advantage of the other route in climate, distance, and economy of construction. He also claims that the whole subject hinges on the three points—speed (which is time), capacity, and economy; and that these three points are secured by the adoption of a gauge 1 ft. 2½ in. narrower than the gauge of the other two grand competing lines, and which has been in general and successful

use throughout the civilised world during the past half-century.

"The five following reasons are given for recommending the 3 ft. 6 in. gauge in preference to the one of 4 ft. 8½ in. :—

"1. That in the construction of the road-bed, &c., the difference will be 30 per cent. of cost of narrow gauge.

"2. That in the construction of the superstructure the difference will be 45 per cent. of cost of narrow gauge.

"3. That with proper construction of rolling stock, a speed of 35 to 45 miles an hour can be attained with perfect safety.

"4. That in the construction of rolling stock the difference will be 50 to 55 per cent. of cost of narrow gauge.

"5. That in the loaded train of mixed freights and cars on the 3 ft. 6 in. gauge, the percentage of dead weight to load will be about $\frac{1}{100}$; while in the similar train on the broad gauge road the percentage of dead weight to load is about $\frac{75}{100}$."

The Report thus summarised, Mr. Seymour proceeds as follows:

> [illegible] of *Mr. Seymour's "Review."*—"I cannot concur with your Chief Engineer, either in the premises which he assumes, or in the conclusion at which he arrives. Although I will admit that, assuming everything else to be only equal, if either one of the reasons which he gives can be satisfactorily proven true, he will have gained his case."

[illegible] paragraph, Mr. Seymour shows that he is "honest in [illegible] and he gives proof of a full desire to deal with [illegible] in an unprejudiced way, and to view it fairly [illegible] Nay, more, he indicates how much he [illegible] really at heart when he says that General [illegible] has [illegible], should he be able to prove [illegible] of the narrow gauge. This is [illegible] antagonist, and I trust that the [illegible] when Mr. Seymour shall become a warm

advocate of a system he admits to be the right one if it comprises the three requirements of safety, efficiency, and economy.

> *Paragraphs* 8 to 10.—"The great difficulty, however, will be found to rest in obtaining this satisfactory proof. Take, for example, the construction of the road-bed. I should want to see two parallel lines of equal length, and running over precisely similar ground, constructed, one for the wide, and the other for the narrow gauge, having equal margins for right of way, drainage, slopes, bermes, &c., and then the difference of cost could be correctly ascertained. But in the absence of such a test, I cannot admit that there is anything like the difference claimed for this one item, in favour of the narrow gauge."
>
> "But as this test never has, and probably never will be made, it only remains to show, by *indirect* or *negative* demonstration, that the proposition cannot be true."
>
> "If I understand the proposition (which is stated somewhat ingeniously), it is, that if the narrow gauge road-bed costs 10,000 dols. per mile, the wide one will cost 13,000 dols., the difference being $\frac{3}{13}$, or about 23 per cent."

In justice to Mr. Seymour, I should regret to assume for a moment that he desires the statement in the eighth paragraph to be taken otherwise than in a figurative sense; he can hardly wish it to be believed that he would require to see two railways of different gauges *constructed* over the same ground before he could ascertain the difference in cost of each. An engineer of his standing must be accustomed to make estimates, and could easily ascertain this difference of cost for himself. What would be thought of any one who would state—supposing that he were applied to for an opinion upon the relative cost of different designs for a bridge to span a given opening—that he would require to see the designs constructed and erected before he would admit the difference of cost between them? It is the business of the engineer to ascertain such details to a nicety, and they can be found exactly. To suppose, therefore, that Mr. Seymour wished to convey the absolute meaning of this

paragraph would be to make him be a devoid of all knowledge of his professed business, and my further argument would be thrown away upon him.

As he says "such a case never has and probably never will be made" it remains, therefore, to show, by *direct* and *positive* demonstration, that his assertions in this point are not true.

It is scarcely fair on the part of Mr. Seymour that he has only stated General Duell's conclusions without also giving some of the details by which those conclusions were arrived at; as, however, he has omitted any mention of these from his "Review," I will endeavour to check the results which the General has submitted by the experience already obtained in practice, and the opinions of some of our leading engineers based on that experience.

And first as to General Duell's estimated reduction of cost of road-bed for the narrow gauge of 25 per cent. Mr. Seymour says:—

> *Paragraphs* 11, 12, 13.—"Perhaps I cannot illustrate my idea of the error better than by assuming an average mile of grading, masonry, &c., to be fully completed, and ready for the superstructure of the wide gauge: and then, by assuming that a longitudinal section, extending the entire length, and one foot two and a half inches in width, be taken out of the centre, and the sides brought together, so as to close the vacant space. We should then have a perfect road-bed for the narrow gauge; and the question to be determined would be the relation which the longitudinal section so taken out bears to the road-bed as left complete for the narrow gauge."
>
> "The side slopes of excavations and embankments, which often contain more material than the prism, would, of course, remain the same. The side drains, bermes, and the wings, end walls, and copings of culverts, would also remain the same. If truss bridging occurs, the entire masonry and superstructure of this would remain the same for both gauges, for the reason that the width of bridges required for passing cars of the widest gauge has been found none too great to allow of the requisite lateral bracing to keep the bridge in perfect line and adjustment."

"The road-bed for the wide gauge is generally 14 ft. in width at grade, but I assume that 12 ft. in good material is quite ample. By taking out the longitudinal section referred to, there would remain 10 ft. 9¼ in. for the narrow gauge bed: but reducing this width to 10 ft., which I presume would be considered as equally ample, and the actual saving in the prism would be only one-sixth, or about 16 per cent. When we add to this reduced prism the cost of the other elements, which remain the same in both cases, and consider that the shops, station-houses, platforms, &c., &c., would also remain substantially the same, the actual percentage of saving in total cost would become so small, as compared with the amount claimed by your engineer, that his first reason for recommending the adoption of the narrow gauge loses nearly its entire force."

In the eleventh paragraph—the first in which Mr. Seymour approaches argument—the fact that he has failed to grasp the true narrow gauge practice is clearly manifest. He regards the question from a point of view common to all those who take up the subject for the first time, or who regard narrow gauge at the best as a temporary makeshift, not as an efficient substitute for the broad gauge. He imagines that a railway of 3 ft. 6 in. in width, as compared with one 4 ft. 8½ in. wide, is reduced in efficiency, as the width apart of the rails is diminished, whilst the cost remains almost the same; and, as a natural consequence of a very imperfect knowledge of the subject, he loses sight of the great advantages of narrow gauge—its efficiency and economy in working—and considers as most important the economy in construction. Now, although this economy in construction is a matter of vast importance in all cases, and of vital moment in many—for there are hundreds of thousands of miles of country waiting to be developed, but wanting the means to build and to work broad gauge roads—though this saving of first cost is so large, it is rather an incidental than a fundamental advantage. The experience of railway engineers "during the last half-century" has given to the world a system of railways for the most part 4 ft. 8½ in. gauge, and built with

certain widths of formation, and gradients, bridges, viaducts, and tunnels, all proportioned to the width of track, and these roads are built for rolling stock which must be unduly heavy for the very partial loads they are compelled by the exigencies of traffic to convey; for the best practice proves that a mixed freight on lines doing the heaviest business can only be conveyed with a vast extravagance in hauling power, due to the grand disproportion necessarily existing between the vehicles and the available loads they are made to carry. And this condition of things, inseparable from railroads of 4 ft. 8½ in. gauge and upwards, entails all the extra cost due not only to construction, but to rolling stock, maintenance, power required for haulage, and to the renewals of the permanent way. Further on, I shall propose to enter into the question of rolling stock, at present I mention it incidentally to show that the primary error in orthodox railway construction—that of excessive size of vehicles—is carried of necessity down to the road upon which they run.

That very many railways built after this fashion are profitable in their working, is no proof that the same lines built upon the true principles of economy would not have been more profitable, any more than the experience of "half a century" has left nothing to be desired in railway construction. Indeed, this experience has led some few, and will soon conduct all, to the conviction that a complete railway reform is required—that of narrow gauge—and if we investigate the matter closely, we shall see that as we descend from the outrageously broad gauge of our own Great Western, we approach more nearly to true economy, until leaving behind the empirical 4 ft. 8½ in., we reach a point where the maximum of advantage, combined with a minimum of cost, culminates.

Even regarded as Mr. Seymour wishes narrow gauge to be regarded, as broad gauge on a reduced scale, his reasoning in paragraph eleven is erroneous, for while to make the former he

cuts out a prism 1 ft. 2½ in. wide in the middle of the track of the latter, he forgets that with the narrow gauge it is possible to reduce materially the heights of embankments or the depth of cuttings in due proportion; nor does he make any allowance for works on side-lying ground. I grant that if he assumes the same gradients, and only 2 ft. reduction in formation width, the saving obtained would be but 16 per cent. of the prism, but this assumption is a false one. *An average mile of properly designed narrow gauge road, ready for grading, is not an average mile of standard road, with a piece cut out of the centre.*

The true narrow gauge practice permits a closer adaptation of grade to the natural surface than is attained (I speak of a railway practice as the "half-century's" experience has made it) on the broad gauge, hence lower banks and shallower cuttings, least felt on horizontal, and most on side-lying ground. It involves a great reduction of formation width, because the running weights are less, and require less supporting area. By the facility it possesses of employing sharper curves, in difficult country, heavy works are reduced in cost, and tunnels are for the most part avoided, or where they are absolutely necessary, the labour in making them is less. So with bridges and viaducts, and in fact with all the works coming under the head upon which a saving of 23 per cent. is claimed by General Buell. And although Mr. Seymour may wish to prove, by cutting down the construction expenses, that the cost of the broad gauge is but little in excess of that of the narrow, it will be seen that he can effect this only with the result of a miserably built road, which shall cost more in maintenance than is saved in construction, and which shall be inefficient into the bargain, whilst on the other hand, the cheap narrow gauge line will be more capable of serving the traffic profitably than the best broad gauge he could lay down.

In the absence of the data upon which General Buell founds his conclusions as to cost, I am not in a position to criticise

his detailed estimates for the Texas Pacific Railroad; if I were, I venture to believe that I should find that he has in no way under-estimated the expenses. It must suffice, therefore, to show that his alleged "difference of 30 per cent. of narrow gauge," or, as Mr. Seymour puts it, 23 per cent. on the cost of the broad gauge, for works up to formation level, is not excessive, but compares favourably with the experience available in narrow gauge railway construction, and of which Mr. Seymour is unfortunately ignorant.

As the earliest and most important examples of successful narrow gauge construction, I may refer to the Norwegian system introduced since 1861 by Mr. Carl Pihl, and now being extended as fast as the means of the country are available. The first railways in Norway were built by Mr. Robert Stephenson about 1854, on a 4 ft. 8½ in. gauge, and at a cost of more than £11,000 a mile. It was clear that the traffic to be obtained could never pay for such an outlay, and Norway was in a position in which many countries stand to-day—she had to choose between cheap railways or none. Naturally, she chose the former alternative, and her able government engineer, Mr. Carl Pihl, devoted himself to the construction of the least expensive lines possible upon the standard gauge. In this he succeeded so far as to reduce the cost to £6,350 a mile, including stations and rolling stock, *but no workshops*. This was a great advance, but again the same alternative stood before the government, and this time Mr. Pihl resolved upon the radical reform which has rendered railway extension possible through districts where distances are great and traffic small. He resolved upon adopting the same gauge which General Buell has recommended to his directors, and succeeded in cutting down the cost per mile for one line to £3,142, for another to £5,300, and for a third to £4,600, including rolling stock, stations, *and workshops*, and taking his line through most difficult country, over which a large amount of rock cutting,

tunnelling, and bridging occurred, some of the viaducts being over 70 ft. in height and of great length. And it must be remembered that this reduction in cost was effected without the adoption of very sharp curves, for although "the greater facility of traversing sharp curves is a decided and no small advantage to be gained by the use of the small gauge" (I quote Mr. Pihl), this advantage was not made use of in the early Norwegian lines, though I believe some of the later ones are built with curves of very small radius. I have no doubt that Mr. Seymour may answer to these comparative figures that the nature of the ground may have been more favourable for the smaller gauge, but we have Mr. Pihl's statement that this was not the case. And I may advantageously quote this gentleman's deductions of absolute difference of cost between the two systems. He finds that the average difference in height of cutting and bank on the 4 ft. 8½ in. gauge, as compared with 3 ft. 6 in., is as 13 to 10, and taking the example of an embankment 50 ft. in height with slopes of 1 to 1, the proportions of earthwork in the two systems stand as 7 to 4, and not as about 32 to 31, as Mr. Seymour would make out in a parallel case. But General Buell doubtless made allowance for greater slopes than 1 to 1, in which case the difference would be less than in the case taken for illustration. Probably in deference to the standard railway practice, Mr. Pihl adopted for his formation width 12 ft. 6 in., a dimension which subsequent experience has shown to be excessive. And though Mr. Seymour considers that 10 ft. may be enough, I prefer to take the more reasonable width of 3 times the gauge, or 10 ft. 6 in., which is ample, and which was recommended by Mr. John Fowler in his report to the Indian Government. But I cannot for a moment admit Mr. Seymour's assumption that 12 ft. would be found sufficient for the formation width of a 4 ft. 8½ in. gauge. Of course he *could* build his line upon such a formation, but he would find that the maintenance expenses would far more than counter-

balance the saving in first cost; and as I am supposing an efficient line to be the object sought, I can allow of no less width than 14 ft., and I am sure no experienced engineer will differ from me on this point. We have then a formation width of 14 ft. compared to 10 ft. 6 in., and an average height in bank of 13 ft. as compared with 10 ft., taking the Norwegian conditions as a standard. If we assume slopes of 1½ to 1, the areas of such banks as I have supposed will be 435 ft. and 255 ft. respectively, whilst Mr. Seymour's bank, with 12 ft. formation, would contain 409 ft. The contents of the 3 ft. 6 in. bank would be but 58·6 per cent. of the 4 ft. 8½ in. bank, or 62 per cent. of Mr. Seymour's embankment, which latter would contain 94 per cent. of the properly designed earthwork on the broad gauge. If we suppose that the works upon the line do not average so great a height as mentioned above, and assume them to be only 4 ft. on the average for the broad, and 3 ft. on the narrow gauge, we shall still find the difference to be 44 per cent. in favour of the latter. The foregoing remarks hold good in the case of cuttings, and in an equally marked degree; the narrow gauge permitting of a nearer surface grade, the allowance for side drains need not be so large. In rock cuttings and tunnels, the difference is of course less, because the formation width of the broad gauges can be reduced considerably in passing through such works.

With the reduction in the height of cutting and bank would follow a proportionate saving in the material required for culverts, and a reduction would be also effected in the bridges. How great could be the economy on this item, depends of course on the nature of the country over which the line passes; it is certain that the heights of the bridges and viaducts would be considerably decreased, for the same reason that the earthwork is reduced, and the smaller width would affect also the weight of the roadway, 25 per cent. being cut out of the width of the superstructure. The main girders may be made lighter,

and these would still further be lightened, because the total passing load per foot run would diminish with the gauge. Mr. Seymour's assumption that the width cannot be reduced on account of the loss in lateral stiffness, is not correct, except in those occasional circumstances wherever very long spans are a necessity. If it were so Mr. Pihl's light and narrow viaducts 70 ft. in height ought to have fallen long since; but they stand, to refute Mr. Seymour's argument. But while it is impossible to arrive at an exact conclusion upon the question of bridges without exact data, I may mention that Mr. John Fowler in advising the Government of India to adopt a 3 ft. 6 in. gauge, estimated the saving in the cost of construction at 10 per cent. as compared with the bridges necessary for a 5 ft. 6 in. line, and Mr. John Hawkshaw, although an opponent to narrow gauge, assumed a greater saving. The estimates of these two gentlemen were prepared with great minuteness, and were based on the actual quantities of a given road. But facts are not wanting on this, nor indeed on any point connected with the saving in building narrow gauge lines. Mr. Charles Douglas Fox has had a large experience on the subject. He says:—"The difference in cost between the two gauges is made up chiefly of the items of earthwork, bridges, culverts, ballast, and sleepers, and in the first and most important item, a large saving is effected by the use of sharper curves than would be advisable on a wider gauge." This remark was made in reference to the Toronto, Grey, and Bruce Railway of Canada, built by Mr. Fox on the 3 ft. 6 in. gauge, and his experience is interesting because it bears out that of Mr. Pihl, and shows that General Buell is probably quite within the mark when he claims a difference of 23 per cent. in favour of narrow gauge. Thus, Mr. Fox says also in reference to the Toronto, Grey, and Bruce, "Whereas a 3 ft. 6 in. line would cost 15,000 dols. per mile, a 5 ft. 6 in. line, sufficiently strong to take the rolling stock of the main lines, would cost 23,000 dols., but I believe

a broad gauge line of similar construction and equipment to the narrow gauge line proposed could be constructed for 20,000 dols. per mile. That this estimate of the comparative cost is correct is evident, first, from the results of actual surveys made by the company, of a considerable portion of the line upon which the detailed comparative estimates were based; second, from the experience of ourselves and others as to the cost of lines of different gauges in Norway, Sweden, India, South America, and Australia; and it is further thoroughly confirmed by the estimates given by Mr. Reid and Mr. Shanly for a railway of the 5 ft. 6 in. gauge from Guelph to Mount Forest. This line, over an almost perfectly level country, and almost entirely without bridges, as I can testify from personal inspection, without rolling stock, and, as Mr. Shanly described it, "of flimsy construction," is estimated at 15,500 dols. per mile. Add to this the same allowance for rolling stock which has been taken for narrow gauge, namely, 2,000 dols. per mile, and there are only 2,500 dols. left per mile, out of my price of 20,000 dols. to provide for the considerable difference in the earthwork and bridging upon the other route, and for making the construction substantial, though light, instead of "flimsy." Again, "Of one thing I am convinced, that if the railways in question are carried as in accordance with my recommendations, they will be found to answer fully all the requirements of the district, and to effect such economy of construction, combined with really excellent materials, as never could be obtained in the broader gauge." These remarks, made by Mr. Charles D. Fox in 1868, have been fully substantiated by subsequent results. Let me compare the Toronto, Grey, and Bruce 3 ft. 6 in. line, which cost 13,000 dols. per mile, without rolling stock, with an ordinary 5 ft. 6 in. line over the same route, which would have cost 21,000 dols. Assuming that the cost of a 4 ft. 8½ in. line over the same ground would have decreased in proportion to the gauge, such a road would have cost

17,800 dols. per mile against 13,000 dols., showing a saving of 27 per cent. on the finished line. The ballast, permanent way, &c., would be rather more than that of the works up to grade, and would reduce the saving to 25 per cent., which is more than Gen. Buell has claimed that he can do on the Texas Pacific Railroad.

More recent evidence bearing directly upon this point of economy is afforded by the engineers of the Denver and Rio Grande 3 ft. gauge railway, running from Denver, in Colorado, to the city of Mexico, and now being rapidly built. Except in the mountain districts, this line is being completed for 14,000 dols. per mile, including stations, engine and carriage buildings, workshops, and snow sheds; whilst the Kansas Pacific Road, 4 ft. 8½ in. gauge, laid out by the same engineers, and built by the same contractors, through exactly similar country, cost 22,000 dols. per mile, showing a saving of 8,000 dols. per mile, or more than 36 per cent.

On the occasion of the opening of the Canadian light railways last summer, Mr. Pihl made a visit to America, and in the course of a speech during the ceremonial he stated that he "was led to adopt this gauge rather than a narrower one, or the usual gauge of 4 ft. 8½ in., from the result of close calculation, which satisfied me that on it can be combined a maximum of capacity, comfort, efficiency, and safety with the minimum of construction and working expenses. If, on the other hand, the gauge is reduced to 3 ft. or less, stability, comfort, and economy are sacrificed, while with the 4 ft. 8½ in. or greater gauge, expenses are multiplied in many departments without corresponding increase of useful effect. It must not be supposed, however, that economy depends wholly on the gauge. But rather that it is the basis on which to proportion the various works and carriages necessary to carry the required amount of traffic. Thus, by adjusting the size of the locomotive in such a manner that you get, for example, a pressure on each driving wheel of not more than 3 or 3½ tons, you are enabled to use lighter

embankments, bridges, and rails, and decrease the expense of repairs in these important elements in the cost of a railway. I am often asked the exact difference between the cost of a railway on a gauge of 3 ft. 6 in. and 4 ft. 8½ in. It is difficult to make definite comparison, as every railway is different. *I believe, however, that it may be stated generally that the narrower gauge can be built for say one-third less.* In working I can give a better test by supposing a mixed train with three passenger coaches with places for 96 passengers, but containing only 60 people, and 14 goods wagons on a line with a ruling gradient of 1 in 100. In Norway the narrow gauge passenger coaches weigh 4·1 tons, goods wagons 3·3 tons, locomotives 16 tons. Estimating each passenger at 140 lb., and the load of freight at 70 tons, there is in all 148½ tons. On the 4 ft. 8½ in. gauge, the three passenger coaches weigh 6·4 tons each, and freight cars 4·3 tons, and engine 20 tons; adding the same amount of freight and passengers, the sum is 173¼ tons, or 18 per cent. saved in locomotive power on the narrow gauge. Should the comparison be made with existing styles of carriages on 4 ft. 8½ in. and 3 ft. 6 in. railways in this country, the result would be much more favourable to the narrow gauge."

Were it worth while I could quote the experience obtained upon the subject in Russia, Sweden, Australia, India, New Zealand, and South America; but I think I have said enough upon this point, and may now dismiss it, with a passing reference to the Count Bobrinsky, whose energy and skill, ably assisted by Professor Saloff, have introduced railway reform into Russia, where the Livny railway has been built, at a cost of 40 per cent. less than a broad gauge would have cost over the same ground.

Surely my assertion has been justified, that if Mr. Seymour had been acquainted with the barest facts connected with the subject he has taken in hand to discuss, his "Review" would never have been written, or would at all events have received important modification.

I do not understand how Mr. Seymour can include the cost of shops, stations, platforms, &c., in the expenses up to grade level. These items are independent of the cost of any line; they must therefore be separated. Excessive amounts may be expended on the station works of a 3 ft. 6 in. line, and mere sheds may be made to do service on the wider gauge, the difference in cost of which would go far to reduce the percentage of saving. It is evident, therefore, that this element cannot be introduced, excepting so far as this, that a narrower gauge requires less width of buildings, and that—the structures being similar—the expense of building them would be less:

> *Paragraphs* 14, 15, 16.—"By the same process of reasoning, the second and fourth reasons given by him, in which he claims that 45 per cent. will be saved in cost of superstructure, and from 50 to 55 per cent. in cost of rolling stock, may be shown to be equally erroneous."
>
> "The saving in cost of superstructure, the weight of rails remaining the same, will be only the value of a section 1 ft. 2½ in. in length, cut from the centre of each tie."
>
> "The requisite weight of iron rails is generally supposed to be governed by the weight resting upon each driver of the engine; and as this weight creates the adhesion, and therefore governs the power, it follows that, with the same weight of train, it must be equal upon both gauges. If it is claimed that the same amount of tonnage can be hauled with greater economy, by multiplying trains, and using lighter engines, then I maintain that the same principles can be applied upon the wider gauge with equal economy, and, therefore, that no greater weight of rail is required."

It is scarcely fair towards General Buell, that Mr. Seymour states the saving claimed for the superstructure of the 3 ft. 6 in. is 45 per cent. The General says that the difference will be 45 per cent. *of the cost of narrow gauge*—in other words, that the actual saving would be about 32 per cent. "By the same process of reasoning" as I have previously used I may show that this amount is not much if at all excessive. There exist

three elements of economy under this head; 1st, the rails; 2nd, the ties; 3rd, the ballast. The weight of rails for a 3 ft. 6 in. line, as efficient as a 4 ft. 8½ in. line, may be considerably less, and in this is to be found the greatest item of saving. Mr. Seymour very truly says that the weight of the rails is governed by the maximum weight per engine wheel, but, as I shall show, the weight per wheel for a Fairlie narrow gauge engine—to do the same duty as an ordinary engine of 4 ft. 8½ in. —is less, and, therefore, the rails may be decreased, so that instead of—say a 64 lb. rail—a 45 lb. rail will be enough. The ties may of course be reduced to correspond. For a gauge of 3 ft. 6 in. sleepers 6 ft. long by 8 in. by 4 in. are ample, as compared with the 9 ft. by 9 in. by 4½ in. of an ordinary line, and in its turn the ballast is also reduced, because of the less stress coming upon it from the rail through the sleepers. Thus while we should require for a 4 ft. 8½ in. line with 64 lb. rails, ties of the scantlings given above, and ballast 9 in. below the bottom of the ties, we shall find, and experience bears out this statement, that on the 3 ft. 6 in. gauge with rails 45 lb. per yard, and ties 6 ft. long by 8 in. by 4 in., 6 in. of ballast below the ties will be sufficient. The saving in the materials of the latter construction will be:

In rails	30	per cent.
In ties	48	„
In ballast	44	„

The latter item would in reality be more, because I have neglected the effect of the formation slopes; the difference shown, however, is enough to establish General Buell's statement. On the other hand, the cost of permanent way fastenings would be almost the same in both cases; this is, however, but a small item. The approximate cost of rails for the 4 ft. 8½ in. gauge would be 9,500 dols. per mile, for ties 1,500 dols., and for ballast 3,000 dols. On the 3 ft. 6 in. gauge

this would be reduced to 6,650 dols., 870 dols., and 1,680 dols. respectively, equivalent to a total saving of 34 per cent.

I have assumed above only a direct proportional saving in the cost of sleepers for a 3 ft. 6 in. gauge as compared with a 4 ft. 8½ in., to show the actual reduction *if price decreased only in the ratio of the diminished scantling*, but in reality the cost is very largely reduced on account of the smaller sizes. In illustration of this I may mention that at the present time the same merchants are supplying me with sleepers for a 4 ft. 8½ in. line at the rate of 2s. 8d. per sleeper, and with others of exactly similar quality for a 3 ft. 6 in. line at 10d. each. The reason of this is, of course, because the larger scantlings cut to waste, while the others can be produced out of smaller, and consequently cheaper, timber. In a mile of average single track are 2,112 ties, so that at the prices I am now paying, the comparison would stand thus:

For the 4 ft. 8½ in. gauge 2,112 ties at 2s. 8d.	=	£281	12s.
For the 3 ft. 6 in. gauge 2,112 ties at 10d.	=	88	0

So that while the saving in material is 48 per cent., the actual cost is considerably less than one-third.

Upon this showing, General Buell's estimated saving on the superstructure is as reasonable as that which he claims for the works up to formation. Let me now consider the characteristics of the line obtained at this reduced cost, as compared with the standard broad gauge line with which I have been making the comparison. We shall have a line 14½ in. narrower in gauge, with a reduced formation width, with heavier gradients, sharper curves, and lighter rails, and therefore it may be argued of less carrying capacity and efficiency; but this is the point to which I now wish to call attention, and I maintain that, properly worked, such a line is at least as efficient as any broad gauge. I admit at once, that if the narrow gauge be regarded only as a reduced copy of the larger one, its capacity and efficiency decrease in a more rapid ratio

than its reduction in width, for if locomotives of the ordinary type be employed, the light rails and the narrow space between them limit the power, the heavy gradients still further affect the load to be carried, and the sharp curves may again set a limit to the wheel base. Therefore I say that such a line as I have been considering would be useless except under very special circumstances where small traffic and low speeds were required. Such an example exists in the Broelthal Valley Railway with a gauge of 2 ft. 7 in. and miniature rolling stock of the orthodox type. We must look, therefore, to a totally different method of working narrow gauge railways if we are to make them as efficient as the broader lines. We must have engines whose power is not limited by the width apart of the rails, to draw the heaviest loads required, and the same engines, whilst possessing ample weight to mount the ruling gradient and full capacity for traversing the sharpest curves, must still throw upon the rail a minimum weight per wheel. Given such a locomotive, and all the alleged inefficiency of the narrow gauge vanishes, and the advantages it possesses are developed. The chief of these advantages is the facility it gives of establishing *a fitting proportion between the weight of the vehicle and the load it has to carry*—in other words, the reduction of dead weight. As the most important feature connected with railway economy and the narrow gauge theory, this question of dead weight and engine power should have been first discussed, but in following Mr. Seymour's arguments I have been compelled to invert the order of things, owing, as I said, to that gentleman having assumed the least important point to be of the most consequence. For this reason I have been obliged to anticipate argument by conclusions, and to make assertions before I have shown them to be correct (I speak, of course, only with reference to this pamphlet; in the numerous documents I have already given to the world I have demonstrated the problem with the utmost clearness). These arguments will fall into

their proper places as I follow up the thread of Mr. Seymour's "Review."

And here I may be met by the temporising advocates of light construction on a broad gauge, those engineers who, admitting, as they are forced to admit, that the standard system is too costly, wish to effect a compromise by preserving their cherished gauge, and building a light road. They say: "We, too, will have surface lines" (which I was the first to advocate in 1864). "We will have the same steep gradients and sharp curves as you have on your narrow gauge, the same weight of rails; the same railway, in short, as you propose, excepting that the rails shall be wider apart by 1 ft. 2½ in. We shall have, it is true, the slight increase of cost due to the centre width; but we shall have all the advantages of the broader gauge, and as we shall not be isolated from other railway systems, we shall avoid the serious evil of loading and unloading our cars in making transfer of freight from one line to the other." To which I reply that the difference of cost even of such a line would still be of great importance over long routes of scant traffic, that if ordinary engines be employed, they must be made lighter than the Fairlie engine, which distributes its weight over so many points; the maximum weight per wheel being fixed by the rail, the power of the broader gauge ordinary engine would be greatly lessened, and besides this reduced power, the dead weight of vehicles would be increased, again subtracting from the useful work of the engine, so that the latter would be labouring over the compound disadvantages of limited weight available for adhesion, and of having to carry behind it a greater proportion of dead weight in its rolling stock. To overcome this acknowledged drawback, the expedient of coupling two engines back to back has been tried, but it requires small consideration to show that this is but a poor makeshift, for if the whole of the adhesive weight be utilised, either a long rigid wheel base, or unsteady running engines, which cannot take the curves freely,

is the result; if a forward bogie be added, the engine adapts itself to the curves at the expense of much adhesive weight, whilst if such a pair of engines be uncoupled and worked separately (which is one of the advantages claimed by the advocates of this system), the individual duty of each is comparatively insignificant, whilst double the cost would be incurred for labour in driving two engines coupled together.

With regard to the exact amount of saving to be obtained by the adoption of a substantial narrow gauge, instead of a so-called "light broad gauge," I cannot do better than briefly refer to what has already been proved by experience, and give the opinions of some eminent engineers. I have already mentioned that Mr. Carl Pihl was enabled to construct light railways at an average cost of £6,350, and we have seen the estimates for the Toronto, Grey, and Bruce Railway of Canada.

These stood as follows, for the same route :—

For the 3ft. 6 in. gauge per mile, 13,000 dols. without rolling stock.
For the 5ft. 6 in. „ „ „ 18,000 dols. „ „ „

For the rolling stock in each case 2,000 dols. per mile was allowed. If we reduce the cost per mile of the light 5 ft. 6 in. gauge to one of 4 ft. 8½ in. the cost per mile would be about 15,000 dols., or 15 per cent. more than the narrow gauge.

The estimates submitted by Mr. John Fowler to the Indian Government as to the comparative cost of the 5 ft. 6 in. and 3 ft. 6in. are so carefully and precisely worked out that I reproduce them here.

In these estimates exactly the same conditions are preserved for obtaining two lines of equal strength, (see note on page 34,) the proportions only are fairly reduced. The total cost per mile of the light 5 ft. 6 in. railway would be £5,397, as compared with £4,543 per mile on the 3 ft. 6 in. gauge, or a saving of 16 per cent. on the smaller gauge. This percentage would of course be reduced, if the comparison with a 4 ft. 8½ in. gauge was adopted; but even then 10 or 12 per cent. would rest in favour of the narrow gauge.

I.—Estimated Cost of Light Railways from Kotree to Moultan, and from Lahore to Peshawur.

Gauge, 5 ft. 6 in.—Weight of rails, 42 lb.

Kotree to Moultan—480 miles.

	£	£	£
Earthwork (based on Mr. Brunton's quantities.)			
(14 ft. formation), per mile, £295·2	...	141,698	
Permanent Way.			
Rails (including 1-12th for fastenings) 72 tons at £14	1,008		
Sleepers (8 ft. 6 in. by 9 by 4½) 2,000 = cubic feet say 4,800 at 3s. 4d.	800		
Ballast (1 ft. 3 in. deep) cubic feet 70,000 at 10s. per 100...	350		
Laying...	90		
	2,248		
10 per cent. for sidings	224		
Per mile	2,472	1,186,560	
Bridges.			
Indus, 2,555 ft. at £46 ... ... say	120,000		
Sutlej, 3,520 ft. at £38 ... ... say	135,000		
Narra, 2,560 ft. at £29 ... ... say	75,000		
Minor bridges, per mile, £125	60,000		
= 812·5 per mile	...	390,000	
Telegraphs, Road Crossings, and (partial) Fencing.			
Telegraphs at £100 per mile.			
Road Crossings at £40 ,,			
Fencing at intervals at £17 ,,			
£157	say	75,200	
Stations and Workshops.			
Workshops	60,000		
Four large stations at £20,000	80,000		
Four secondary stations at £8,000	32,000		
Thirty-two small stations at £4,000	128,000		
= £625 per mile	...	300,000	
			2,093,458
Engineering and Agency.			
5 per cent. on English expenditure } 20 per cent. on Indian expenditure }	...	...	261,682
			2,355,140
Contingencies, 10 per cent.	...	...	235,514
Total, without rolling stock ... ... = £5,397·2 per mile	...	...	2,590,654
Rolling Stock.			
200 engines at £1,650	165,000		
1,200 vehicles at £200	240,000		
		405,000	
Agency and contingencies, 15 per cent.		60,750	
Total for rolling stock, £970 per mile	...	...	465,750
Total Cost	...	...	3,056,404
Kotree to Moultan (5 ft. 6 in. gauge), 480 miles at £6,367·5 per mile.			

2. Estimated Cost of Narrow-gauge Railway from Kotree to Moultan.

Gauge, 3 ft. 6 in.—Weight of rail, 42 lb.

Kotree to Moultan—480 miles.

	£	£	£
Earthwork.			
(10 ft. 6 in. formation), per mile, £258 ... ... say	...	123,800	
Permanent Way.			
*Rails and fastenings, 72 tons, at £14...	1,008		
Sleepers (6 ft. 3 in. × 8 × 4), 2,000 = 2,954 cubic feet, at 3s. 4d.	492		
Ballast (1 ft. deep), 42,000 cubic feet, at 10s. per 100	210		
Laying, per mile	80		
	1,790		
Add 10 per cent. for sidings	170		
Per mile	1,960	945,120	
Bridges as Before.			
= £729 per mile	...	350,000	
Telegraphs, Crossings, and (partial) Fencing.			
At £157 ... ... say	...	75,200	
Stations and Workshops as Before.			
= £558 per mile	...	268,000	
			1,762,120
Engineering and agency	...	...	220,315
			1,982,435
Contingencies, 10 per cent.	...	...	198,243
Total without rolling stock ... ... = £4,543 per mile.	...	...	2,180,678
Rolling Stock.			
100 engines at £1,600	160,000		
2,000 vehicles at £120	240,000		
		400,000	
Agency and contingencies, 15 per cent.	...	60,000	
Total for rolling stock ... ... = £958·33 per mile.	...	...	460,000
Total cost	...	...	2,640,678
Kotree to Moultan (3 ft. 6 in. gauge), 480 miles at per mile £5,501·4.			

I shall show further on what amount of weight that favourite argument of the broad gauge party has, touching upon the cost of transferring goods from one line to another, at the points of contact of two varying gauges. But I may briefly refer to it in

* Mr. Fowler has omitted to credit the narrow gauge with the difference in the weight of rail to carry the narrow gauge stock compared with the heavier broad gauge stock of equal capacity, also in the saving in the stock itself. This will be found fully explained on pages 38 to 41.

this place, because the adoption of the "light" broad gauge is recommended to a great extent for this reason, and the cost of shifting goods from one line to the other has been estimated at no less than 2s. per ton. I am very glad to find that Mr. Seymour and myself are not at issue upon this point, and I thank him for the valuable information he has contributed. The price which he gives (3½d. per ton) may be considered an outside figure for general merchandise, and upon several narrow gauge lines on the continent the freight is shifted for 2d. and even for 1½d. per ton. But if we take the price to be 3½d. it is plain that the annual cost for shifting is but a small additional charge upon the working expenses of a line, nothing in comparison to the saving in first cost of construction. Moreover, even if the "light" broad gauge line could be constructed as cheaply as a narrow gauge, there would still remain the constant and inevitable disadvantages attendant upon the extra amount of dead weight to be pulled, not only the dead weight due to the larger and heavier construction, but that resulting from the constant haulage of such vehicles very partially loaded. Thus both in construction and in working, everything tells against the "light" broad gauge, and in favour of the narrow, and simply because the latter *is more nearly adapted to the requirements of traffic than the former*. Even in the cost of maintenance and repairs of permanent way, the narrow gauge has a great advantage, because the number of tons carried over it is less by just so many as the number of tons of dead weight in the rolling stock is reduced.'

I think I have adduced enough evidence to show that, even if the advocates of broad gauge abandon their cherished notions of heavy construction, and adopt the lightest form possible, a large saving can still be effected by reducing the gauge, with the result of obtaining a strong and efficient line as compared with one of "flimsy" construction.

I have referred to the Denver and Rio Grande 3 ft. gauge railway as a work of special interest, affording, as it does in a

great measure, the practical test that Mr. Seymour has so earnestly desired, that of two roads of differing gauges constructed under the same circumstances and over similar ground. But it will not be long before numerous similar examples will be available for comparison, because narrow gauge has taken deep root in the United States, and is throwing out vigorous branches all over the Union. In almost every State and Territory, from the eastern to the western seaboard, narrow gauge railways are being projected or commenced, especially in those districts where an almost uninvaded field is open, and where railroad construction is in its infancy.

In California, Montana, Utah, and Colorado, engineers are rapidly building roads upon the gauge I have strenuously advocated, and are finding readily the capital for their undertakings, which would have been impossible if a more costly system had been adopted. For a moderate capital is advanced with confidence for the completion of any sound scheme which shall not be burdened with an excessive outlay that swamps all possible immediate return. It is difficult to realise the benefit that will arise from this energetic advance, and how much more rapid will be the growth and the development of those vast and rich territories, over which the people of the United States, and the flood of emigration which sets steadily and increasingly towards America, is extending itself.

The great vital force which is characteristic of America, and which during the last twenty-five years has worked such marvels, needs but the means of communication to increase tenfold the results it can achieve. To expend hundreds of millions sterling in railway enterprise to this end will be needful before the vast expanse of territory, rich in all natural resources, shall be connected with the eastern and western seaboards, and a system by which this end can be achieved most economically and efficiently will be the only one that can be ultimately adopted.

The results that have been obtained upon the Denver and

Rio Grande Railway are no exceptional ones, but may be relied upon as representing the average saving that can be realised by the narrow gauge. And no more striking proof is required of the appreciation of many American engineers of the truth of my arguments than the fact that they are daily putting in practice the assertions which I have always advanced, and that they are now building thousands of miles of line as rapidly as work can be executed upon the principles I have consistently laid down. The prejudice so prevalent elsewhere finds but a small place in the minds of the western engineers, whose great aim is progress.

The statement in Mr. Seymour's sixteenth paragraph is true, that the weight of the rails is governed by the weight resting on the driving wheels of the engine, but the ordinary conditions are totally changed by the employment of the Fairlie engine, which gives a power on light rails and narrow gauge equal to any power which can be obtained by the ordinary system on the broad gauge and heavy rails. It may be argued that the Fairlie engine may also be employed on the broad gauge; this is true, and supposing that sufficient traffic existed, the advantage would be great; but even then it would be impossible to obtain the same amount of power with the same weight per wheel that is obtained on the narrow gauge under the same circumstances. On the wide gauge, the weight per wheel being constant, the engine *must be less powerful than on the narrow.*

I pause here to give an instance of the value of the Fairlie engine on the standard gauge, where there is ample traffic with fully-loaded wagons. We cannot do better than take the coal traffic from the northern counties to London. A Fairlie engine, with much less wear and tear to itself and the rails, will bring to London coal trains of *twice the weight now taken* by the best type of ordinary engine, and at the same speed. Just imagine the economy this would produce, leaving out of consideration the enormous advantage which would arise from

clearing the line of just half the present number of coal trains, with half the cost of labour, and a saving of from 20 to 30 per cent. in fuel. This saving alone would very materially add to the shareholders' profits. But to this proposition I receive for answer—that these trains would be too long for our sidings, which would all require to be lengthened, &c. Just fancy such reasoning coming from men who send back *double the number of wagons empty per train that are brought up full*, for which siding accommodation has to be found *now!*

This reduction in power is due to the increased weight of inert material required in the construction of the larger engine, and because the whole of this extra weight enters into those parts of the machine which in no sense add to the generative or distributing forces of the engine, and which, moreover, consume power in being carried.

The principal parts that are of necessity heavier are the axles and the cross-bracing between the frames and cylinders, and all of which—to be of equal strength—require not only to be so much longer on the wide gauge, but to be stronger in section, and this reacts upon the parts to which they are connected, causing them in turn to be larger and heavier; thus, for instance, the axles being of greater diameter, require heavier wheels, axle guards, boxes, &c., &c., and the result of this is, that the increased sections and weights required to make the wide gauge engine equal in strength to the narrow will represent the proportional difference in power between the two engines if reduced to the same weight per wheel.

For example, if the frames, wheels, and axles of two four-wheeled bogies for a 3 ft. 6 in. Fairlie engine (and the same argument holds good for all classes of rolling stock) weigh 14 tons—to obtain the same strength and stiffness in the frames, wheels, and axles of two similar four-wheeled bogies for a 4 ft. 8½ in. gauge, the weight would be at least 16 tons, and consequently, to make the narrow engine weigh the same as the

wide, the two additional tons could be placed in the power-giving parts of the locomotive, namely, the boiler and cylinders —the productive and distributive parts; and these combined would materially increase the tractive force of the narrow gauge engine over that of one of the wide gauge of similar weight per wheel. Practice has proved this conclusively.

Pursuing Mr. Seymour's argument in this paragraph, these unalterable conditions imposed upon broad and narrow gauge engines completely upset his theory; if it be true, and no one can dispute it, that the rails are adapted to carry the weight per engine wheel, without reference to the traffic, then it follows that the rails for a narrow gauge line, worked by engines of equal power to those of the wide gauge, need not be so heavy, and may be made lighter in proportion to the difference between the weight of the two locomotives of equal power, or if the weight per wheel be kept constant, then the narrow gauge engine being more powerful will necessarily take greater loads, and hence the capacity of a narrow gauge line, with equal weight of rails, will be considerably greater than a broad gauge one. These are the facts, and Mr. Seymour may exercise his ingenuity to design a new "theory" to combat them.

It must be clearly understood that, unless for a very small traffic combined with very low speeds, I do not, nor have I ever recommended a gauge narrower than 4 ft. 8½ in., if the ordinary type of engine be employed, because, and apart from the fact that the oscillations and unsteadiness of the ordinary engines increase as the gauge is diminished, *the width of the gauge limits the power of the engine, inasmuch as it limits the width of the fire-box, and the size of the boiler*, and as the loss of power increases even in a greater ratio than the diminution of the gauge, it follows that the carrying capacity of gauges narrower than 4 ft. 8½ in., when worked by ordinary engines, becomes limited in a very marked degree; whereas the point I maintain is that a 3 ft. or

3 feet 6 in. gauge properly worked is fully as efficient as the widest gauge railway ever built. Moreover, on account of the unsteadiness inseparable from small engines of the common type, the speed of trains, if the same factor of safety be preserved, must be reduced.

Now with the Fairlie engine, all these restrictive conditions are entirely changed; first, because the width of fire-box is entirely *independent of the gauge;* and second, because of the total absence of unsteadiness in running, and hence the power is unlimited, and equal safety at high speed is secured. These are not mere assertions. The power of facts has long since incontestably proved them to be true, and they are universally admitted by all those who have had experience of the Fairlie engine; one of them at least, the absence of oscillation and of flange friction on the rails, has been long accepted by every engineer in America, as proved by the universal adoption of double bogie rolling stock, which has enabled trains to be run at high speeds upon lines where English stock would not have kept the rails at all.

> *Paragraph* 17.—"The saving in the cost of each car will only be the value of a longitudinal section of 1 ft. 2½ in. taken from the centre of each car, embracing only the top, bottom, and two ends of the vehicle, and perhaps a still further trifling deduction on account of the value of materials and labour claimed to be saved in the construction of cars of the proposed diminutive width; but I claim that the additional number of cars required to transport the same amount of tonnage, or number of passengers, will make the cost quite as much, if not more, for the narrow than for the wider gauge."

The reasoning in this paragraph is exceedingly superficial—if, indeed, it is not intended as a cloak to hide the imperfections of the broad gauge rolling stock; but for the moment we will close our eyes to this, and follow out Mr. Seymour's reasoning.

Supposing a longitudinal section of 14½ in. be taken out of the

centre of a carriage or wagon, as described, does it follow that to obtain the transverse strength in each vehicle the sections of material used in the parts before they were cut should remain the same? It is tantamount to making a parallel beam, the section of which has been calculated for a span of 50 ft., suitable for one of 37 ft., by cutting the difference in length out of its centre; if this be done, how much stronger will the girder be for the 37 ft. than for the 50 ft.? The same reasoning applies to the reduction by 14½ in. in the length of the axles; but it must be remembered that there is another strain brought upon axles with fixed wheels, requiring a much larger section in proportion to their length—the strain of torsion. It will at once be seen that there is a great deal more to be taken from axles giving the same strength on the narrow as on the broad gauge than by merely cutting a certain length out of the centres. Mr. Seymour's fallacy of the "extracted prism" is extended here from the line to the rolling stock. In the same way, the sections of all the framings in the vehicle may be reduced.

The claim that additional cars would be required to transport the same amount of tonnage or number of passengers is as transparently fallacious as any of the preceding ones. In practice there are only two conditions which could give a partial air of correctness to this statement: first, *that each car should always travel with its full load in every direction*, and secondly, *that these cars should bear the same proportion of width to gauge that the narrow gauge cars now do.* Unless these conditions are complied with, Mr. Seymour's assertion is an idle one.

With regard to the first of these conditions, I see that it is admitted by all that the proportion of paying to non-paying load of merchandise hauled over the best worked lines in America, is ½ to 1, whilst the capacity of the stock employed is 18 to 10, showing that the existing freight stock is only worked to 27 per cent. of its full capacity. What, then, is the inference to be drawn from this? Simply that cars which were made to

carry 10 tons only carry for every mile that they run 2·7 tons, and this being no doubt a necessity arising from the exigencies of traffic, compelling quick delivery of goods between stations, does it not follow, taking Mr. Seymour's own view of the case, that cars reduced in width by 14½ in., and in capacity say 20 per cent., would be more than ample to accommodate the traffic, as it is now taken; and if so what becomes of the claim for an additional number of cars? These observations have reference to the merchandise traffic only, but when we come to consider the question of passenger traffic in the same light, the case against Mr. Seymour is greatly strengthened, because the passenger cars never carry more than one-fourth of their capacity, proving that narrow gauge stock would accommodate as much as twice the traffic carried on a broad gauge, and leave an ample margin.

In a paper read by me before the British Association at Liverpool, in August, 1870, I showed from actual statistics that the actual proportion of dead weight to goods carried in the United Kingdom, exclusive of mineral traffic, was no less than 7 to 1, while the proportion in passenger traffic was 29 to 1.

To a less degree, the same condition of things—a condition which is absolutely inseparable from the wider gauge—exists in France, as the following statistics, referring to the six chief lines of the country, will prove. In France, too, everything is in favour of the wide gauge, because the railway companies, engaging themselves in no great competition, fill the carriages to the utmost, and convey goods as profitably as they can for themselves, to the great detriment of trade interests; and, in fact, so much have the companies erred in this respect that a society has recently been organised in Paris, with the object of enforcing greater regularity and promptness in the delivery of merchandise on the part of the companies, and if they are successful in their endeavours, the result will declare itself in *a larger proportion of dead weight carried.*

In France, then, we find that on the six principal lines the proportion (in the passenger traffic) of seats occupied to those available are

On the Northern Line.....	0·223	General average, 0·240.
On the Eastern Railway.....	0·203	
On the Lyons ,, ...	0·269	
On the Western ,, ...	0·277	
On the Orléans ,, ...	0·234	
On the Southern ,, ...	0·277	

And the weight hauled per passenger is found to be:

	Tons.	
On the Northern Railway.....	·819	General average, ·742 tons.
On the Eastern ,, ...	·828	
On the Lyons ,, ...	·725	
On the Western ,, ...	·630	
On the Orléans ,, ...	·764	
On the Southern ,, ...	·634	

Whilst the average weight to be hauled per passenger, assuming all the seats to be occupied, would be ·235 tons.

Turning to the goods traffic, we find that on the average the French coal wagons weigh 4·5 tons, and can carry 10 tons, while the coke wagons weigh 4·180 tons, and carry 10 tons. The minimum dead weight per ton, according to the full load, is ·450 ton for coal, and ·418 ton for coke, or a mean of ·434, and the minimum weight of one ton, with its share of the vehicle, would be 1·434 ton. But in reality the average load per coal wagon is not 10 tons, but 4·903 tons, or 49 per cent., so that the real weight of a ton with its proportionate part of the wagon is 1·918 ton.

In the same way the ordinary goods wagons, weighing 5·1 tons, and built to carry 10 tons, really are loaded only with an average of 4·175, so that the proportion of dead to useful weight per ton is $\frac{5·1}{4·175}=1·221$, or 2·4 times the proper amount.

I think I have now proved to all fair and unprejudiced minds the fallacy of Mr. Seymour's arguments, from his own points

of view, as to the useful capacity and equal weight question, both as regards locomotives and rolling stock, and that, contrary to the conclusions he has arrived at, the narrow gauge is superior to the broad, and for this simple reason, that the capacity of the former *more nearly approximates to the requirements of traffic than the latter.*

I may now proceed to the second point of this consideration —the proportion of cars to width of gauge.

The merchandise and passenger traffic in the country to which Mr. Seymour addresses himself is for the most part carried in eight-wheeled cars, grouped in two four-wheeled bogies. This I unhesitatingly assert to be the most extravagant mode of carriage, so far as dead weight of rolling stock is concerned; but as it is admitted that bogies are necessary on American lines, for easy running over badly-laid roads, and for passing freely round curves, I presume, from the almost universal use of the bogie, that its advantages outweigh the drawback of dead weight. The average carrying capacity of four-wheeled goods stock, as compared to its dead weight, is 1·9 to 1, whilst that of the average eight-wheeled bogie stock is but 1·4 to 1, and this difference, of course independent of the advantage arising from the facilities of loading and handling which the smaller wagons offer, must certainly have long since insured their general adoption, had it not been for the practical reasons to which I alluded just now. If we inquire into the cause why the bogie stock holds its own on American railroads, we shall find, as I say, that the reasons lie chiefly in length of the extreme wheel base of the bogie stock, compared with that of the four-wheeled, and the freedom with which the wheels of the former follow the inequalities of the road, without transferring their effect to the vehicle itself, thus reducing the lateral oscillation of the load to a minimum, whereas with the four-wheeled stock such inequalities are transferred direct to the load, and hence the oscillations arrive at a maximum.

This condition of things is inseparable from all four-wheeled stock, and no doubt causes a considerable increase in the train resistances, but it is seldom the cause of the vehicle leaving the track in going round curves. This arises from the mode of coupling and the use of side buffers, which become jammed one with another on sharp curves, one wagon entirely supporting for the moment the end of another wagon, so that at times there is no weight on one, or perhaps two wheels, which under such conditions are often relieved from load. This jamming and the results described often happen, but fortunately without causing the wagons to leave the rails.

Mr. Seymour, and those who argue with him, may ask me what all this has to do with the question under consideration. I reply that it is all-important, because, in showing the reason why, with its acknowledged drawbacks, bogie wagon stock has been adopted in the United States, in preference to the lighter four-wheeled stock, I approach one grand advantage of the narrow gauge, which, were it not proved, my argument would fail; but when I show that those reasons which prevail against four-wheeled stock on the wide gauge almost cease to have any existence in four-wheeled stock on the narrow gauge, I believe I shall have established my case.

The great length of wheel base necessary to get a steady running vehicle on the broad gauge, is the principal objection to four-wheeled cars, and to those of the broad gauge advocates who urge, as Mr. Seymour now does, that the wheel base may be reduced in proportion, I reply that if you reduce the wheel base of the broad gauge stock to the dimensions of the narrow gauge, you get a most dangerous rolling stock, and one difficult to manage, the friction per ton of which would be fully double that of the bogie stock, owing to its great lateral oscillation.

To obtain anything like steady-running four-wheeled stock, the wheel base should be at least twice the width of the gauge. Of course a smaller proportion than this will serve, but

the more it is reduced the greater is the friction, and the more the liability to quit the rails; while on the other hand, if this proportion is maintained, curves cannot be freely traversed on the wide gauge, and the dimensions of the wagon exceed by far what is required of them; besides, such a stock would be very difficult to handle. Now on the narrow gauge all the desiderata are combined without one disadvantage; by a 3 ft. gauge a 6 ft. wheel base is given, and this is the right proportion of length to gauge, a perfectly steady running machine is obtained, and one that will pass freely round curves of 150 ft. radius, whilst 4 ft. 8½ in. stock built of the same proportions would give 9½ ft. of wheel base, and this length, together with the greater amount of slipping, due to the greater distance between the rails, would render the passage of sharp curves not only difficult but dangerous.

The width of the stock that can be obtained on the narrow gauge is another point in its favour, because the *greatest width the gauge will permit of can be obtained without a special strengthening of parts*, and at the same time a proper centre of gravity can be maintained. Besides, such stock is never unwieldy, cumbersome, or difficult to manage at stations. Experience has shown that for considerable speeds freight cars for a 3 ft. gauge can be built 7 ft. wide, or 2⅓ times the gauge, and that this is a most convenient and cheap size for managing general traffic. But it would be equally impossible and undesirable to obtain on the 5 ft. 6 in. or 4 ft. 8½ in. gauge a rolling stock 2⅓ times the width, for on the former the stock would be nearly 13 ft. wide, and on the latter it would be nearly 11 ft., and these dimensions, even if they could be obtained, would make the stock most unhandy, and out of all proportion to the size required by any traffic.

It will be seen, therefore, that a 3 ft. gauge, and after that one of 3 ft. 6 in., gives the greatest width of cars the gauge permits, and consequently *the utmost usefulness of the gauge*

is developed, whilst at the same time such stock as I propose is most convenient to handle, in construction the *maximum strength with the minimum of dead weight can be secured, and nearer a full measure of capacity obtained.*

This light stock saves the rails, reduces maintenance of way, diminishes the wear and tear of the stock itself; finally, it saves in the amount of fuel consumed and tractive power required. In evidence of the enormous cost of maintaining broad as compared with narrow gauge stock of equal capacity, I do not think I can do better than quote a letter on the subject which recently was published in the money article of the *Times*, written by the manager of the Gloucester Wagon Company, one of the largest firms of its class in this country; the writer, Mr. Slater, is acknowledged on all sides to have a wider experience on the subject of dispute than any other English engineer:

"Gloucester Wagon Company, Limited,
"Gloucester, Sept. 21st, 1871.

"DEAR SIR,—Referring to the conversation that I had with you yesterday on the comparative merits of broad and narrow gauge railways, so far as that question affects the cost of construction of rolling stock, I don't think I can give you my opinion in a more forcible manner than by relating what I said to Mr. Potter when he was made Chairman of the Great Western Railway, now about eight years ago, and now President of the Grand Trunk Railway of Canada.

"I recommended Mr. Potter, in the strongest terms I could use, to commence the conversion of the broad gauge into narrow; by 'narrow,' I meant, of course, the established gauge of the country, 4 ft. 8½ in. I followed up the advice by one or two illustrations; for instance, I said if a colliery proprietor applies to me for terms for the hire of 10-*ton broad gauge* wagons and 10-*ton narrow gauge*, I should ask £18 *a-year* for the former,

and £12 for the latter, and I should use *all my influence to persuade him to take the narrow gauge.* I then said this applies to wagons that always carry a full load, but if you apply the same mode of comparison to merchandise wagons, as used by railway companies, you will find the difference still more striking, and especially so when applied to 'dead weight' and 'paying weight.' For instance, it is found that on narrow gauge railways which pass through the manufacturing districts, the average load of a *loaded wagon* does not exceed 30 cwt.;* if this is so on those lines which serve the manufacturing districts, it is scarcely to be expected that you would get a better result on the broad gauge system, which passes through an agricultural district. What then is the result? Simply this: you have got on the broad gauge wagons, the first cost of which, and the cost of maintenance, is very largely in excess of the same items on the narrow gauge, whilst you have also, on the broad gauge, a dead weight of from 5 tons 10 cwt. to 7 tons, for a paying load of 30 cwt.; on the narrow gauge you have a dead weight of 3 tons 10 cwt. to 4 tons for the same paying weight.

"The above is, in plain words, the conviction which I had formed, and which I expressed to Mr. Potter eight years ago, and I have seen no reason to alter my views.

"Yours faithfully,

(Signed) "J. SLATER.

"R. F. Fairlie, Esq."

Mr. Seymour grants General Buell's third reason for the adoption of narrow gauge—namely, that speeds of from 35 to 45 miles an hour may be attained on it with perfect safety. The expression "perfect safety" must, of course, be taken in a qualified sense, for there is no such element upon any gauge. But what General Buell urges, and Mr. Seymour concedes is,

* This is exclusive of empty mileage run by wagons, which would certainly reduce this proportion to one-half, or 15 cwt. only for every mile the wagon runs.

that such a speed may be practically obtained on the 3 ft. 6 in. gauge. Ample experience proves that this is correct, as on the Norwegian, Queensland, and Livny Railroads of 3 ft. 6 in. gauge, and on the 2 ft. Festiniog, 35 miles an hour have often been made, and, as Mr. Seymour says, there is "no reason why an engine of sufficient power will not haul a train with as great speed and safety upon a narrow as upon a wide gauge."

> *Paragraph* 18.—"I claim also that the cost of locomotives, provided the same amount of power is used, will be no greater for the wide than the narrow gauge. If there is any difference, it would certainly be in favour of the largest engine."

This paragraph would be scarcely worth noticing, if it were not so absurd. Engines of equal power are assumed in each case. Taking, then, the case of the most powerful engine of the ordinary type that can be placed on a 3 ft. 6 in. gauge, can it be possible that Mr. Seymour wants us to believe that the same boilers, cylinders, &c., mounted on the wider and heavier substructure involved by the 4 ft. 8½ in. gauge, would absolutely weigh less than the smaller engine, with its smaller, lighter framing? As I have shown, the Fairlie engine is independent of gauge, but (power in each case being equal) the reduction in weight, and therefore the reduction in cost, must follow, if for no other reason than that builders construct locomotives at so much per pound of their weight.

We now arrive at the consideration of the fifth and last reason advanced by General Buell, and the one most warmly contested by Mr. Seymour. General Buell claims that the percentage of dead weight to load chargeable to the 3 ft. 6. in. gauge is $\frac{47}{100}$, and that the same item chargeable to the 4 ft. 8½ in. gauge is $\frac{75}{100}$, making a difference of $\frac{28}{100}$ in favour of the former; and he states that he has based his calculations upon the existing wide gauge stock, and that constructed for the Denver and Rio Grande Railway at the Wilmington Car Works. Mr. Seymour,

to my thinking, goes out of his way to sneer at this small stock, forgetful that the gentlemen who control the Wilmington Car Works are able and experienced engineers. But as Mr. Seymour declines to admit anything which has not been demonstrated by practice, I must turn to actual examples to prove how far General Buell is correct. Experience has shown that on the wider gauges it is impossible to utilise to the full extent the broad base which the rails offer. This is because the vehicles would be large, out of all proportion to their requirements, and because they would be inordinately heavy. This is a point to which I would call special attention, for in it lies one of the chief features of narrow gauge. I claim that the width of 3 ft. or 3 ft. 6 in. (though, be it remembered, all gauges are empirical) is the most suitable width upon which to base the proportions of the rolling stock, most economical, and most efficient. It will be granted, I think, that the width of gauge ought to bear a fit proportion to the economical width of the rolling stock. Now, on the 5 ft. 6 in. gauge of India, the width of rolling stock is only 8 ft. 6 in., and on the 4 ft. 8½ in. gauge the average width of vehicles is about the same. And this fact illustrates the point to which I am alluding. The Indian rolling stock could have been placed with perfect propriety on the 4 ft. 8½ in. gauge, and a large saving in construction expenses would have been made. On the other hand, the rolling stock ought to have been made at least nearly 13 ft. wide, but had this appropriate width been adopted, the proportion of dead to paying weight would have been far more excessive than it is at present, because such carriages and wagons would have been of necessity much heavier in their construction, and their increased capacity would have served no good purpose, for if the amount of traffic can only now half fill the vehicle, properly-proportioned stock would have to run only one-third or one-fourth full.

And the same thing to a rather less degree is true of the 4 ft. 8½ in. gauge. The rolling stock is not, and never can be,

fully loaded by general traffic, and yet it ought to be made more capacious to bear a proper relation to the gauge. Now, if it were possible so to arrange the traffic of any given line that properly-proportioned stock should always be conveyed fully loaded, the cause for which I argue would not be so clearly established, but it is impossible to arrive at such a state of things. We have seen how the proportion of dead weight to paying load increases from the French railways, where practical monopoly reduces this dead weight to the utmost, to the English and American lines, where free competition compels extravagant working. It is certain that on the present system dead weight increases with prompt management. It cannot be otherwise, as the association now formed in Paris to compel prompt action on the part of the railway companies will find, should they succeed.

And the whole of this dead weight, and the enormous expenses it entails, arise from the simple fact that rolling stock is disproportioned to the traffic. The great object of narrow gauge is to do away with this disproportion, to make the UNIT OF CAPACITY APPROXIMATE TO THE AVAILABLE UNIT OF LOAD, and of course to obtain a proper proportion between width of gauge, and dimensions, and dead weight of vehicle, and at the same time to combine with these desiderata, *prompt* and *efficient management*.

Take an example: The standard passenger cars in the United States, running on the two four-wheeled bogies, seat 56 passengers; they are about 46 to 48 ft. long, and vary from 8 ft. 6 in. to 10 ft. extreme width, and they weigh empty 15 tons; that is equal to a dead load of 4 to 1 of paying load; but under ordinary circumstances the cars are only half filled, which doubles the dead weight, and the average dead weight of passenger stock on the New York railways is 18 to 1. In England a worse state of things prevails. Turn now to the carriages of the Norwegian railways, and I venture to think Mr. Seymour

can scarcely question the experience these lines give us. Mr. Pihl's stock is somewhat heavy, but his latest patterns weigh 4·6 tons and 3·9 tons, to seat 32 passengers, giving ample space and accommodation. These weights are only 2·15 to 1 and 1·82 to 1 respectively, allowing 15 passengers to the ton. Again, on the Livny Railway they are 2·5 to 1; on the Novgorod Railway they are 2·7 to 1; on the Dunedin and Port Chalmers Railway, New Zealand, they are 1·75 to 1. It will be noticed that the Norwegian proportions are unfavourable to the question. Still, if we compare them with those of the American stock, we find that they are more than General Buell has claimed ($\frac{47}{100}$ and $\frac{75}{100}$), based upon the Denver and Rio Grande stock.

Taking next the wagons, I believe that the average dimensions and weights used in the States are as follows:—Freight cars 30 ft. to 36 ft. long, and from 7½ ft. to 9 ft. wide over all, running on 8 wheels, and weighing 9 to 11 tons. Platform cars about the same weight: coal cars 12 ft. long and 6½ ft. extreme width on 8 wheels, weighing 6 tons and carrying 10 tons, whilst the 9 ton ordinary freight car carries 13 tons, the proportion of load to wagon being 1·4 to 1. On the Broethal Valley line (2 ft. 7½ in. gauge) the proportions are 2 to 1; on the Novgorod Railway they are 3 to 1; on the Tavaux Ponsericourt (3 ft. 3 in. gauge) they are 3 to 1; on the Festiniog, 3 to 1; on the Livny Railway, 3 to 1; on the Dunedin and Port Chalmers, 3 to 1; on the St. Leone (2 ft. 8 in. gauge), 3 to 1; on the Montepone line, 2·5 to 1. I could prolong this list if it were necessary, but I have said enough to show that while the railway experience of half a century can give no more than a proportion of 1·4 to 1·9 to 1 of paying to dead load on the 4 ft. 8½ in. gauge, a proportion of 3 to 1 can be, and is obtained successfully on the narrow gauge.

Thus, with regard to the freight stock, we find that General Buell's estimate of saving in dead weight, although founded upon theory, is thoroughly substantiated by a wide and extended practice. And it cannot be argued that because many

of the narrow gauge lines at work are but short and local railways, the experience they afford is not applicable to general practice. The Livny and other lines have shown fully what can be done by narrow gauge.

The facts I have brought to bear upon this part of the discussion prove conclusively: first, that Mr. Seymour is wrong; second, that General Buell is right; third, that while on the broader gauges rolling stock cannot be built in proper proportion, suitable dimensions can be obtained on the narrow; and, fourth, that assuming both passenger and wagon stock to be fully loaded on both gauges, the proportion of paying to dead weight for the former are 1 to 4, as against 1 to 2·15, and in the latter they are 1·8 to 1, and 3 to 1 respectively.

But even were the proportions of dead weight the same in each case, there would still remain a grand advantage with the narrow gauge—viz., the capability it possesses of adapting efficiently and economically the capacity of the vehicle to the load it has to convey.

Assuming for a moment that 200 passengers are to be conveyed by the passenger cars of the American type, each having 56 seats, and weighing 15 tons; four such cars would be required, so that three would be fully occupied, and the fourth would have 24 seats vacant; the total dead load of such a train would be 60 tons. On the other hand, of narrow gauge cars of 32 seats, and weighing 4·6 tons, 7 would be required to convey the 200 passengers, or equivalent to 32·2 tons of dead load. In the first case there would be 24 vacant seats in the 4 cars, representing 6 tons of perfectly useless load, and in the other there would be also 24 vacant seats, representing 3·42 tons of useless load. Or supposing that 180 passengers have to be conveyed, 4 wide gauge cars would also be required, weighing 60 tons, but 44 seats of one car would be empty, and the useless load would be 12·5 tons; but the same number of passengers could be conveyed in 6

narrow gauge cars weighing 27·6 tons, and there would only be 12 vacant seats, or 1·72 tons of useless load. As regards the passenger traffic, I need not push this comparison further, although I might go on to show that if the amount of accommodation provided were not in excess of the requirement, and by the narrow gauge stock alone can such an approximation be made, these proportions of dead weight would be still further reduced, and no such monstrous ratios as 18 to 1 could possibly exist. And taking the worst case, that in which the number of passengers exceeds the capacity of a given number of cars by 1, the proportions that would exist would be vastly reduced in the narrow gauge apart from the consideration of absolute weight per car.

With regard to freight, however, the matter is different, and the advantage becomes more striking for the narrow gauge. Further on I shall make a comparison between the two systems, on the most favourable terms possible for the wider gauge, that is, taking French experience, but it would be only fair to assume the existing conditions of English and American practice.

Mr. Seymour, like all broad gauge advocates, only regards the question of broad and narrow gauge from a constructive point of view, and does not advance beyond the consideration of cost in building and weight in the rolling stock of a line. But in reality this is a very minor consideration, and the narrow gauge could afford to give the difference in width which belongs to it to the broad gauge, and remain vastly superior to it, on account of the economy arising from working a small stock, with maximum loads, approaching as near as possible to the limits which railway practice dictates. The economy in dead weight, arising from the advantage in this respect which the narrow gauge confers, coupled with the power of the Fairlie engine to haul as great loads, at as high a speed, as are now conveyed on the best American lines must surely impress on all unprejudiced minds the advantage of the narrow gauge.

I have already shown how impossible it is to build a broad

gauge wagon of a suitable capacity (say 7 ft. wide and 14 ft. long) so light, and at the same time so strong, as one for a 3 ft. or 3 ft. 6 in. gauge, and so far as dead weight is concerned, I do not think that the position can be questioned. No one will, I imagine, venture to say that it is more economical to employ wagons, weighing 4 tons, to carry an average of 2 tons, whilst their capacity is 8 tons, than to run wagons weighing only 2 tons, with a maximum capacity of 6 tons, to convey the same load. Suppose these small cars of only half the weight, and two-thirds the capacity of the larger ones, carry the same average load, what then becomes of Mr. Seymour's argument about requiring so many extra wagons and an increased length of train? Does it not follow that under the conditions named not one more wagon will be required in the one case than in the other, and as regards length, must not the train, composed of the same number of wagons, be reduced to two-thirds the length of the wide gauge train, assuming the wagons have the same width in each case? while, if they are 20 per cent. narrower, the train having the same useful capacity, will still be 14 per cent. shorter than the wide gauge trains.

That the average load of merchandise carried upon railways of the present system must be, at the utmost, but half of that of the vehicles in which it is conveyed, will always remain a fact, so long as such railways are in existence, having an intermediate traffic to accommodate; the proportion of dead to paying weight must rise with competition, and where competition exists, the narrow gauge will be found most useful.

In illustration of this I will assume the case of coal traffic, which secures in one direction at least maximum loads.

The ordinary 4 ft. 8½ in. wagons weigh on an average 4 tons, and carry 8 tons, this being the outside proportion of load now carried to the weight of vehicle. With the 3 ft. 6 in. wagons 7 ft. wide, weighing 2 tons, and carrying 6 tons, we get 50 per cent. more weight carried per weight of wagon, and it is

evidently more economical to run 2 ton return empty wagons than 4 ton ones. Possibly Mr. Seymour may urge that if I build the 3 ft. 6 in. wagons double the width of the gauge, he may do the same with the wide gauge wagon, but he cannot do this without overloading his wheels and axles to a dangerous extent. A load of 12 tons is even generally as much as the present axles can safely carry. Besides, by doing this, he would only run up his dead weight. And here I may remark that the antagonists of the narrow gauge, while invariably denying the advantages claimed for it, generally assert, as each point is raised, that the same thing can be done better and cheaper on the broad. Is it urged that narrow gauge lines are cheaper to build? They can make broad gauge as cheap. Can the rolling stock be made lighter for narrow gauge? So it can on the broad. Can it be worked more economically? By effecting such or such a change equal economy can be effected on the lines they advocate. And yet these very antagonists to narrow gauge, while they do not hesitate to advance and to maintain the wildest assertions as to making and working cheap broad gauge, that neither experience nor common-sense can for a moment justify, they urge as one of the paramount objections to the change, that the experience of half a century is not to be set aside by new principles which must be wrong apparently only because they *are* new, forgetting that narrow gauge has been long and successfully established, and that they flatly contradict their orthodox principles by proposing all sorts of devices in favour of a width which one advocate asserted that George Stephenson adopted "in a moment of inspiration."

But not the most ingenious argument can change the fact that on the busiest lines traffic cannot be found to fill the present stock which has been from the first made disproportionately small for the gauge on which it has to run. And, as I have shown, even on mineral lines, a great advantage rests with the narrow gauge. Mr. Seymour may say that he can

make his wagon smaller; but if he does this, he must necessarily have a shorter wheel base than is compatible with steady and even safe running, and he must still contend against the increased dead weight. And, besides, such a line of argument is equivalent to the admission of the superiority of the narrow gauge, which gives the greatest amount of service at a minimum cost.

I have said that on the French system the freight stock is loaded nearer to its actual capacity than almost any other general system in the world, owing to the practical monopoly which the different companies enjoy, and that the actual proportion of carrying capacity to dead weight per wagon is about 2 to 1. In 1868 the statistics of freight service were as follows on six lines :—

Total train-mileage, about 3,000,000 miles.

Total ton-mileage, about 880,000,000 ton miles.

Average weight of freight and wagons per train, 294·751 tons.

Of which 127·598 tons were paying weight, giving a proportion of useful to total weight of 43·2 per cent., or less than half to one.

The weight of vehicle per ton of goods carried was 1·310 tons, that is to say, that the dead weight per train was 167·153 tons, or say 33 wagons weighing 5 tons each, and built to carry 10 tons, yet only having an average load of 3·86 tons, and this is the result under the most favourable circumstances.

Now, if this traffic had been conveyed upon the narrow gauge, the results would have stood thus :—

Average weight of wagons and freight, 193·598 tons.

Of which 127·598 tons would be paying weight as before, giving a proportion of useful to total weight of more than 65 per cent., or about two-thirds to one.

The weight of vehicle per ton of goods carried would be ·51 tons, that is to say, the dead weight per train would be 66 tons, or

33 wagons, weighing 2 tons each, and built to carry 6 tons, but only having an average load of 3·86 tons each. The saving in dead weight in each train is as 66 to 167, and this under the most unfavourable circumstances for the narrow gauge, the dead weight hauled over a distance of 3,000,000 miles would only be 35 per cent. of that of the broad gauge. Now the cost of traction of the whole of this tonnage was approximately £2,250,000, and the saving effected in this item alone, had the freight been conveyed per narrow instead of broad gauge, would have been £787,500.

All of these observations refer to the two paragraphs of Mr. Seymour's report last quoted, and to those which I insert below.

Paragraphs 19 to 41.—"If these statements are correct, and I have no doubt that they will be found substantially so, there can be no more force in the second and fourth propositions submitted by your chief engineer than there appears to be in the first."

"Having had some experience in the construction and equipment of roads, with both the 6 ft. and 4 ft. 8½ in. gauges, the difference in which is slightly greater than that of the two gauges now under discussion, I am not prepared to say, and do not claim, that there is actually no difference whatever in their first cost; but I do say most emphatically that this difference is very largely, although probably inadvertently, overstated by the advocates of this extreme narrow gauge theory."

"When, in 1847, this matter was under discussion before the New York and Erie Railroad Company, with reference to the proposed change of gauge from 6ft. to 4 ft. 8½ in., I know that this item, of first cost of construction and equipment, did not enter very largely into the argument; and my recollection is, that it was conceded by the respective advocates of each gauge, that it could not be less than five, nor more than ten per cent. in favour of the narrow gauge."

"The third reason given by your chief engineer seems to have very little, if any, application to his argument in favour of the narrow, as against the wide gauge. It seems rather to be introduced for the purpose of showing, or asserting, that a train upon

the narrow gauge is capable of attaining as high a rate of speed as is reached upon any first-class railroad. In putting this rate of speed at '35 to 45 miles per hour with perfect safety,' I believe him to be in error, because I do not think that such a rate of speed can be adopted with *perfect safety* upon any road, or with any gauge."

"With the track in perfect adjustment, and cars of proportionate width and height, I SEE NO REASON WHY AN ENGINE OF SUFFICIENT POWER WILL NOT HAUL A TRAIN WITH AS GREAT SPEED AND SAFETY UPON A NARROW AS UPON A WIDE GAUGE. Although I believe it is generally conceded that, in the ordinary condition of our roads and rolling stock, a wide gauge is the safest for high rates of speed."

"The fifth and last reason assigned by your chief engineer is really the *great* argument generally advanced by the advocates of the extreme narrow gauge theory. And yet I firmly believe it to be the weakest, and, if proper tests could be applied, the most easily exploded, of any of the arguments yet advanced in its favour."

"But the great difficulty here, as in the other positions assumed in favour of this theory, is to apply the proper test. If we could have two parallel roads constructed, of equal lengths, grades, and curves, but of different gauges; and if we could have a given amount of passengers, and of the same kinds of freight, to transport over each, within a given time, and could be allowed to try experiments, as to the most economical mode of doing it, the problem could very soon be solved beyond a question."

"Or, if any main trunk line had been constructed of the gauge recommended by your chief engineer, upon which a mixed freight and passenger traffic had been carried on during a series of years, the results of which could be compared with those of any other similar line, having the ordinary gauge, and doing the same amount and kind of business, we might then be able to procure some data upon which to base an argument."

"But as we have neither of these examples before us, every one is allowed to form his own opinions from his own stand-point; and to advocate them in any manner, and for any purpose he pleases, apparently without any fear of successful contradiction."

"It will be observed, however, that the entire argument is merely speculative, and that it is based upon pure assumptions, instead of upon facts as they are known to exist."

"Your chief engineer assumes, as his fifth and last reason, that the percentage of dead weight to load, chargeable to the 3 ft. 6 in. gauge, is $\frac{57}{100}$; and that the same item chargeable to the 4 ft. 8½ in. gauge, is $\frac{78}{100}$, making a difference of $\frac{22}{100}$ in favour of the narrow gauge."

"In another place he assumes that the percentage of dead to live weight upon the 4 ft. 8½ in. gauge, is 100; upon the 3 ft. 6 in. gauge, 48; and upon the 3 ft. gauge, 56."

"He also says: 'In the above calculation I have used for the 4 ft. 8½ in. gauge *the box car now in use.* For the 3 ft. 6 in. gauge, *the box car as presented in this report.* For the 3 ft. gauge, *the box car as constructed* at the Wilmington Car Works *for the Denver and Rio Grande Railroad.*' I have italicised the portions of the above quotations to which I wish to call particular attention; and will only add the remark that '*the box car now in use*' has been actually and thoroughly tested during many years, and has been found to answer the purpose admirably well; '*the box car as presented in this report*' exists only in theory and upon paper; and '*the box car as constructed for the Denver and Rio Grande Railroad,*' if really constructed, has never been used sufficiently to test either its strength or durability."

"The terminal stations of the New York Central and the Erie Railways are within easy reach of your office. The difference between their respective gauges is greater than between the 3 ft. 6 in. and the 4 ft. 8½ in. gauges. The general character of their business is the same; and it is to be presumed that their rolling stock has been constructed, as to weight and dimensions, with due regard to the width of their respective gauges. I would therefore respectfully ask whether it would not have been as well for your chief engineer to have been obtained from these sources some reliable data upon which to base his arguments, instead of basing them so entirely upon mere assumptions."

Paragraphs 33 *to* 41.—"But as he has not done so, and does not give any reasons, either satisfactory or otherwise, for this apparent discrepancy between dead and live weight upon the respective gauges, I would respectfully ask him why this percentage is necessarily greater upon the 4 ft. 8½ in. gauge, and less upon the 3 ft. gauge, than it is upon the 3 ft. 6 in. gauge. And will he, or any other of the many advocates of this extreme narrow gauge theory, undertake to demonstrate why a platform ten feet square,

and capable of upholding a given maximum weight, should necessarily be of *more* than twice the weight and strength of one ten feet long and five feet wide, and capable of sustaining just one and a half of the same maximum weight? And, again, if an ordinary four-wheel truck, duly proportioned to the size and weight of the respective loaded platforms, were to be placed underneath each platform, why it should necessarily require *more* than twice the power to move the larger that it does to move the smaller platform?"

"These may be regarded as very trifling and unimportant questions. Yet, simple as they may appear, I am very much mistaken if they do not reach, and effectually undermine, the foundations of this narrow gauge theory, so far at least as it rests upon the great *dead weight* argument."

"In the absence of any actual test, or other demonstration, I will venture the opinion that the larger platform, if constructed only of equal proportional strength, will be found to be of *less* than twice the weight of the smaller one; and also, that *less* than twice the power will move it."

"If there be even a slight possibility that my opinion is correct, then why not try, at least, this very simple and cheap experiment at once, instead of expending millions of dollars upon what must at best be regarded as a very questionable theory? The trial may be made at almost any time, upon any road, and with any gauge, by merely making a proper allowance for the unnecessary length and size of the axles underneath the smaller platform; and the experimental platforms may be of any relative width required to furnish the superficial area or bearing surface claimed for the respective gauges."

"This simple test would, in my opinion, decide the whole question, for the very simple reason that these experimental platforms and trucks are the foundations which sustain all the superincumbent weight, and transmit it directly to the track underneath—whether this weight be in the form of additional length of platform, or of the superstructure of the car; or whether it be in the shape of paying freight and passengers."

"I maintain that the double truck flat, or platform car, is only an extension of these end platforms, properly connected together, and supported under the centre by a tension rod of iron; and that the box car, and the passenger and saloon coaches, are only these

very platforms and their extensions, sided up and covered over in a manner, and with a finish appropriate to their respective uses. And it is quite evident to my mind that this superstructure above the platform, which encloses the space required to protect the load, need be no heavier upon the wider gauge, than the proportion justly due to the increased tonnage, or number of passengers which it is designed to enclose and protect. If doubts exist upon this point, however, the matter may be very easily settled by extending the scope of the proposed experiment with the platforms, so as to include fully completed box and passenger cars, of the length, width, and height proposed for the respective gauges."

"But admitting, for the moment, that all the advantages claimed for the 3 ft. 6 in. gauge are, or appear to be, justly due to that gauge, I should still hold that, with the exception of the slight percentage chargeable to the wider gauge for additional cost of construction, all these advantages can be realised with greater economy and safety, by using the same character of rolling stock upon the 4 ft. 8½ in. gauge. And that these advantages, if realised upon the wider gauge, would far overbalance the additional cost of construction."

"It has been shown that the percentage chargeable to the additional cost of construction for the wider gauge is very small, probably not exceeding five to ten per cent. In order to adapt the rolling stock, which your chief engineer recommends, to the wider gauge, it would only require the lengthening of each axle 1 ft. 2½ inches. *And the weight of this extra length of axle and its cost I claim to be the only items which, under this arrangement, can justly be charged,* EITHER AS EXTRA DEAD WEIGHT, *or extra cost.*"

Having already proved, and I trust clearly, that the suggestions contained in the above paragraphs are utterly impracticable, and in reality tend only to show that General Buell's proposed rolling stock is adapted more nearly to the requirements of traffic than the ordinary wide gauge stock, I may briefly refer to the advantages which Mr. Seymour claims could be obtained by the adoption of narrow gauge stock for a broad gauge road.

These advantages are:—1. If commercial advantages are to be gained by exchanging cars with connecting lines, you would be in a condition to secure them. But I find that Mr. Seymour is an advocate of break of gauge for main lines, and to prove his case he advances the argument of General D. C. McCallum, for many years General Superintendent of the New York and Erie Railroad.

General McCallum states that, "It was also said that *uniformity of gauges* was necessary to the economical transportation of freight; and that a departure from the uniformity hitherto preserved would involve additional expenditure in loading and unloading freight, between all connecting roads having different gauges, as they would, from this cause, be precluded from interchanging cars; the disparity limiting their use to the particular road to which each was adapted.

"Plausible as this argument may at first sight appear, it is nevertheless, in point of fact, not true as to the *economical* effects claimed; as the cost of transferring freight from the cars of one road to those of another with which it connects, is less than that of hauling the 'empty returned cars' back—rendered necessary in cases where the freight is sent east—the preponderance of trade being largely in that direction. It may be said, the 'dead weight' hauled would be the same whether the load was conveyed in cars belonging to this or some other road; but such is not the case, as the cars belonging to this road may be used in transporting local freights on their return, between intermediate stations, so as to be partially loaded at least; whilst in the other case the cars must be promptly returned to their owners for use.

"This system of interchange of cars, so far as short roads are concerned, is undoubtedly beneficial; but if applied in connexion with long roads, the benefits will be found to be derived at the expense of the latter, as in the settlements between the two, the payments for 'mileage' for the use of cars will in-

variably be in favour of the short lines. The long roads by this system are frequently compelled to pay the hire of rolling stock of inferior construction (their own, perhaps, in the meantime standing idle), and also to expend large sums to keep such cars in repairs; as they are not unfrequently sent from one road to another in such a dilapidated condition as to involve the necessity of switching them out of the train before reaching their station, making it often necessary to reship goods at points where it is not only inconvenient but expensive to do so. This has been the experience of this road, and our accounts show that it has *cost this Company nearly double the amount per mile run for the repairs of cars belonging to other lines that has been expended on their own.* These objections have been found so serious in their character that it has been deemed necessary to almost entirely discontinue the system of interchange, although the lateral roads connecting with this were constructed of the same width of gauge with that particular object in view.

"Whatever advantages may be claimed for the system, in its application to short roads forming the same line, or to lateral roads connecting with main trunks, I have no doubt it can be clearly shown that companies owning the latter have nothing to gain, but much to lose, by such an arrangement; and I confidently believe that the experience of railroad managers generally will bear me out in the remark that a road five hundred miles in length, with a gauge that does not correspond with that of any independent line with which it connects, enjoys in this particular an enviable position.

"An accurate account of the cost of loading and unloading has been kept at the Dunkirk station, from which it appears the expense is about SEVEN CENTS A TON, certainly a much less sum than the cost of hauling the extra dead weight, repairs of cars, and wear and tear of machinery, involved by the interchange of cars."

Without indorsing opinions which, however, have much to recommend them, I may point out that the cost of transferring goods involved by break of gauge is so small as to be of little consequence, although I believe all the opponents of broad gauge (with the honourable exception of Mr. Seymour) have strained this point to the utmost, and have endeavoured to show that the cost of shifting goods from one line to another would of itself more than counterbalance all the other advantages of narrow gauge. These thorough-going advocates forget that no traffic is conducted without a break of gauge, and that under the most disadvantageous conditions; for freight conveyed in horse wagons to depôt cannot be shifted upon the railway so quickly or so cheaply as it can from one railway train into another alongside of it. The large experience obtained upon this point is very conclusive, not only from the daily practice of transferring goods from road to railway at all our large depôts, but upon the many narrow gauge lines now working.

Thus on the Antwerp and Ghent Railway the maximum rate is 3·11d. per ton, on another Belgium narrow gauge it is 1·5d. per ton; on the New York and Erie it was found to be 7 cents; in Sweden 2d. a ton; on the Montepone line about the same, and M. Nördling has demonstrated that for a line with a very moderate traffic there is a marked economy in breaking gauge for a line only two miles in length, the saving increasing rapidly as the length of line and amount of traffic augment. But Mr. Seymour and myself are so thoroughly in accord upon this subject of break of gauge that I allude to it for the benefit of those who may have been influenced by the objection based on this point.

Mr. Seymour's second alleged advantage is: "A train, like a wagon, may be hauled much easier with wheels of large than small diameter. This width of gauge allows of considerably larger wheels, under its *ordinary* rolling stock, than are admissible upon the narrow gauge; but with this proposed reduced

height of car upon the wide gauge the wheels may be made so much larger that a very material saving will be effected in power." I must confess my inability to understand this "advantage." Does Mr. Seymour mean that he proposes to make a radical change in American rolling stock, and to substitute wheels of large diameter for the 30 in. wheels usually employed in the States? He must, I presume, mean this, as Mr. Pihl uses wheels of the same size for the Norwegian railways,* although the word "*ordinary* rolling stock" would lead us to suppose that he wishes to imply that the wheels of ordinary American rolling stock are larger than can be obtained on the 3 ft. 6 in. gauge. I believe, indeed, that the wheels of the Denver and Rio Grande Railway cars are only 24 in. in diameter, the object being to keep the lofty stock as near the rails as possible; and the Denver passenger cars being 10 ft. 6 in. high, to what "proposed reduced height" does Mr. Seymour refer, and how much larger would he make his wheels in one case than the other? I can only suppose that a gentleman like Mr. Seymour, bound entirely to precedent, would not propose any radical change—would in fact shrink from advocating anything existing only "in theory and upon paper," and that he must mean that a very material saving would be effected in drawing a car upon 30 in. wheels over a car running on 24 in. We may ascertain exactly how much this "saving" would be.

On a straight and level line the normal resistance of wagons is composed of two elements:—

1st. The friction of the wheels.

2nd. The resistance of the air.

When working at low speed the second element may be neglected, and the resistance considered as due only to the frictional resistance, which is expressed by the following well-known formula:—

$$R = (p + p')f' + \left(p \times f'' \times \frac{d}{D}\right)$$

* All my 3 ft. gauge stock has 30 in. wheels.

In which

p = the weight of the wagon without the wheels;
p' = the weight of the wheels;
d = the diameter of the axle journals;
D = the diameter of the wheels;
f' = coefficient of the rolling friction of the wheels;
f'' = coefficient of the friction of the axle journals in their bearings.

The coefficient $f' = 0{\cdot}001$ according to Wood, and by the experiments of Vuillemin, Guébhard, and Dieudonné, the resistance of a wagon moving at a speed of from 0·62 to 3·1 miles per hour = 2·464 lb. per ton (2,240 lb.), or nearly the same as that given by Mr. Wood. The coefficient $f'' = {\cdot}018$, for axle boxes lubricated with oil. (With grease lubrication $f'' = {\cdot}032$)

In the Denver and Rio Grande stock,

$$p = 11{,}620 \text{ lb.}$$
$$p' = 3{,}380 \text{ lb.}$$
$$d = 3{\cdot}25$$
$$\mathrm{D} = 24$$

$$\text{then } \mathrm{R} = 15{,}000 \times {\cdot}001 + \left(11{,}620 \times {\cdot}018 \times \frac{3{\cdot}25}{24}\right) = 43{\cdot}32.$$

The 24 in. wheels of the Denver stock would weigh 335 lb. each, and the weight of the 30 in. wheels would be 440 lb. (These are, I believe, the weights of the standard cast-iron wheels used in the States.) The difference of weight against the eight larger wheels would be 840 lb., the increased weight of axles (assuming the same section in each case) would be 224 lb. To this must be added the increased weight of the bogie frame due to the larger gauge; this would be equal to at least 1,000 lb., so that the increased dead weight of Mr. Seymour's proposed stock would be at least a ton. In this case we should have—

$$p = 12{,}620 \text{ lb.}$$
$$p' = 4{,}380 \text{ lb.}$$
$$d = 3{\cdot}25$$
$$\mathrm{D} = 30$$

$$\text{then } R = 17{,}000 \times \cdot 001 + \left(12{,}620 \times \cdot 018 \times \frac{3\cdot 25}{30}\right) = 41\cdot 60$$

These resistances apply to low speeds; but the same holds good for any velocity, as will be seen from the following table of resistances formed by MM. Vuillemin, Guébhard, and Dieudonné :—

Speed in miles per hour.	Coefficients of resistance per ton (2240 lb.)
21·7	17·024
15·5 to 18·6	14·112
12·4 „ 15·5	12·096
9·3 „ 12·4	9·632
6·2 „ 9·3	7·616
3·1 „ 6·2	5·6
·62 „ 3·1	4·48
Starting	19·488

This "very material saving" is thus only 4 per cent. of the total resistances at low speeds, while as the speeds increase the percentages diminish, until, as will be seen from the annexed table, at the very moderate speed of 20 miles an hour, it sinks down to ¾ per cent.

The carriage by which these results were obtained had a close body carried upon four wheels, the axles being lubricated with oil. It weighed 12,100 lb. It will be seen from the above figures that the resistances increase with an increase in the initial velocities; if the initial velocity is doubled, the resistances are almost doubled also.

Mr. Seymour's third alleged advantage is as follows: "Having a greater base of track in proportion to the height and width of your cars, the irregularities in the track would be less apparent; and you could certainly run as fast trains with greater safety, or faster trains with equal safety, than you could upon the narrow gauge." But in paragraph 24 we find that Mr. Seymour gives it as his opinion that there is no "reason why an engine of sufficient power will not haul a train with as great speed and

safety upon a narrow as upon a wide gauge." So that by his own showing there is no special advantage due to the modification he proposes.

Fourth advantage: "The height and width of the train being less than that in general use upon the wider gauge, the atmospheric resistance would be proportionately less; and you could make faster time with the same amount of power than is made upon the ordinary 4 ft. 8½ in. road."

Fifth advantage: "You would relieve the entire question, or, at least, the wider gauge portion of it, from the enormous load of extra *dead weight*, which it has heretofore been compelled by its adversaries to carry, because, under this arrangement, it would evidently be reduced to merely the weight due to the extra length of the axles."

The proposition of Mr. Seymour to place narrow gauge stock upon a broad gauge track proves clearly that the advantages claimed by me for narrow gauge are indisputable, so far as rolling stock is concerned. He admits all, in fact, that I could wish him to admit, the reduction of dead weight, and the construction of vehicles, the size of which shall be adapted to the loads they shall have to carry, and as he has already stated his belief that safe running at high speeds is equally practicable on both broad and narrow gauge, it appears to me that he must be a strong narrow gauge advocate without knowing it himself, otherwise how could he help me to prove my case so well as he has done?

In a few words I may dismiss this question of narrow gauge stock on broad gauge under-frames. By adopting it he would gain nothing, and would lose much. According to his own statement, he gains nothing in safety or in capacity, while he loses enormously in first cost of building his line, as I have already shown; he runs up his dead weight, and requires heavier, more powerful engines to do the same work that can be better performed upon narrow gauge. Even the strong argument of

avoiding break of gauge he refutes himself, by showing it to be a mere fallacy. But even if everything else were equal, it is obvious that the large saving in first cost of construction is sufficient to place his proposal outside the pale of professional civilisation.

> *Paragraphs* 42 to 44.—"If other reasons were wanting, I believe that those already given would fully justify the expenditure of the very small percentage of additional cost; and also the hauling of the very small additional amount of *dead weight* which would be fairly chargeable to this arrangement.
>
> "I have not deemed it important to notice particularly that portion of your chief engineer's report in which he compares the 3 ft. 6 in. with the 3 ft. gauge; neither have I paid any attention to his statements, figures, and illustrations, respecting the size, weight, and proportions of engines, cars, iron rails, &c., or to the centre of gravity, angle of stability, and laws of equilibrium, &c., &c., for the reason that I prefer that the advocates of all these extreme narrow gauge theories upon different gauges, should settle these details among themselves; and also for the further reason that, if my conclusions are right, and theirs are wrong, in relation to the general principles which lie at the foundations of the entire narrow gauge theory, then these details are, comparatively speaking, of very little consequence.
>
> "I will venture the remark, however, in passing, that if the comparisons which your chief engineer institutes between the 3 ft. 6 in. and the 3 ft. gauges are well founded, they would not only go very far towards weakening his argument against the 4 ft. 8½ in. gauge; but they would, if carried sufficiently far, be in great apparent danger of destroying the prestige claimed for the little Festiniog road in Wales."

In designing the rolling stock for the Norwegian lines, Mr. Carl Pihl adopted such proportion as to get almost the same angle of stability as is obtained in ordinary lines of 4 ft. 8½ in. gauge.

The angle contained between lines drawn from the centre of gravity of an ordinary American car to the rails 4 ft. 8½ in. apart is less than that obtained in the ordinary Norwegian 3 ft. 6 in. stock,

which varies from 40½ to 38½°, according to the position of the load, and these are obtained with wheels 30 in. in diameter.

Paragraphs 45 to 54.—"Your chief engineer has omitted to urge one argument in favour of narrow gauge railroads which is generally urged with great pertinacity by the advocates of that theory, although he fully endorses the principle. I refer to the advantage claimed for passing through curves. He says: 'I concede the 3 ft. gauge has an advantage in turning acute curves; but this is no argument; for, whatever might be the gauge of the track, I should locate the line of road as straight as possible, at the same time giving the question of economy due consideration.'

"Now, I respectfully submit that, if the narrow gauge has the advantage claimed for it in this respect, it is a very strong argument in its favour, for the reason that the maximum load which can be hauled over any railroad with a given amount of power is, with the present arrangement of machinery, governed as much by the increased resistance upon its curves as by the increased relative resistance upon its grades. And, therefore, if this resistance upon curves is less upon the narrow than it is upon the wider gauge, it certainly is entitled to the full benefit of the argument.

"But I believe this argument, like most of the others advanced in support of the narrow gauge theory, to be entirely fallacious.

"There are two kinds of resistances which a curve imposes upon an engine and train while passing through it, that are not encountered upon a straight line. One of these is the impingement of the flange of the wheel upon the outer rail, while overcoming the direct, or tangential tendency of the train; and the other is the sliding of the wheels upon one rail a distance equal to the difference in the lengths of the two rails throughout the curve.

"The resistance due to the impingement of the flange against the rail is greatest upon curves of the smallest radii, and naturally diminishes as the radius increases, for the reason that the angle of impingement becomes less. Now, with a centre line of given radius, it is evident that the farther the outer rail of the curve is removed from this centre line, the greater will be the radius of the curve of the rail upon which this resistance occurs; and hence, the wider the gauge, the less will be the resistance.

largest proportion of the curve resistance. But then resistances practically diminish inversely as the square of the wheel base, so that it is evident the narrow gauge stock possesses a great and indisputable advantage over the larger. Thus a carriage with a 12 ft. wheel base throws four times the strain upon the rails that would be caused by a 6 ft. wheel base, because the versed sine corresponding to such chords as those of which we have been speaking is practically four times that corresponding to a 6 ft. chord on the same curve.

With regard to the other cause of resistance, the slipping of the wheels upon the outer rail, let us assume the case of a 200 ton train travelling at the rate of 20 miles an hour, meeting a curve of 10 chains radius, and extending through the eighth of a complete circle, the gauge being 4 ft. 8½ in., and the inner rail having a curve of 10 chains. The difference in length of the inner and outer rails with any gauge upon any curve $= 3{\cdot}141 \times 2\,G$ (G being the gauge) for a complete circle, and in the case we have assumed of a curve one-eighth of a circle, the extra length of the outer rail would be 3·7 ft., over which the wheels must slip, supporting one half the weight of the train. Taking the coefficient of sliding friction at 1-5th, there would be 20 tons = 44,800 lb. of resistance passing over 3·7 ft., and developing 165,760 foot pounds of work; but the mean length of the curve being 520 ft., the time occupied in traversing it at the speed indicated would be 20 seconds, and the extra work expended, $\frac{165{,}760 \times 3}{33{,}000} = 15$ horse-power. On a 3 ft. 6 in. gauge the reduction in the length of the outer rail and dead weight of train would reduce this extra power to at least half. As the radii of the curves diminish the resistances increase, but the time taken in passing around them is reduced also, so that the increased power is required for a shorter period, and although narrow gauge offers, as we have seen, far less resistance due to the slipping on the outer rail, and consequently causes less wear both to wheels and rails, the most

important point to be considered is the minimum radius which can be adopted on narrow and wide gauge; and it will be found that the former has a marked advantage over the latter. I have already shown that it is impossible to reduce the wheel base of ordinary rolling stock to the dimensions which narrow gauge allows, and I have mentioned that the resistances practically increase as the square of the length of the wheel base. It is obvious, then, that in this respect narrow gauge complies more closely with the desired conditions, and as reduced resistance is synonymous with prolonged life of rails and of rolling stock, I think it is evident that the sharp curves narrow gauge admits of, have no small balance of advantage.

Paragraphs 55 to 65.—"I have thus given you, at some length, my views in relation to the recommendations of General Buell, your chief engineer, as contained in his report; and I fear that these views, in some instances, may have been expressed more frankly, and with greater candour, than may prove to be entirely agreeable either to yourself or to him.

"I was educated, as you are aware, in the Broad Gauge School, having spent the early portion of my professional life upon what is now the Erie Railway, and its branches and extensions, of which company you were at that time an active and prominent director. You can, therefore, make such allowances as you may think proper, for early prejudices, in what I have said or may say upon this subject. I am not conscious, however, of entertaining a feeling either of prejudice or of interest in the matter, my only desire being, if possible, to arrive at the truth.

"You have done me the honour to ask for my written opinion: 'as to whether a first-class railway, of equal speed, comfort to passengers, and capacity for freight, with those possessed by the gauges now in general use, can be built upon a narrow gauge; and if so, what gauge would you recommend?'

"In discussing a question of this importance it should be borne in mind, that the general adoption of the 4 ft. 8½ in. gauge, both in this country and in Europe, is not the result of accident, or the want of careful study and investigation.

"When Mr. George Stephenson first conceived the great idea of adapting locomotive steam power to purposes of railroad trans-

portation, it is true that the controlling idea of his practical mind was, not so much the establishment of the most useful and economical gauge, as it was the substitution of steam for horse power; but the roads, and the wagons upon and to which this new motive power was to be applied, had already been constructed of the 4 ft. 8½ in. gauge; and a long experience had shown them to be the best and most economical that could be devised for the use of horse power. Mr. Stephenson found no difficulty in adapting his machinery and power to that gauge; and he therefore adopted and advocated it during his long and eventful life. It therefore very soon became the ruling gauge of England; and, as the first locomotives that were used in the United States were manufactured in England, it very naturally became the ruling gauge in this country.

"At a subsequent period, the subject of gauges underwent a most searching investigation in England, by a parliamentary commission, before which Mr. Brunel and other distinguished engineers advocated a gauge of much greater width, while Mr. Stephenson and others adhered to the original gauge of 4 ft. 8½ in.; and this gauge was finally approved by the commission.

"At a still later day the question of gauges was thoroughly discussed by some of the best engineering talent in this country before the New York and Erie Railroad Company; and that company, being composed of some of the most practical and enlightened men in this city, after hearing the most exhaustive reports and arguments upon the subject, decided to adhere to the gauge of 6 ft., which had previously been adopted.

"At another time the Legislatures of New Jersey and Ohio passed laws establishing the gauge of railroads, in their respective States, at 4 ft. 10 in., for the purpose, it is believed, of preventing an interchange of rolling stock between their own roads and those of adjoining States. This restriction, however, if not repealed, has been in a great measure superseded by the very questionable, if not dangerous device, of the *broad-tread* or *compromise* wheel, which allows the same car to run over both the 4 ft. 8½ in. and the 4 ft. 10 in. gauges.

"In many of the Southern States, and also in Canada, gauges of 5 and 5½ ft. have been adopted to a great extent, and used successfully during many years.

"The original charter of the Union Pacific Railroad Company provided that the President of the United States should decide

upon the width of gauge for that road. Being then in the employ of the Government, at Washington, I was requested by the Secretary of the Interior to recommend a gauge to be adopted by the President. I accordingly recommended the 5 ft. gauge, which was approved. Congress, however, changed it afterwards, by special resolution, to 4 ft. 8½ in.; the argument urged in favour of the change being, that all eastward connecting railroads were of that gauge; and it would therefore be fatal to the enterprise, to make a break of gauge at the Missouri River.

"In view of all these facts, it must be conceded that a great deal of thought, investigation, experience, and legislation have already been bestowed upon the subject; but in no instance, so far as my knowledge extends, has the idea been seriously entertained or advocated, of reducing the gauge of main trunk lines of railway below the limit of 4 ft. 8½ in., until the present agitation of the subject has given prominence to that idea."

I have reproduced these paragraphs, rather because they contain one or two interesting facts in railroad history, than for their reference to the subject under discussion, but I may point out that the assertion made by Mr. Seymour, that Mr. George Stephenson "first conceived the great idea of adapting steam power to purposes of railway transportation," is a very characteristic one, and illustrates that he is as careless about facts as he is incorrect in many of his deductions.

Paragraphs 66 to 71.—"And now, if this theory of extreme narrow gauges for all classes of railroads shall prove to be well founded, it certainly becomes us to look about, and see whether the same radical error has not crept into our other methods of locomotion, transportation, and the various applications of natural and mechanical power. Whether our heavy draft horses, and clumsy carts and wagons could not profitably be exchanged for a greater number of the more diminutive Shetland pony, with carriages to fit; or, perhaps, for something approaching still nearer to our single tracked wheelbarrow or velocipede. Whether our State canals should not have been made narrower instead of wider. Whether the streets in the lower portion of our city should not be diminished instead of enlarged in width. Whether our steamers and sailing vessels should not have retained their original dimensions, instead of growing to their present enormous proportions.

Whether five hotels had not better be constructed, with accommodations for one hundred people each, instead of one single hotel with accommodations for five hundred people. And whether twenty stationary engines of five-horse power each had not better be employed to do the work of one single engine of a hundred horse power.

"It is certainly important that these vital principles should be thoroughly examined; and if it shall be found that we have been living, during the past half century, under a radical mistake or illusion, it is high time that the mistake should be corrected, and the illusion dispelled.

"It is quite evident, to my own mind, that this entire subject of railway gauges has become too much confused and befogged by technical phrases, scientific terms, and glittering generalities. When stripped of these, it becomes simply a question of sound judgment, and good, strong common-sense.

"Every intelligent farmer understands that a load of hay will tip over easier than a load of stone, simply because it is more *top-heavy;* but if you put your 'centre of gravity,' 'angle of stability,' and 'laws of equilibrium' at him, he will become confused at once.

"Every intelligent teamster, or carter, knows that he can haul a given quantity of tonnage a given distance, cheaper, if not quicker, by using a good, strong double team with one suitable wagon; instead of by hauling, with the same team, two wagons of half the capacity each, one behind the other; or instead of dividing his team, and attaching one horse separately to each of the smaller wagons; simply because, in the case of the two smaller wagons, one behind the other, he had twice the number of axles to grease, and their friction to overcome; and at least one-half of his load is too far behind his team to be handled easily; and in the case of two single horses hitched to two smaller wagons, he not only has twice the number of axles or journals, but he has an extra driver to pay; but if you should put the *dead weight* and extra power arguments at him with all their force, ten to one he would not understand a word you might say.

"And still the great principles which underlie and should govern the construction and management of railroads, are simply these, or others, equally practical in their application, and nothing more."

There is little to observe upon these paragraphs; Mr. Seymour's whimsical suggestion to reduce the dimensions of our streets, vehicles, vessels, hotels, and so forth, is totally beside the question, and, indeed, he has previously stultified himself by suggesting the very alteration—namely, the reduction in size of vehicles, which he afterwards ridicules.

And if his friend, "the intelligent teamster," had only a load for half the capacity of his "good, strong, double team, with suitable wagon," and that for forty out of fifty times his "good, strong, double team, with suitable wagon," only carries 25 to 50 per cent. of its capacity, what then would the intelligent teamster do? Why at the end of six months, if he found himself still out of bankruptcy, he would have divided his "good strong, double team, with suitable wagon," into two, each one of sufficient capacity to take his *mean average*, and trust to sending a second wagon on the few occasions when it happened that he had more than his average load to take. Mr. Seymour assumes his teamster to be the reverse of intelligent, if he imagines he will run the two smaller wagons with a load insufficient for one of them.

Paragraphs 72 to 111.—"Applying these principles, as well as I am able, to the specific question of gauges now under consideration; and availing myself of a somewhat extended and varied experience, both in the construction and management of railroads, I am forced to the conclusion, that a first-class railroad cannot be constructed and operated with a gauge narrower than 4 ft. 8½ in., that will, if doing a large and miscellaneous business, combine all the elements specified in the interrogatory contained in your letter—to wit, 'equal speed, comfort to passengers, and capacity for freight'—with as much facility and economy as the same elements can be combined upon the 4 ft. 8½ in., or even a broader gauge.

"The subject, as presented to my mind, has naturally divided itself into the following general propositions:—

"1. Comparative cost of construction.

"2. Comparative facility and economy in packing or loading.

"3. Comparative economy in hauling.

"4. Comparative advantages of a gauge common to connecting lines.

"As to the first proposition, I am prepared to admit that the advantages are slightly in favour of the narrow gauge, but to nothing like the extent claimed by the advocates of the extreme narrow gauge theory.

"As to the second proposition, I claim that the advantages are so greatly in favour of the wider gauge, that they very far outweigh the additional cost of construction.

"I believe that the width of rolling stock, adapted to the 4 ft. 8½ in. gauge, can, if proper study and care are used in details, be constructed cheaper and of less weight, in proportion to its comfort and capacity, than rolling stock of the same relative width, strength, durability, comfort, and capacity can be constructed, and run with equal speed, economy, and safety upon a narrower gauge.

"The comparisons that are constantly being made by the advocates of the extreme narrow gauge theory, between the weight and capacity of the rolling stock required for their favourite gauges, and that now in general use upon the wider gauge railways, both in this country and in Europe, is exceedingly unjust towards the broader gauge; for the reason that the extreme minimum of cost and weight has been studied and appropriated for their own gauges; and every inch of space is assumed as being occupied *during the entire trip with live or paying weight;* while, for the wider gauges, they adopt for the comparison a miscellaneous outfit, made up with strict regard to these elements of cost and weight, and used promiscuously for way and through business—sometimes full, sometimes partially loaded, and sometimes entirely empty, according to the nature of the traffic, or the circumstances which control the business of the road.

"They seem to imagine that all these contingencies would be avoided upon the narrower gauge, even if it were doing the same kind of business.

"But let the test, which I have suggested in another place, be fairly applied to this question, and I am perfectly content to abide the result.

"I am prepared to admit that a great deal of unnecessary and non-paying weight, as well as useless and injurious friction, are constantly being hauled over our railroads. And I trust that

the ventilation which this subject is now undergoing will have a tendency to correct this particular evil, even if nothing better shall result from it. I might illustrate this proposition by referring to the enormous and unnecessary weight of some of our passenger, drawing-room, and sleeping cars, in proportion to the number of passengers which they accommodate. Many of these are nearly as heavy as the engine that hauls them; and they are often obliged to be coupled as near the engine as possible, in order to be moved at all.

"I cannot admit, however, that this evil is in any degree chargeable to the width of track. It results entirely from the excessively *broad gauge* of the managers of some of our railways; and of the caterers to the public taste, who are allowed to come between the public and the stockholders who construct the road, and furnish the power to haul these cars; and this evil would be as likely to occur upon one gauge as another."

I need scarcely refer to the conclusions at which Mr. Seymour has arrived, because I have already discussed them so fully, and I hope I have shown that those advantages claimed for narrow gauge really exist to the full extent which I maintain for them. And I have not, it will be observed, assumed those special and unfair conditions of which Mr. Seymour complains; on the contrary, I have supposed the traffic conditions to be alike in both cases.

"As to the third proposition, with reference to the comparative cost and application of locomotive power upon railways of different gauges, I will respectfully refer you, for actual results upon the 6 ft. gauge, to the appended extract from General McCallum's Report, upon the New York and Erie Railway; and for actual results upon the 4 ft. 8½ in. gauge, to a communication which has been kindly furnished me by Mr. H. Stanley Goodwin, Assistant-General Superintendent of the Lehigh Valley Railroad, which will also be found in the Appendix. But, for the narrow gauges, I can, unfortunately, refer you only to *theoretical* and *assumed* results; and I do not regard these as being sufficiently reliable, either to warrant a comparison with known results upon the broader gauges, or to justify any conclusions that might result from such a comparison.

"From General McCallum's Report it appears:

"1. That an engine of 66,050 lb. total weight, and having 40,050 lb. weight upon the driving wheels, hauled a train consisting of 100 loaded cars, weighing 3,423,150 lb., over a mile of road, on an ascent of 6·14 ft., and a curve of 5,730 ft. radius, in 11½ minutes.

"2. That the same engine hauled a train of 22 loaded cars, weighing 753,082 lb., over a mile of road, on an ascent of 60½ ft., and a curve of 1,146 ft. radius, in 6½ minutes.

"3. That the same engine hauled a train of 25 loaded cars, weighing 870,250 lb., over one mile of road, on an ascent of 52 ft., and a curve of 1,146 ft. radius, in 9 minutes.

"4. That the same engine hauled a train of 23 loaded cars, weighing 800,330 lb., over one mile of road, on an ascent of 60 ft., and a curve of 1,637 ft. radius, in 5 minutes.

"5. That the same engine hauled a train of 24 loaded cars, weighing 821,544 lb., over one mile of road, on an ascent of 60 ft., without curvature, in 5½ minutes.

"6. That the same engine took the same train up the next mile, on a grade of 58 ft., and through a curve of 3½° per 100 ft., in 8½ minutes.

"It appears from Mr. Goodwin's letter:

"1. That the engines in ordinary use upon the Lehigh Valley Road are of two kinds: 1st, the ordinary 10 wheel engine, weighing from 76,400 lb. to 78,000 lb. with fire and steam, of which from 61,600 lb. to 63,000 lb. weight is on the 6 drivers, and the remainder upon the leading truck; 2nd, the other kind of engines called 'Consolidation,' weigh 86,000 lb. with fire and steam, of which 76,000 lb. is on 8 drivers of 4 ft. diameter.

"2. That the average weight of freight cars, in general use upon that road, is $3\frac{4}{10}$ tons each, and that the average useful load which they carry is $5\frac{4}{10}$ tons each, making $8\frac{8}{10}$ tons of car and load." *

But this useful load is only carried in one direction, making the paying load per mile run by the wagons not $5\frac{4}{10}$ tons, but $2\frac{7}{10}$ tons.

"3. That the heaviest traffic upon that road is upon 46 miles, where the grade is either level, or descending at the rate of 20 ft. per mile, and that upon this portion there are many curves of 955 ft. radius.

"4. That upon this portion an engine can haul down, with the

* Please note here the discrepancy between *facts* and *assumptions*.

same ease, the number of loaded cars that the same engine will haul up empty.

"5. That this number averages in good weather 150 cars, hauled with the 10 wheel engines, and in some cases has reached 200.

"6. That the 'Consolidation' engines have hauled 250 cars over the same road, 'and could probably exceed 300 before reaching the engines' capacity.'

"7. That upon 12 miles of another portion of the road there is a grade of 96 ft. per mile, with curves of 955 ft. radius. Up this grade the 10 wheel engines haul 22 loaded cars, weighing 194 tons; and the 'Consolidation' engines haul 33 loaded cars, weighing 290 tons.

"8. That upon an ascending grade of 146 ft. per mile for 2 miles in length, the 10 wheel engines haul 37 empty cars, weighing 122 tons, and the 'Consolidation' engines haul 55 empty cars, weighing 182 tons.

"The foregoing synopsis of general results contains, perhaps, all the information upon this point that is required for the purpose of instituting a comparison between the relative cost of power upon the 6 ft. and the 4 ft. 8½ in. gauges respectively; and also to deduce a result which would logically follow, upon a comparison between the 4 ft. 8½ in. gauge, and the narrower gauges.

The information contained in these paragraphs is interesting as affording some particulars as to the duties of certain engines at work in the States, but nothing more.

"But I will leave the labour of such a comparison to be performed by the advocates of the extreme narrow gauge theory, and close what I have to say upon this branch of the subject with the single remark, that until this is satisfactorily done or until such other practical tests are applied to the narrow gauges as will demonstrate, beyond a question, their superiority in this, as well as in the other respects referred to, they should not expect, with so much apparent confidence, that their favourite system will soon supersede the one which has been in use so long and so successfully.

"As to the fourth proposition, with reference to continuous gauges, it being more of a commercial than an engineering question, I would not speak with so much confidence, although I

should, at the present time, and under all the circumstances, probably recommend the 4 ft. 8½ in. gauge as the standard gauge of the country. I have never been an advocate, however, of continuous gauges upon main trunk connecting lines of railway, merely for the purpose of avoiding the necessity of changing cars and breaking bulk.

"I believe that the great damage and inconvenience growing out of an interchange of cars upon thousands of miles of connecting, and in many instances hostile or competing lines, very often overbalance any good, or real saving to the stockholders, that may result from it; although, like all other rules, it probably has its exceptions. If the truth could be ascertained, I have no doubt that the present mania for harmonising gauges, and consolidating lines, is more the result of a desire, on the part of ambitious managers, to overreach competing lines, by the establishment of agencies and other influences very far in advance of them, than any saving in the actual cost of transportation that, as a general rule, can be shown to result from it.

"Inasmuch, however, as the opinion of a practical railway manager of high reputation, and of a much larger experience in such matters than my own, should have much greater weight than any that I would venture to advance, I will append an extract from a very able and comprehensive report made in 1856, to the New York and Erie Railroad Company, by General D. C. McCallum, then general superintendent of that road, and afterwards, during the late rebellion, the general manager of all the military railroads in the United States; and as the same report contains, in the same connexion, important facts and arguments bearing upon the subject now under consideration, relative to the application of power, the comparative economy of transportation upon different gauges, and the relation which the width of the gauge should bear to the amount of business to be done, I will also take the liberty of embodying these in the extract, for your information."

In these remarks I entirely concur with Mr. Seymour.

"Having expressed an opinion so decidedly against *all* gauges of a width less than 4 ft. 8½ in., it will probably be regarded as supererogatory for me to furnish an answer to the concluding

part of your question, to wit, 'and if so, what gauge would you recommend?'

"I must, however, first, I may be permitted to state the reasons which influenced me in recommending the gauge of the Union Pacific Railroad and its branches to be established at 5 ft.

"I believed then, and now believe, that experience has demonstrated that the width of rolling stock in general use upon the 4 ft. 8½ in. gauge is more than wide to afford the necessary and proper comfort to passengers, and average capacity for the average rolling classes of freight that are generally offered for transportation to the main trunk lines of railroad in this country. I also believe that the gauge of 4 ft. 8½ in. has been found somewhat too narrow to afford the requisite base for this width of rolling stock, to insure a full measure of economy and safety, particularly if run at high rates of speed over our somewhat imperfect and uneven railroad tracks.

"This disproportion between the width of gauge and rolling stock has undoubtedly grown out of an effort on the part of the 4 ft. 8½ in. gauge managers to reach, as nearly as possible, the width of freight and passenger cars used upon the wider gauges of 5½ and 6 ft., and thus afford (approximately at least) the same 'comfort to passengers and capacity for freight' that are claimed for these wider gauges. In doing this, I think they have slightly overreached the verge of safety, if not of strict economy; and therefore, a gauge of 5 ft., placed under the same rolling stock, would, to some extent, correct this error. Inasmuch, therefore, as I then believed that the great pioneer line, extending from the Missouri River to the Pacific Ocean, would, for many years at least, have no competitor; and that it could, therefore, very well afford to run and control its own rolling stock; and that other Pacific lines, when built, would, in all probability, follow its example, I had no hesitation in recommending the 5 ft. gauge.

"The foregoing may be regarded as only a demonstration, based upon general principles, of the fallacy of the extreme narrow gauge theory, as applied to all main trunk lines of railway in this country.

"When these principles are applied particularly to the proposed Texas Pacific Railroad, I think they will be found to possess peculiar force.

"Your road, when completed, will necessarily come into direct competition, for the great trans-continental traffic, with the Central, Union, and Kansas Pacific Railroads, which are already constructed; and which, with their numerous connexions eastward of the Missouri River, form continuous lines from the Pacific Coast, at San Francisco, to the great commercial ports upon the Atlantic seaboard.

"The Northern Pacific Railway is now under construction, from Puget Sound, upon the Pacific, to our great inland lakes, and thence by numerous connecting lines to the Atlantic coast. And it will therefore very soon become another formidable competitor for this immense traffic.

"The Canada Pacific Railroad will also, in all probability, very soon be constructed, and form a continuous line from Puget Sound to the head of deep ocean steam navigation upon the St. Lawrence River at Quebec; thus forming another competitor for the traffic across the continent.

"These great competing lines will all have an unbroken gauge of 4 ft. 8½ in. throughout their entire length, from ocean to ocean.

"I would, therefore, regard the commercial argument in favour of an unbroken gauge, of at least equal width, for the Texas Pacific Railroad, extending, as it will, from San Diego on the Pacific to the Mississippi River, and thence with its connexions, eastward to the Atlantic Ocean, as being entirely unanswerable—not upon the ground that it can be defended upon strictly scientific and abstract principles; but for the more practical reason, that this theory of *funding* gauges, as well as stocks, has become the popular and settled policy of the country, with reference to our great competing lines of railway; and as such, is looked upon with favour, not only by those who furnish capital to construct these lines, but by those who provide business for them after construction.

"If, therefore, the construction of your road should be undertaken upon an inferior gauge, and one that would necessarily form a break with all its railroad connexions east of the Mississippi River, I should very much fear that capitalists would hesitate to furnish the means required for its construction; and that, if constructed, the travelling public, as well as the heavy freighting interests of the country, would discriminate largely against it.

"Thanking you for the confidence which you have manifested

in my opinion upon a subject of this magnitude, and hoping that the views herein expressed may aid you to some extent in arriving at a correct conclusion upon a matter so important to the ultimate success of the great enterprise which you have in hand,

"I have the honour to remain,

"Yours very respectfully,

"SILAS SEYMOUR."

I think there is little more to add upon these concluding remarks of Mr. Seymour. His admission that the present class of rolling stock is antagonistic to economy is, as I have said before, one that I am pleased to see him make, and I have little doubt that he will ere long complete the course of conviction he has so honestly commenced.

I cannot do better now than refer briefly to some of the leading narrow gauge railways now at work, in order that my readers may have the opportunity of forming a definite opinion for themselves upon existing facts, and first I may refer to the following interesting and very complete description of the Festiniog Railway, published in ENGINEERING on the 29th December, 1871:—

"So much has at different times been written concerning the celebrated Festiniog Railway, that there are probably but few of our readers who are not familiar with the general characteristics of the line, while there are doubtless a considerable number who have visited it in person. Notwithstanding this, we believe that the series of three views (taken from photographs) of different parts of the line, which we publish on the present and opposite page, will be regarded with much interest. To those who have examined this miniature railway the views may serve as reminders of a pleasant visit, while to those who have not inspected the line personally the sketches will, we trust, serve to convey a more clear idea of some of its features than they could derive from any mere written description. Before saying anything more concerning these particular views, however, it may be desirable that we should—even though we

necessarily reproduce some information previously published—give a general account of the Festiniog Railway and its rolling stock.

"The Festiniog Railway, then, is a single line of 1 ft. 11½ in. gauge, extending from the shipping port of Portmadoc to some slate quarries at Dinas, in the neighbourhood of Festiniog. Its length is 13¼ miles, exclusive of a branch about a mile long leading to Duffws. In the 13¼ miles the main line rises 700 ft., the rising gradients being continuous, but variable. For the first mile, indeed, from Portmadoc, the line rises very slightly, the portion on the Traethmawr embankment, which extends across the mouth of the river at Portmadoc, being practically level, as the inclination is but 1 in 1,343½. Exclusive of this flat portion of the line, the least gradient is 1 in 186, while the steepest is 1 in 68·69. The steepest gradient of any great length, however, is one of 79·82, which extends for about 2½ miles, while there is another of about the same length, of 1 in 85·22, and one about 2 miles long of 1 in 82·71. For a length of 12¼ miles the average gradient is 1 in 92.

"Traversing a rugged but most picturesque tract of country, now creeping along the steep hillside hundreds of feet above the valley below, now crossing deep ravines on narrow embankments, or rather walls of dry stone masonry, some of them 60 ft. in height, and then again threading its way through cuttings in the rock, only to burst out anew into the open and disclose a fresh panorama to the view, the line presents ever changing features of interest alike to the engineer and to the tourist. Throughout almost its entire course the line is a series of curves varying in radius from 8 chains to as little as 1¾ chain, some of the curves of the latter radius being 200 ft. in length. The curves are all of the parabolic class, and have been laid out with great care, the extremities being eased off into the reversing curves or straight lines, and as a result the entrance of a train into a curve, or its passage from one curve to

VIEW BELOW TAN-Y-GRISIAU.

another, is practically imperceptible. We know that there are some of our readers who will accuse us of exaggeration in making this statement; but we are certain that they will not include amongst their number any who have visited the Festiniog line itself. We must own that before we travelled over the line personally we ourselves regarded with a certain small amount of incredulity the accounts which reached us of the extraordinary ease and steadiness with which the curves were traversed on the Festiniog Railway; but having experienced that ease, it is only fair that we should atone for our early want of faith by adding our testimony to that of others. The result is, no doubt, due primarily to the adoption of the parabolic form for the curves; but its attainment also in no slight measure depends upon the admirable condition in which the permanent way is maintained—a condition of which we shall have something more to say presently—as well as upon the narrowness of the gauge and the wheel base of the rolling stock.

"The width of the line on embankments is 10 ft. at formation level; but in many of the cuttings there is a width of but 8 ft., and the clearance between the rock and the sides of the engines is excessively small. In the tunnels—of which there are two on the line, one 60 yards, and the other 730 yards in length—it is, if possible, still closer work, and in fact these tunnels, as they at present stand, form a complete bar to any further enlargement of the rolling stock. The shorter tunnel passes through a slate formation, while the longer one, which is partly on a gradient of 1 in 85·22, and partly on one of 1 in 116·59, is cut through syenite. Neither of the tunnels is lined. A prominent feature on the line are the dry stone walls or embankments to which we have already referred. The engraving taken in the neighbourhood of Tan-y-Grisiau station shows a train passing over one of these walls, although it scarcely gives a fair idea of the narrowness or height of the latter. The view to which we have referred is taken at a point

where the line formerly followed the contour of the hillside, making a deep bend, as shown on the left of the sketch. By the construction of the embankment, however, this detour is now avoided, the line being carried directly across the ravine. In some cases the embankments or 'breast walls,' as they are locally called, instead of being constructed of dry stone masonry throughout, are formed of a pair of retaining walls filled in between with soil. The side batter is usually about 1 in 6. The culverts are of dry masonry, faced in mortar, and with the exception of one iron girder bridge, which crosses a turnpike road, the under bridges are all of stone masonry.

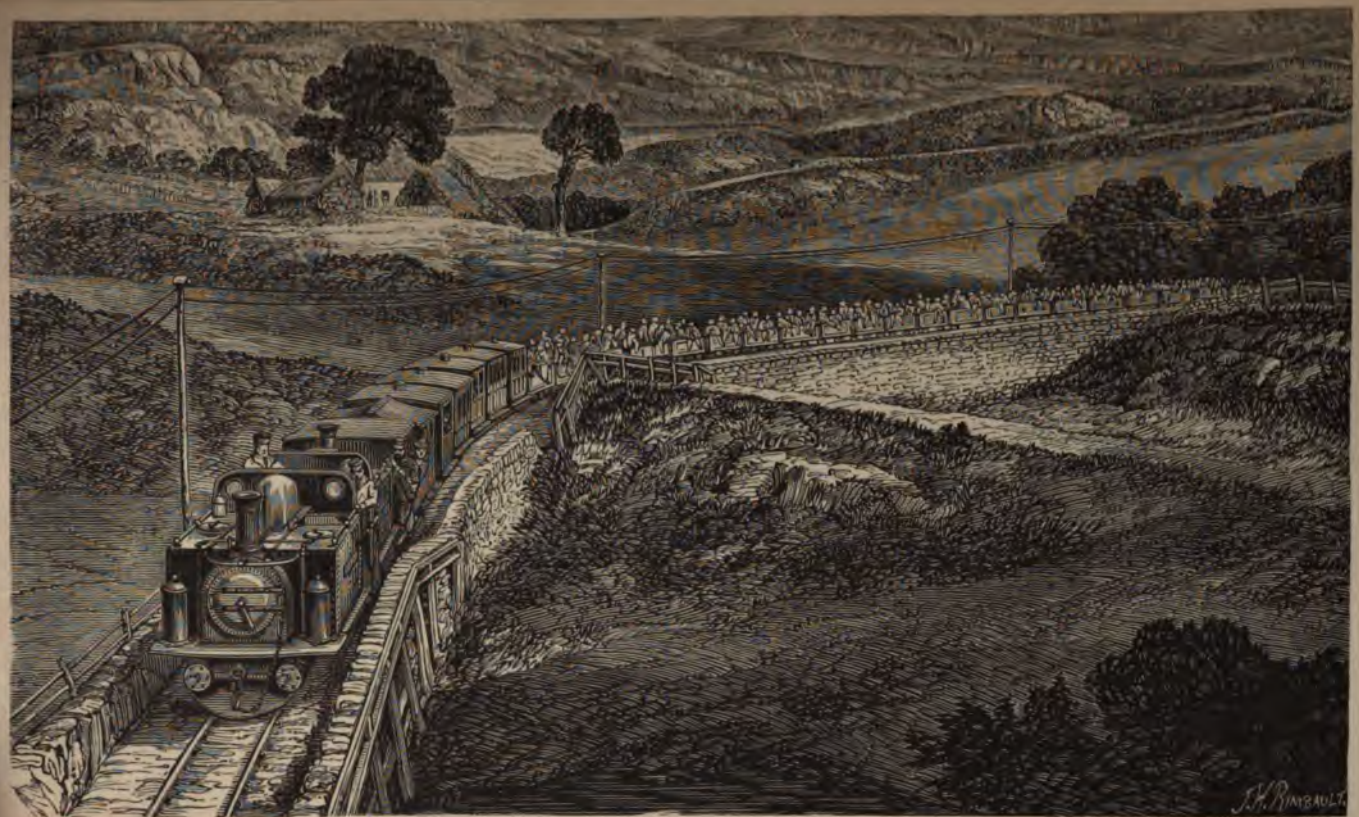
"We have already referred briefly to the permanent way, and we must now enter into further details. In 1832, when the construction of the Festiniog Railway was commenced, it was intended that the line should merely be a tramway, on which the trains of loaded slate wagons should descend by gravity, while the empty trucks, or trucks loaded with coals or sundries, were hauled back by horses. This state of affairs continued until 1863, when, on the recommendation of Mr. C. E. Spooner, the engineer of the line, locomotive power was adopted. During the autumn of 1864 passengers were carried by the company experimentally, without charge, and in the following year the line was regularly opened for passenger traffic. These changes have, of course, necessitated a corresponding change in the permanent way. The rails originally used weighed but 16 lb. per yard, and these were subsequently replaced by others weighing 30 lb. per yard, most of which were laid more than 18 years ago. These 30 lb. rails have, however, in their turn been found too light, and the line is now relaid for the greater part of its length with double-headed rails weighing 48·66 lb. per yard. These rails are fixed by strong chairs to 9 in. by 4½ in. larch cross sleepers, 4 ft. 6 in. long, and placed 3 ft. apart from centre to centre, except at the joints, where the pitch is contracted to 2 ft. At each joint a frame is formed by

placing two sleepers as longitudinals under the cross sleepers, and spiking the latter to them. This arrangement, combined with the use of a very stiff form of fish-plate made to embrace the bottom flange of the rails, enables the joints to be rendered very firm and even, an important matter in a narrow gauge line worked at what are relatively very high speeds. Of the care taken in laying out the curves we have already spoken, and we need merely add, therefore, that in bending the rails accurate work is secured by employing the extremely handy little portable rail-bending machine designed by Mr. Spooner, and illustrated and described by us on page 263 of our eighth volume. A matter to which Mr. Spooner has paid especial attention—and a most important matter it is—is the drainage of the line, and as a result he has obtained one of the best, if not, indeed, *the* very best, pieces of permanent way which we ever inspected. In the course of last autumn we had the opportunity of examining carefully long lengths in different parts of the Festiniog Railway, and we were especially struck by the entire absence of even the slightest sign of subsidence in the ballast, or the least crack indicating a movement in the sleepers. In fact, we may say at once that we never saw a piece of line of any length with the ballast in an equally perfect condition.

"We have directed particular attention to the state of the permanent way on the Festiniog Railway because it is important that it should be borne in mind in considering the capabilities of narrow gauge lines. In writing of this subject more than twelve months ago (*vide* page 385 of our tenth volume) we said: 'The narrower the gauge the greater is the angle through which a vehicle is canted laterally through a certain elevation or depression of one of the rails, and the greater, therefore, is the inequality produced in the loads on the springs on opposite sides, and consequently on the two rails also. In fact, the narrower the gauge the greater the amount of lateral oscillation to which any given inequality in the line

will give rise, and this is a point of special importance in districts where, from the variations of climate or other influences, the permanent way is liable at times to get more or less out of repair.' A consideration of the matters to which we thus directed attention will show the vast importance of maintaining a narrow gauge line in good condition, if it is to be employed for carrying anything like fast traffic. Under the charge of an engineer of energy and capability like Mr. Spooner, having not only the will but the power to maintain his line in practically perfect order, a road of very narrow gauge may, without even incurring risk, be employed to accommodate traffic which it would be simply reckless to run upon a line of the same gauge less thoroughly well constructed and less efficiently maintained. We, therefore, by no means desire it to be inferred that because the Festiniog Railway has for some time very successfully accommodated a relatively fast passenger traffic, and because passenger trains drawn by the Fairlie engine 'Little Wonder' have frequently traversed portions of it at speeds of over 30 miles per hour, that, therefore, similar feats could be safely performed on all lines of 1 ft. 11½ in. gauge. On the Festiniog line, thanks to the perfect condition of its permanent way, the trains run, even at the speed last mentioned, as steadily as on the best piece of 4 ft. 8½ in. gauge line we ever rode upon, and with an entire absence of any shock or jar on entering and leaving curves; but in narrow gauge lines worked under less favourable circumstances an equally satisfactory result can scarcely be expected, and it is therefore desirable that on almost all such lines the gauge adopted, if fast trains are to be run, should materially exceed that of the Festiniog Railway, if only to allow for less perfect maintenance.

"There are besides the termini four intermediate stations on the Festiniog Railway, namely, Minfford Junction (the next station to Portmadoc, where there is the transshipment station, recently referred to by us in our review of Mr. Spooner's book,



DESCENDING TRAIN WITH PASSENGERS, QUARRYMEN, AND WORKMEN, DRAWN BY THE FAIRLIE ENGINE, "LITTLE WONDER."

for interchange of traffic with the Cambrian Railway), Penrhyn, Hafod-Llyn, and Tan-y-Grisiau. These stations have no platforms (the lowness of the carriages rendering this unnecessary), but they are provided with all necessary accommodation, although on a small scale. The engine sheds and the principal constructing and repairing shops are about a mile from Portmadoc, although there is also a carriage shed close to the latter station. Everything at these workshops and running sheds is of course in miniature; but it is none the less complete. It is, we believe, only by actually seeing and examining such workshops and sheds as these that the economy attendant upon the maintenance of narrow gauge stock can be thoroughly understood. A railway engineer visiting such shops cannot but be struck by the facilities for repairs which such miniature rolling stock affords. The small parts to be dealt with, the comparatively trifling weights to be lifted, and consequently the simple lifting tackle required, the small wheel lathes and other tools necessary, and many other matters of a similar kind, all have to be seen and examined into personally before they are appreciated at their full value.

"The line is worked on the 'staff' system, assisted by telegraph. All the stations and signal boxes are in telegraphic communication with each other, and the signalling arrangements, &c., are as complete as on ordinary lines of the 4 ft. 8½ in. gauge. The same remark also applies to the systems of points and crossings, turntable, and other fixed plant required for accommodating the traffic.

"We have now to speak of the rolling stock, and we shall commence with the engines. The two locomotives originally built for the line by Messrs. G. England and Co. in 1863, are four-wheeled engines, the wheels being 2 ft. in diameter and coupled. The wheel base is 5 ft. and the cylinders, which are outside, are 8 in. in diameter with 12 in. stroke. The weight of these engines in working order is 8 tons. Subsequently Messrs.

England built five other engines of a similar class, two of them, however, being heavier, and weighing 10 tons in working order. One of the 10-ton engines will take up in ordinary work a train consisting of itself and tender, one first-class, one second-class, and one third-class carriage, a guard's brake-van, four goods wagons, and twenty-four slate wagons, these last being empty. The total gross weight of such a train, inclusive of engine and tender, will be 55 tons, of which about 16 tons consist of passengers and goods carried. During the down journey, the goods wagons being then empty and the slate wagons loaded, the total weight of the train will be about 93 tons, of which 54 tons is paying load carried.

"The year 1869 was marked by the introduction of the Fairlie engine on the Festiniog Railway, and the results which have since been obtained show that Mr. Spooner exercised sound judgment in recommending the adoption of this system. The Fairlie engine, 'Little Wonder,' placed on the line in 1869, was built by Mr. Fairlie at the Hatcham Works, and an illustration and a full description of it appeared in our columns early last year (*vide* page 316 of our ninth volume). We may, however, repeat here that the engine is mounted on two steam bogies, each bogie having four coupled wheels 2 ft. 4 in. in diameter. The wheel base of each bogie is 5 ft., and the total wheel base of the engine 19 ft., while the weight in working order is 19½ tons. Each bogie has a pair of cylinders $8\frac{3}{16}$ in. in diameter, with 13 in. stroke. In ordinary work this engine will take up a train consisting of three carriages (first, second, and third class), a guard's brake-van, six goods wagons, and one hundred and twelve empty slate wagons, the total gross weight, inclusive of engine, being 127½ tons, of which about 21 tons will be passengers and goods carried. On the down journey, when the slate trucks are loaded and the goods wagons empty, the total weight of engine and train is about 336½ tons, of which 230 tons are paying load. During the visit of the Russian Imperial

ASCENDING TRAIN DRAWN BY THE FAIRLIE LOCOMOTIVE, "LITTLE WONDER."

Commission to the Festiniog Railway in February, 1870, the 'Little Wonder' took still greater loads, but as full accounts of these performances were published in our pages at the time, we need merely refer to them here.

"Such a train as that we have just mentioned, as forming an ordinary load for the 'Little Wonder,' measures over 1,200 ft. in length, and on some parts of the line it is thus on three or more curves at once, the different parts of the train being moving towards almost all points of the compass. Riding in one of the last wagons of such a train it is at times difficult for a stranger to realise that the engine which he sees moving along the opposite side of a ravine in a direction almost exactly opposite to that in which he is travelling, can possibly have any connexion with the vehicle in which he is carried. The engravings on pages 418 and 419 (95 and 99), prepared from photographs, will give some—although we fear but a faint—idea of the appearance of these long trains. The first of these views shows a descending train, loaded with passengers, quarrymen, and workmen, passing round one of the 1¾ chain curves, only the engine and six carriages, and about four-and-twenty of the wagons being, however, visible. The other view, on page 419 (99), shows an ascending train of goods wagons, passenger carriages, and empty slate wagons, the front part of the train standing on one of the breast walls already referred to, while further back it extends round one of the 1¾ chain curves. Here again but a portion of the train is visible, the hinder part extending through the bridge shown on the left in the background of the illustration. The line, in fact, forms such a succession of curves that it is almost impossible to obtain a point of view from which one of these long trains can be seen clearly throughout its length.

"It is not, however, for its hauling power alone that the Fairlie locomotive, 'Little Wonder,' is distinguished. An equally important matter is the ease and steadiness with which

it traverses the sharpest curves on the line. We have repeatedly directed attention to this point; but we may nevertheless again speak of the matter here. We have ridden on the buffer beam of one of the bogies of the 'Little Wonder' at speeds up to thirty-five miles per hour, and we can testify to the extraordinary steadiness of the running, both on the straight and curved portions of the line. On the footplate—which is supported by the carrier frame connecting the two bogies—the ease of the motion is still more remarkable; and the expression which has been frequently made use of, that the engine 'appears to glide round the curves,' is really the only one giving a fair idea of the movement. As regards the economy of fuel, also, the 'Little Wonder' has given most satisfactory results, Mr. Spooner stating that her consumption in proportion to the work done is quite 25 per cent. below that of the other engine on the line.

"The present article has already become so lengthy that we must make our remarks concerning the rolling stock of the Festiniog Railway as brief as possible. The passenger carriages in use on the line are of various types. Those most recently built may be regarded as ordinary railway carriages in miniature; but in others the seats are placed longitudinally, the passengers sitting in two rows back to back. In some of these latter carriages there are no sides, the passengers being, however, protected by strong leather aprons which reach about half way up the sides of the carriages and are secured to the ends and intermediate pillars by straps. The carriages with longitudinal seats are 10 ft. long by 6 ft. 3 in. wide (outside dimensions), while they weigh 26 cwt., and carry twelve first class or fourteen second or third-class passengers. The carriages most recently built are 9 ft. 9 in. long by 4 ft. 10½ in. wide outside, or 9 ft. 2 in. long by 4 ft. 6 in. wide, inside dimensions; and each is divided into two compartments by a partition reaching about half the height of the carriage. The seats run transversely as usual, each seat accommodating three persons,

so that each carriage carries twelve passengers. The height is somewhat small, being only 4 ft. 9 in. inside at the centre. The wheel base is 5 ft. 6 in., and the diameter of the wheels both for these and the other carriages and wagons is 1 ft. 6 in. The wheels are of cast-iron with wrought-iron tyres, and the carriages are mounted on springs of the ordinary form. The carriages are well lighted by side windows and a lamp is provided in the roof. The weight of these carriages is but 23 cwt. or less than 2 cwt. per passenger carried.

"The goods wagons are of a number of different patterns, some of them being shown in the view on page 419. The slate trucks are platform wagons with open sides of angle iron, and are of two principal classes, the large carrying 3 tons, and the small carrying 2 tons of slates. A large number of them are provided with simple brakes, it being usual to run the trains with a brake on every sixth truck. The weights, &c., of some of the principal varieties of goods stock are given by Mr. Spooner as follows:

Class of Vehicle.	Wheel base.		Weight empty.	Load carried.
	ft.	in.	cwt.	tons.
Coal trucks	5	6	19	3
Goods "	5	6	18	2½
Bogie timber trucks	3	0	per 26 pair	9
Slate wagons (small)	2 / 3	11 / 1	13	2
" " (large)	5	0	19	3
" " with brakes	5	0	21	3

"The loads above given for the slate wagons are those carried when fully loaded with large-sized slates. From an inspection, a short time ago, of the books of the company recording the gross weight of, and net load carried by, each train, we found that the proportion of paying load to dead weight varied, in the case of the slate trains, from a little more than 2 to 1 to 3 to 1, the general average being over 2½ to 1 — an excellent result.

The slate wagons, we should mention, are not mounted on springs.

"The whole of the rolling stock is provided with central buffers and couplings, an arrangement which, of course, materially facilitates the passage of the curves. The speed was at first limited by the Board of Trade regulations to twelve miles per hour; but more recently these restrictions have, we believe, been entirely removed, and we have, in fact, travelled over long lengths of the line on the 'Little Wonder' at nearly three times that speed without, as we have already stated, experiencing the least unsteadiness. Of course, however, such a speed as this would not be safe with the four-wheeled engines.

"In conclusion, it is desirable that we give some particulars of the traffic which the Festiniog line is accommodating. We have not the figures for the last year by us, but during 1869 the passengers carried amounted to 97,000, and the goods and mineral traffic to 18,600 tons and 118,132 tons respectively. The train mileage was 45,619 miles, and the engine mileage 50,314 miles. The total receipts for the year were £23,676 12s. 10d., while the cost of working repairs and maintenance was £10,518 6s. 3d., and the special expenditure £2,535 11s. 7d., making the total expenditure £13,053 17s. 10d. The line thus yielded during the year a net revenue of £10,622 15s., equal to a dividend at the rate of 29½ per cent. on the original capital of £36,185 10s., or the rate of 12½ per cent. on the present capital of £86,135 10s. The £50,000 forming the difference between the present and original capital has, we should state, been accumulated out of revenue. Notwithstanding the large amount of traffic it has accommodated, it must be borne in mind that the Festiniog Railway is very far from being worked up to its full capacity. There is no night traffic on it and no Sunday trains, and even by using Fairlie engines in place of the six four-wheeled locomotives at present on the line, nearly double the traffic could be carried.

"We have, we think, said sufficient to show that the Festiniog Railway is a line possessing a vast amount of interest for engineers at the present time when narrow gauge railways are steadily and surely making their way. It is, in fact, the most perfect miniature railway in existence, and it is deserving of being most carefully studied in all its details. We notice that amongst the schemes before Parliament this session is an extension of the Festiniog line on the same gauge to Bettws-y-Coed, the favourite resort of artists. The energy and engineering skill shown by Mr. C. E. Spooner in bringing the Festiniog line to its present admirable state form a sufficient guarantee that if this undertaking receives Parliamentary sanction, as it undoubtedly should do, it will be carried out in a thoroughly satisfactory manner; and from what we know of the district we feel certain that the line is one which would not only be advantageous to the local proprietors, but would also be highly appreciated by the thousands of tourists who annually flock to the beautiful district which it is proposed to traverse."

M. Nördling, formerly chief engineer of the Orléans Central Railway, and since 1869 associated with Baron von Weber, the chief engineer of the Austrian Government railways, has recently collected and published important information* respecting narrow gauge railways at present being worked, and this work contains much new and useful statistics which bear directly upon the question under discussion.

He refers to M. A. Thirion's observations on the French laws for branch lines, 1865 (Observations sur le Projet de loi des Chemin de fer Départmentaux). The main *réseaux* of the French railways have been considered as completed, and the law gives facilities for the construction of branch lines, for connecting remote districts with main line stations. The construction of these branches is left to the authorities of the district through which they run, but the State supplies pecuniary assistance.

* Stimmen über Schmalspurige Eisenbahnen.

After referring to the successful construction and working of such lines in Alsace, M. Thirion, who occupies the important position of Director of the Orléans Central Railway, proceeds to consider whether it will be always possible to construct, under these conditions, a network of branch lines sufficient to meet the requirements of the country. The branch lines in Alsace cost, without preliminary and land expenses, about £4,800 a mile, and the working expenses amount to some £384 per mile, and such an outlay necessitates a traffic equal to at least £640 a mile. But there exist few outlying districts able to command so large a traffic. The experience of the Orléans Central Railway has shown that the traffic in departmental lines seldom exceeds £380 per mile. What then remains to be done under such conditions? Have the branch lines to be abandoned, and have innumerable districts to be left without railways? The only remedy consists in the construction of narrow gauge railways, less expensive than lines of the ordinary type, and requiring a much lighter rolling stock, which may run around curves of 200 ft. radius. The chief objection to narrow gauge for branch lines is, however, the inconvenience of the break of gauge at the point of connexion with the main lines, and the question to be decided is, whether the inconvenience and expense of transferring all goods from one line to the other are not greater than the saving effected in the construction of the narrow gauge.

The Orléans Railway has had exceptional opportunities to obtain information on this point. The coal mines and iron works of Auben are the property of the railway company, and the transport of the coal and ore to the next station, Salle-la-Source, a distance of 4½ miles, was always connected with so many difficulties and inconveniences that the construction of a branch line was decided upon. At first it was proposed to build the line of the ordinary gauge, but a more careful investigation resulted in the adoption of a narrow gauge, with rails weighing from 32 to 38 lb. per yard. The traffic during the

first three years was carried on with horses, but afterwards locomotives were used. This line, called the Mondalazai Railway, is, as just stated, 4½ miles long, with curves varying from 130 to 328 ft. radius: the gauge is 3 ft. 6 in., and the sleepers are laid 2 ft. 5 in. apart. The rolling stock consists of 2 four-wheeled coupled engines, weighing 9 tons, and 70 wagons, each carrying 3·8 tons.

The cost of constructing the line, including permanent ways, stations, &c. &c., was	£2,160 per mile.
The rolling stock cost	1,070 „ „
Total	£3,230 „ „

The rolling stock was built to carry 80,000 tons per annum, but on account of a diminution in business, the traffic amounted only to 50,000 tons. Notwithstanding this considerable reduction, however, the cost of transport per mile was reduced from 3·2d. to 1·2d. per mile during the period of horse-working, and again almost to half the latter amount when steam was employed. The cost of the transport of the ores from the narrow gauge wagon to the station-yard, and thence to the trucks of the broad gauge at Salle-la-Source, was 1·7d. per ton.

The working expenses amounted during one year to £4,260, and this would scarcely have been increased if 80,000 instead of 50,000 tons had been carried. If the Mondalazai Railway were now an independent line, a charge of 1·25d. per mile would be sufficient to pay the working expenses and 5 per cent. on the capital.

These are the facts obtained from the experiments made by the Orléans Company, and though the results are not quite complete, because the Mondalazai line does not carry passengers or any other freight than coal and ore, it is possible to deduce the probable result to be obtained on a similar line employed for general traffic. This has been done by the chief engineer, M. Bertara, who takes as an example a line 15 miles long, with

an average traffic of 120 passengers per day, and 40,000 tons per annum, which gives with a tariff of 1·1d. per passenger, and 1·6d. per ton of goods, a return of £448 per mile. With 12 trains per day, M. Bertara calculates the rolling stock to consist of 6 locomotives, 25 passenger carriages, 40 covered and 60 uncovered wagons, representing altogether a capital of £20,400. Adding to this about £1,200 a mile for construction, we get a total capital of £2,500 a mile; with a speed not exceeding 20 miles an hour, and without any night traffic, the working expenses are calculated at £295 per mile, giving a profit of about £150 a mile, equal to a payment of 6 per cent. on the capital.

After M. Thirion's paper, M. von Nördling reproduces the well-known report of M. Eugène Flachât, in which the author gives an account of the narrow gauge lines constructed up to 1867, beginning with the Festiniog Railway, and passing from the Broelthal Valley line, in Rhenish Prussia, and the one from Antwerp to Ghent, to the well-known Norwegian system.

In the "Mémoires et Comptes-rendus des Travaux de la Société des Ingénieurs Civils," M. Nördling advocated the adoption of the narrow gauge in a series of papers published by him when he held the appointment of chief engineer on the Orléans Central Railway. At first he proposed to work such lines for general traffic on the tramway system, running at low speed, and taking up or setting down passengers at any point. Afterwards he communicated the project for a line of the 3 ft. 3⅜ in. gauge between the town of Saint Pourzain and the Varennes-en-Alliers Station. The distance is about 6 miles, and was estimated to cost £16,800, including rolling stock.

After giving a detailed description of this intended line and an estimate of the traffic, M. Nördling points out that it would be advisable to separate the railway system into two classes: first, the existing lines with the broad gauge, and second, the branch lines with 1 metre gauge, costing about £3,000 per mile. Such an arrangement would involve, of course, a break

of gauge where the lines interchange; if, therefore, the cost of transfer is less than the interest of the saving effected in the cheaper construction, the latter offers decidedly great advantages over the former. The following formula is applicable :—

$$0{\cdot}05\, l\, e \overset{>}{=} p\,(1 - t)\,\mathrm{T}$$

in which $0{\cdot}05$ = interest on capital.

l = the length of the narrow gauge line.

e = the economy in construction expenses per unit of length.

p = the cost of transferring a unit of goods.

t = that portion of the goods which would have to be transferred if the gauge were kept uniform (experience shows this to be $\frac{1}{4}$ or $\frac{1}{5}$).

T = the amount of transferred goods during the year.

If now e = £800; p = 2d. per ton; $t = \frac{1}{4}$; and T = 20,000 tons; the construction of narrow gauge is economically justified *whenever its length exceeds* 3 *miles*. The working expenses are rejected in this formula, or rather they have been assumed to be the same in each case, an incorrect assumption greatly in favour of the broad gauge.

In the Journal of the Association of German Engineers appears a review of a pamphlet published at Liége last year, on light traffic railways, by a commission of State engineers, whose final opinion is, that in consideration of a cheaper construction of their lines, a narrower gauge ought to be adopted than is now recognised.

It is of the greatest importance on all railways to construct them at the smallest possible expense, and by all means in a manner that the capital invested should pay at least 6 per cent. interest. In order to construct and work railways always in a cheap manner, a narrow gauge and special engines should be employed. Narrow gauge ought to be adopted for all branch,

mineral, or other industrial lines; such lines exist in Norway, Denmark, England, France, and Germany. The commission lately appointed by the administration of German railways proposes gauges of 2 ft. 5½ in. and 3 ft. 3 in., and only if a branch line connected stations, of one and the same railway system, should ordinary wide gauge be adopted.

For narrow gauge lines gradients of ·025 per cent. and curves 200 ft. radius are sanctioned, the weight of the rail and the height of the ballast are to be reduced; the weight of the engines is not to exceed 20 tons, and the speed should be limited to 20 miles an hour, while the rolling stock should run on loose wheels.

The narrow gauge Broelthal Valley Railway pays a dividend of 5·75 per cent. with a daily traffic of 40 tons per mile, and with the ordinary freight tariffs. The Festiniog line, constructed under considerable difficulties, and at great expense, yields a net profit of 12½ per cent.,* whilst the English railways of ordinary gauge scarcely give 4 per cent.

To these two lines may be added as an example the railway from Tavaux to Ponsericourt, in France. The cost and statistics of this line are given in the following Table:

Name of Railway.	Length.	Width of Gauge.	Width of Formation.	Ruling gradient.	Ruling curve.	Weight of rail.	Engine.	Cost per mile of construction.	Cost per mile of rolling stock.	Yearly traffic.	Receipt.	Expenses.	
	miles.	ft. in.	ft. in.	percent.	feet.	lb.	tons.	£	£	tons.	£	£	
Tavaux to Ponsericourt.	8·75	3 3⅜	6 10½	·075	100	28	7·5 four wheels.	1,000	1,920	12,000 in four months.	...	...	
Festiniog Railway.	14½	1 11½	8 0	·011	115	45	19·00 Fairlie.	5,760	7,290	142,000	23,676	13,053	p
Broelthal Valley.	14	2 9½	5 7½	·0115	125	22	12·5 six-wheeled coupled	13,800	1,700	32,709	2,800	1,232	1

* The rate for merchandise on this line is 2·7 pence per ton per mile; and the rate for slates is 1·67 pence per ton per mile.

Many ways may be adopted for effecting a convenient connexion between the narrow and broad gauge, and an important advantage the former possesses is, in the favourable circumstances that carriages and goods for street traffic may be used at once for street traffic by simply changing the wheels, which run loose on the axles. Loaded wagons may then be taken direct to their destination.

Conspicuous in M. Nördling's pamphlet is the Report of Mr. Daniel P. Sullivan to the Austrian Ministry of Public Works upon my system, both as regards gauge and rolling stock, and although nothing has been put forward in this Report that I have not myself urged, the whole question is argued with completeness, and he proves incontestably the advantages that are inseparable from my system, and recommends it to the Austrian Government for adoption on all the new State lines. The Report concludes by an expression of the opinion that while all new lines should be worked by my system, all the existing ones should be gradually reduced in gauge, and changed in management.

Experience has shown that the cost of constructing narrow gauge railways may be reduced by one-fourth or one-third of that of broad gauge, that the cost of the rolling stock may be considerably smaller, and that the working expenses can be reduced to one-half or two-thirds of those on the ordinary lines. The loss of time occasioned by the reduced speed of the trains can be of little importance on branch lines. The expenses connected with transfer of goods from one train to another are generally unestimated; and with proper appliances these expenses may be reduced under the most favourable conditions to 0·4d. per ton, whilst in no case should they exceed 2d. per ton.

Supplemental to this Report of Mr. Sullivan, I cannot do better than reproduce extracts from M. Nördling's Report upon this system, as the opinions of so eminent an authority cannot fail to carry great weight.

"*M. von Nördling on the Fairlie System for the Austrian Railways.*

"Mr. Sullivan's Report deals with two questions of very different natures: first, the advantage of narrow gauge railways; second, the adoption of the Fairlie engines. For many years I have been a steady advocate of narrow gauge, being convinced that it is the only solution of the problem for cheap railway construction and working; and though I do not carry my views so far as Mr. Fairlie does, I am convinced that no country in Europe would derive greater advantage from narrow gauge than Austria, and it is to me remarkable that any opposition should be encountered on the subject, especially as Austria has for several years possessed one of the most interesting lines of this class—the Lambah-Genunden Railway, 3 ft. 6 in. gauge. Public opinion seems to declare itself against the railway, not on account of its reduced width, but by reason probably of its old-fashioned rolling stock and slow speeds.

"Several new lines on the 4 ft. 8½ in. gauge have been sanctioned, which in consequence of the difficult nature of the country will be enormously expensive to construct, and which will be very costly to work. No profitable financial results can be hoped for from these lines if the normal gauge is adhered to, whilst on the other hand, if narrow gauge with all its advantages of building and working were adopted, greater accommodation would be obtained, and the lines could be made to pay.

"*The Adoption of the Fairlie System.*—With respect to the second question contained in Mr. Sullivan's Report, with regard to the application of the Fairlie system, I am inclined to believe all that has been said in his favour, and consider that better results can be obtained with it, than with the rolling stock at present used on narrow gauge lines.

"For all these reasons I would consider it an event of the

utmost importance in railway engineering, and as a great advantage for Austria, if Mr. Fairlie would undertake the construction and working of a narrow gauge railway in that country. I hope that he will undertake it without any Government guarantee, but with a total exemption from all import duties.

"I go, however, so far, on account of the great importance of the results of such a trial; and on account of the full proofs he has to offer, upon the superiority of his system, that I should recommend that Government aid be extended to him. If such an arrangement could be made before long, perhaps the contractors of the Salz-Kammergut line would alter their plan, and a new field would be opened for narrow gauge in Austria, and a similar example would have been set by her, as that she gave before with the railway over the Semmering."

I may now turn to some interesting and valuable statistics connected with narrow gauge railways now in existence, compiled by the well-known Italian engineer, Signor Biglia. These statistics serve to show clearly that actual experience helps out the arguments I have advanced upon the subject.

Referring to the railway of 1·1 metre gauge (3 ft. 7 in.) between Antwerp and Ghent, Signor Biglia says that the receipts in 1868 amounted to 875,222 francs, or 19,500 francs per kilometre (·62 mile); but the working expenses increased from 1866 to 1868 almost exactly as much as the receipts, so that the profits remained about the same—namely, 369,754 francs, a sum sufficient, however, to pay more than 7 per cent. to the shareholders. The directors of the line continue to pursue the prudent course of never burdening the railway with fresh capital, reducing dividend, to accumulate reserve funds for improvements of works. The surplus reserve fund amounted originally to 4,700,000 francs, but it is now 5,200,000 francs. It is upon this capital that the interest of 7 per cent., mentioned above, is paid; but if this was reckoned upon first capital the interest would amount to about 8 per cent.

Signor Biglia quotes these figures to bring under consideration the much discussed question of the cost of transfer of goods with reference to break of gauge.

Observations based upon experience obtained at the Exchange Station of Lockeren, where the narrow gauge, Antwerp and Ghent line, joins the State railways of the ordinary gauge, were recently published by M. Regnard in a paper contributed to the *Société des Ingénieurs Civils.* In the Station of Lockeren the transfer of goods between the two lines amounts to about 15,000 tons per annum. The shifting from one set of wagons to the other by manual labour is in the most primitive manner, except for large blocks of stone or heavy machinery. In shifting these a powerful crane is used in the following manner:—The narrow gauge cars are brought alongside the larger ones, or they follow them on a mixed gauge, and both are brought within range of the crane or shears; coal and loose mineral freight is shifted with shovels. The cost of transfer under such conditions of course reaches a maximum, with the following result:—The total working expense of the transfer station amounts to 6,688 francs per annum, from which must be deducted 2,007 francs for the passenger service, leaving 4,678 francs for the cost of shifting the 15,000 tons of freight, making the cost 3·11d.

M. Regnard describes also a private narrow gauge line in Belgium 1 ft. 11¾ in. wide, on which goods are transferred for 1·5d. per ton, reaching 1·8d. as a maximum; and this price, he asserts, gives a truer average than the experience gained at the Lockeren station of the Antwerp and Ghent line.

I now approach the conclusion of my remarks, in answer to Mr. Seymour's review. I might have extended them to double their present limits, even had I confined myself to replying to those points Mr. Seymour's pamphlet includes, while there are others to which he has not alluded, and which, therefore, I refrain from introducing into these pages. At the same time, I have endeavoured, as far as possible, to keep

strictly within the limits of fact, to advance nothing I am unable to prove, and to maintain nothing which has not been confirmed by experience, and which is not in harmony with common sense. And, indeed, although on many points I have extended my remarks to a greater length than I have hitherto done, there is nothing in this pamphlet the substance of which, at least, has not been long ago put forward by me. At first, indeed, practice was not available to test the correctness of my assertions, but gradually experience has shown that all that I have claimed for properly worked narrow gauge railways may justly be assigned to them; the prejudice which I had to encounter at first I see diminish day by day on every hand, and if I have still to encounter powerful opposition, that opposition is due either to indifference or to prejudice, the indifference arising from a lack of inquiry, and the prejudice springing from conservatism or from interested motives.

I do not wish it to be understood for a moment that I advance myself as the originator of narrow gauge railways; such were in existence, and steam worked, long before the days of the Liverpool and Manchester Railway, and the 3 ft. 6 in. gauge had been reduced into a national system before I addressed myself to the subject. But I do claim to be the first who has asserted that narrow gauge properly worked is equal in its efficiency to the broadest gauge that can be built, and I have shown this assertion to be true. I claim to have pointed out how narrow gauge can be made efficient, and to have perfected the machinery by which alone it can be effected, and I claim so to have spread the truth of narrow gauge doctrine, and so tried to guide public opinion, that to-day thousands of miles of narrow gauge railways are being built or contemplated, and a fair proportion of this mileage is being or will be worked with the Fairlie engines and rolling stock.

There are very few, even among the most bigoted adherents to broad gauge, who will attempt to deny that traffic is carried

with an enormous disproportion of dead weight; in other words, that the vehicles best adapted for the 4 ft. 8½ in. gauge are too large for the paying loads which they are limited to carry by trade requirements. Mr. Seymour clearly admits this in recommending that narrow gauge cars should be placed on broad gauge framing. Is it not strange, then, that it should be so difficult to convince engineers that it would be more economical to build railways in closer proportion to their business requirements, to reduce the size and weight of wagons until an economical ratio between dead and paying load is reached, to achieve with this all the advantages which a lighter, more handy stock confers, to be enabled to build a cheaper road, and to reduce the expenses of working, and the cost of repairs? The requirement is so urgent, and the solution of the problem so clear, that it cannot be inability to understand it.

But there are many who admit that narrow gauge has certain advantages, that for a light and uncertain traffic cheap small lines are well suited. The engineers who take this ground have not sufficiently studied the question. They see broad gauge on a reduced scale, reduced width, reduced capacity, efficiency, speed, and safety, forgetting that, properly worked, no limit can be set to the capacity of a narrow gauge line, and that high speeds can be obtained upon it with safety. For a new and poor country, say they, narrow gauge is appropriate, and so far they are right, for in poor countries cheapness in first cost is all important. But I maintain that for all countries, poor or rich, for all classes of line, trunk or branch, in narrow gauge, and narrow gauge alone, can all the advantages of a railway system culminate. I except of course those special circumstances where a speed of from 45 to 60 miles an hour is required; in such cases economy is but of secondary importance, and although I believe that any practicable speed is safe upon a 3 ft. 6 in. gauge, I would, until I have a wider experience, hesitate to recommend a higher rate than 45 miles an hour for such a gauge.

FAIRLIE STOCK.

FOR THE

DUNEDIN & PORT CHALMERS RAILWAY, NEW ZEALAND.

3 ft. 6 in. Gauge.

COMPOSITE CARRIAGE.

Weight, 3 tons 12 cwt.

To Carry—Short Journeys { 8 First Class, 20 Second Class Long Journeys { 6 First Class, 10 Second Class

---

PASSENGERS' LUGGAGE BRAKE VAN.

With Double Screw Brake. Weight 3 tons 1 cwt.

But upon all ordinary lines of passenger and of goods traffic I most unhesitatingly recommend either a 3 ft. or a 3 ft. 6 in. gauge, and for the reasons I have previously advanced. Summarised these advantages are :—

First. The narrow gauge, by reason of its diminished width, and of the greater facility it possesses of accommodating itself to the natural surface of the ground, can be constructed for about two-thirds of what a broad gauge line would cost.

Second. The rolling stock can be constructed of dimensions more in proportion to the loads it will have to carry, reducing the amount of dead weight, because the freight, which would be but a very small portion of a full load for a broad gauge car, will approximate nominally to the full load of the smaller narrow gauge car, which can be built lighter per ton of capacity than can the broad gauge vehicle; moreover, the proportions of the former can be with economy adapted to the gauge, which cannot be done with the latter, for while light and narrow gauge cars 7 ft. wide can be built, cars double the width of the broad gauge would be enormously heavy, and would be of no use if they were built.

Third. The saving in hauling empty trucks is reduced in the same proportion, as the cost of conveying full ones is diminished, the ease of handling such small stock is greater, and the repairs of wagons which are not loaded with a great, and not only inert, but destructive dead weight, is far less, for it must be remembered that the dead weight of stock is an active cause of its deterioration.

Fourth. The dead weight being less on the narrow than on the broad gauge, the stress upon the rails is diminished, and the wheel base being shorter, the facility of passing curves is increased, and consequently the wear of the rails is reduced, a wear still further affected by the fact that the slip of the outer rail is less on the narrow than on the broad gauge.

Fifth. The locomotive power required to haul a given paying

load on a narrow gauge line is less than that required to draw the same load on a broad gauge line, from the fact that the dead weight of the vehicles is less in the former case, and in practice, as only partial loads can be obtained per wagon, the advantage in favour of the narrow gauge is very striking.

Sixth. Permitting of a great reduction in the enormous dead weight inseparable from broad gauge, the maintenance and repair of permanent way, engine, and rolling stock are reduced, so that the economy in first outlay continues to be a source of saving in the working of the line.

Upon two of the most important questions, reduction of dead weight and break of gauge, Mr. Seymour and myself are quite in accord; upon the question of comparative safety also we are agreed; even upon relative speed there is not much difference of opinion between us, but he cannot yet relinquish the gauge in which he has been brought up. All else he abandons, and by his recommendation he absolutely admits that General Buell's report ought to be followed. I have, I hope, shown clearly why the suggestion of Mr. Seymour to adopt narrow gauge vehicles to a broad gauge road is an impracticable one, although I freely admit that with ordinary locomotive power the narrow gauge sinks at once into insignificance. And it is upon this point that I claim to have done all; it is by perfecting a mechanical arrangement, that I was the first to propose some years ago, that I have been enabled to make the narrow superior in point of efficiency and economy to the broad gauge. It is the Fairlie engine, which at once changes the small line of railway from being one of very insignificant capacity, and having but a limited measure of usefulness, into a line capable of accommodating any quantity of traffic; for the power of the Fairlie engine not being dependent upon the width of the line upon which it runs, it follows that a far greater amount of freight can be conveyed by an engine on the narrow than on the broad gauge, for not only is the power of the engine greater,

FAIRLIE STOCK,

FOR THE

DUNEDIN & PORT CHALMERS RAILWAY, NEW ZEALAND.

3 ft. 6 in. Gauge.

COVERED GOODS VAN

Weight, 2 tons 15 cwt.; to carry 7 tons; Capacity, 546 cubic feet.

OPEN GOODS WAGON.

Weight, 2 tons 7 cwt.; to carry 7 tons.

weight for weight, as I have explained before, but the dead load to be carried is so much reduced that the paying efficiency of the engine is greatly increased.

The advantages I claim for the Fairlie engine are:

First. That it solves the great problem of narrow gauge, and makes such lines as efficient as lines of the greatest width.

Second. That the whole of the weight of the engine is utilised for adhesion, an advantage impossible upon any other engine, unless combined with a long rigid wheel base.

Third. The Fairlie engine having a very short wheel base can pass around the sharpest curves, without injury to the track or distress to the engine, and at the same time the perfect articulation of the underframes to the boiler allows of free movement vertical and horizontal.

Fourth. That while the whole weight of the engine is utilised for adhesion in mounting heavy gradients, the subdivision of weight reduces the load per wheel upon the rail so greatly that a lighter section of rail may be employed than it would be safe to use with ordinary and consequently far less powerful engines.

Fifth. That while the large heating surface which can be obtained by my system will enable a narrow gauge engine to haul with ease a load up long steep gradients, which it would be impossible for ordinary engines of the same gauge to mount because their steam would give out, the water level over the fire-box always remains constant. Hence the proposition to run two ordinary engines coupled together to do the work of one Fairlie engine is not a practical one, because the two engines with a full load behind them would drop their steam as quickly as one, and because whilst the water level in one engine was very high over the fire-box, the fire-box of the other might be uncovered.

Sixth. That the Fairlie engine develops more power and works more economically, and with a saving of fuel, shown by

experience to be not less than 25 per cent., than any two ordinary engines of the same vital dimensions.

Seventh. That over the roughest roads the Fairlie engine rides with the utmost smoothness. A long experience has fully proved the truth of this. Exactly the same advantages exist, if a comparison between the Fairlie engine and the ordinary locomotive on the standard gauge be made, it being always understood that the amount of traffic is sufficiently large.

Against the use of the Fairlie engine for narrow gauge railways it is urged:

First. That the engine may be more powerful than is required for the traffic, and that two ordinary engines would be more suitably employed, together when necessary, separately under ordinary circumstances.

The first objection is a very strong argument for narrow gauge, for if the ordinary locomotive of very limited power be sufficient for general traffic, how disproportioned would a 4 ft. 8½ in. gauge line be for a traffic which can be managed by an ordinary engine upon a narrow gauge. But I maintain that by proper organisation sufficient heavy trains can always be despatched (unless the line is utterly insignificant), and it is obviously cheaper to run one long train than two short ones drawn by separate machines. The occasional coupling up of the two engines, I have just alluded to.

Second. It is asserted that the steam joints connecting the boiler with the cylinders and exhaust will not keep tight. Experience shows this assertion to be quite without foundation.

Third. The repairs are stated to be excessive. This again is wrong, as proved by experience.

Fourth. It is also alleged that the Fairlie engines would be too powerful for the coupling chains of the ordinary wagon stock, and that for this reason advantage could not be taken of the full measure of their capacity, forgetting that the capacity

FAIRLIE ENGINE,

BUILT FOR THE MEXICAN RAILWAY.

4 ft. 8½ in. Gauge.

4 Cylinders, 15 in. diameter, 22 in. Stroke; Wheels, 3 ft. 6 in. diameter, all coupled; Collective Heating Surface, 1687 square feet; Carries 2,200 gallons Water, 20 cwt. Coal, 180 cubic feet Wood; Weight in working order, 59 tons; Tractive Force at Rails (mean pressure 100 lbs.) =21,600 lbs.

FAIRLIE ENGINE

BUILT FOR THE

DUNEDIN & PORT CHALMERS RAILWAY, NEW ZEALAND.

3 ft. 6 in. Gauge.

4 Cylinders, 10 in. diameter, 18 in. Stroke; Wheel, 3 ft. 9 in. diameter, all coupled; Collective Heating Surface, 892 square feet; Carries 800 gallons Water, 17 cwt. Coal; Weight in working order, 28 tons; Tractive Force at Rails (mean pressure 100 lbs.) =8,000 lbs.

of these engines can be made to suit any traffic, however limited; but I state distinctly that one of the principal causes of coupling chains breaking now is *the want of power in the ordinary engine*, because these engines can only start their trains when the wagons are coupled up loose, that is to say with from 6 to 12 inches' space between the buffers of opposite wagons; therefore the engines start wagon after wagon according to the slack of the couplings, and in this manner may have moved 7 or 8 yards before the last wagon in the train is started. It will be readily conceived that this mode of starting a train requires great caution on the part of the driver, because the sudden jerk or pull on the wagons in rear of the train when the forward portion is moving from 3 to 4 miles an hour is most trying to the coupling chains, and frequently causes them to break away. Couplings never break by fair and even pulling; it is the snatch or jerk they receive when starting that does all the damage. This slackness of the couplings also mainly conduces to wagons breaking away, because on an uneven road some of the wagons suddenly overrun the others, and bumping up lift the coupling-link out of the hook which joins the wagons together, and the driver finds his train has parted in the middle; this frequently happens on inclines, and the wagons which become unloosed soon begin a retrograde movement and run down the incline, often causing loss of life and immense destruction of property.

These sudden snatches or jerks are very destructive to the wagons, because the pull being direct on the frame the tendency is to pull the frame away from the body of the wagon containing the load: this may be noticed particularly when cattle are being carried, and how the animals are knocked against the end of the wagon and frequently thrown down and injured; the same occurs when the train is stopping, but this time it is caused by the bumping or the running up of the slack of the couplings, and just reversing the above order of things, but

equally destructive to the wagons and load they carry. I maintain that this bumping and jerking is more destructive and costs more money for maintenance than if the wagons ran ten times the number of miles they now do with loads; it necessitates the wagons being very much heavier than they ever need to be, the couplings stronger, and thus they destroy each other by reason of their own dead weight.

Now, with the Fairlie engine and stock the carriages and wagons are all coupled up tight one with the other, so that there can neither be bumping nor jerking, because the Fairlie engine, by reason of its four cylinders, *can start any train on any gradient that it can take at a rate of* 12 *miles an hour*, consequently the wagons may be reduced in weight, whilst the couplings in use at present will be found amply strong for trains double the length, and the life of the wagons would be largely increased and the expenses of maintenance reduced to a minimum.

Fifth. That on passing over the apex of a reverse incline, the leading wheels of the leading bogie, descending whilst the trailing bogie continues to ascend, are liable to leave the rails, because the normal weight on them is removed by reason of the centre line through the bogie and that through the boiler remaining parallel to each other, and thus lightening the forward end of the engine to a dangerous degree. This reasoning is most decidedly wrong, and as the objection has been raised outside of Mr. Seymour's remarks by a gentleman who is considered one of our best locomotive engineers, I have thought it desirable to answer this latter allegation a little more fully than I could in the body of this paper, and I have therefore shown the fallacy of this reasoning in the Appendix.

The last and greatest objection to the Fairlie engine in this country is that it *is* the Fairlie engine. The same unreasoning prejudice which endeavours to prevent the development of

FAIRLIE ENGINE

BUILT FOR THE PATILLOS RAILWAY, PERU.

2 ft. 6 in. Gauge.

4 Cylinders, 10 in. diameter, 18 in. Stroke; Wheels, 3 ft. 3 in. diameter, all coupled; Collective Heating Surface, 829 square feet; Carries 800 gallons Water, 17 cwt. Coal; Weight in working order, 26 tons; Tractive Force at Rails (mean pressure 100 lbs.) = 9,230 lbs.

FAIRLIE EXPRESS MAIL ENGINE

FOR THE GRAND RUSSIAN RAILWAY.

5 ft. Gauge.

4 Cylinders, 14 in. diameter, 22 in. Stroke; 8 coupled Wheels, 5 ft. 6 in. diameter; Leading Wheels, 3 ft. 6 in. diameter; Collective Heating Surface, 1,520 square feet; Carries 2,400 gallons Water, 360 cubic feet Wood; Weight in working order, 54 tons; Tractive Force at Rails (mean pressure 100 lbs.) = 13,000 lbs.


LAQUAS

Narrow Gauge Railways extends also, and not perhaps unnaturally, to the means of developing their usefulness.

And now I leave this great and all-important question of narrow gauge railways to the consideration of the public, with the hope that I have fully demonstrated the truth of the statement I made in a paper read by me at Liverpool in 1870, before the members of the British Association — a statement that ought to be engraved on the mind of every engineer, that *every inch added to the width of a gauge beyond what is absolutely necessary for the traffic adds to the cost of construction, increases the proportion of dead weight, increases the cost of working, and, in consequence, increases the tariffs to the public, and by so much reduces the useful effect of the railway.*

THE DENVER AND RIO GRANDE RAILWAY.

SINCE this Pamphlet was written I have received a Report from the well-known pen of Samuel Bowles, Esq., upon the Denver and Rio Grande Railway, reference to which I have already made, and the following extracts from it will show how fully facts bear out the statements I have advanced :—

Two years ago, when there was not a mile of running track in all Colorado, and the silence of its vast plains had never been broken by the screech of the locomotive, Denver was talking of the "Coloradian System of Railways,"—whereof, of course, that town was to be the centre,—with as much scientific confidence and elaborateness of detail as a young surgeon expounds to oppressed ignorance the marvellous and intricate system of the human body. If the listener was inclined to be incredulous, his instincts taught him not to show it, and he heard, and wondered at, and worshipped before Western audacity. But now he comes again, and sees the whole thing illustrated and achieved; so far illustrated, at least, as to make sure of every detail originally proposed, and some that were hardly dreamed of then.

Five distinct railroads now make Denver their centre:—the Kansas Pacific, which forms her direct and main connexion with the East; the Denver Pacific, running nearly a hundred miles north, and making connexion with the Union Pacific trunk line at Cheyenne; the Boulder Valley road, thirty miles north-west, into the foot-hills of the mountains, already opening extensive coal beds to Denver furnaces and grates, and another year destined to add twenty miles more, that will carry its track into the centre of a rich gold and silver country; the Colorado Central, striking due west into the mountains, open now twenty miles to Golden City in the foot-hills, and graded far up the wonderful Clear Creek canyon toward the great mining centre of Central City, forty miles away, which is also to be reached in another year; and last, the Denver and Rio Grande Rail-

way, running due south, and open now to the point where I date my letter, seventy-six miles below Denver. Still progressing southward, the latter line is to be farther opened forty-three miles to the thriving town of Pueblo on the Arkansas river early next spring. Beyond these open and running lines, with their extensions, several other railroad schemes are organising, and promise to be soon in the way of execution. One of these is the cut-off line to the Union Pacific, running north-east from Denver to Julesburg, on that road, 100 miles east of Cheyenne, and passing through a fine farming and grazing country in north-eastern Colorado. This enterprise is under the patronage of the Union Pacific road, as the Denver Pacific is under the control of the Kansas Pacific, and will give to the Union Pacific what it now fails to have, a fair chance of the eastern business of Colorado. Another project is a line from Denver, Canon City, or Colorado Springs, into the South Park country and the centre of its mineral wealth, with an ultimate destination, by the way of the "Hoosier Pass," or the head waters of the Arkansas, in the valley of Salt Lake, and there making connexion with the California Central Pacific line, which would give the latter the advantage of two connexions with the East. Besides these, as the two main and most promising new enterprises, there are several projects for branches of the present lines for the opening up of coal or gold and silver regions of proved value, within the mountain ranges or along under their shadows.

The main purpose of the present letter is to describe this Denver and Rio Grande enterprise, which is the beginning of a great north and south line from the centre of the United States to the centre of Mexico, running along the high plateau, just under the great mountain backbone of the continent, through a country rich in agriculture and mineral resources, and offering great inducements by these, as also by its healthful climate, to an extended immigration. To the nation, if not to Colorado itself, this is the most important element in the boasted railway system of the latter. Then, as a special and immediate occasion for interest, attracting to its construction and operation the attention of all railway builders and managers, this line is built upon the now famous Narrow Gauge principle. There are two short roads of this character in Canada, running through agricultural regions. But this one here may be fairly counted the first that boldly enters the arena of open competition and defiance with the ordinary or broad gauge lines, and, taking a field of undisputed value for railroad construction and general business, chooses the narrow gauge, not only because it is cheaper in construction, but with the faith that it will prove more economical and useful in doing a general business traffic of

unlimited proportions and continental grasp. The successful construction and operation of the first seventy-six miles of such a line, running through an open country as favourable for the construction of a broad line as almost any other section of our Western plains, has fairly startled the whole railway interest of the world, drawn thither in critical examination railway people, not only from all parts of America, but from Europe, and fully inaugurated a new War of the Gauges. The old war, represented by the Erie line with 6 ft., and nearly all other American and European lines with 4 ft. 8½ in., had been fought out and won by the lesser width; but now the latter is itself challenged by this Lilliputian of 3 ft. to prove its right, on grounds of economy and capacity, to continue master of the field. It is not for me, it is not for any man, indeed, thus early, to decide the question. I may only state its points, and describe the progress of the experiment that here, almost in the very wilds of Central America, has so suddenly and sharply raised the issue,—a fact in itself as romantic and unique as any of the many romantic and unique innovations and revolutions America has thrust upon a steady-going world; and finally to confess the deep impression which has been made upon me by what I have seen and heard in connexion with this enterprise.

The road and its trains, in the first place, look like a railway plaything, in contrast with the broader and heavier tracks and larger cars of the accustomed lines: delicate and dainty, they seem almost too faint and feeble for the hard, quick work to which they are called, and especially unequal to the great contest which they have invited. Yet so far, surely, they are performing their task with ease, with comfort, with celerity, and with success. The track-bed of the narrow gauge is 10 to 12 ft. wide, as against 16 ft.; the distance between the rails 3 ft., as against 4 ft. 8½ in.; the ties are 6½ ft., as against 8 ft.; the rails weigh 30 lb. to the yard, as against 56; the engines 12 to 15 tons, as against 25 to 30 tons, putting about half the weight on the drive-wheels that the larger locomotives do; the passenger cars, with 8 wheels, and carrying 32 passengers, weigh 6 tons, as against 18 tons, 8 wheels and 50 passengers; and the freight cars, so far introduced, weigh 2 tons, run on 4 wheels, and carry 4 to 5 tons of freight, as against cars weighing 9 tons on 8 wheels, and capable of 10 tons' load. Where four passengers sit in the ordinary car, three are seated in the narrow ones, two on one side and one on the other of the passage way, the car being divided in the middle by a door, and the seats for two and one, respectively, being reversed in the two sections, so as to balance the carriage. The cars at first introduced are 7 ft. wide, and 10½ ft. high from rail to top. They prove a trifle more compact than is necessary,

and not quite generous enough in accommodations for passengers; but this evil is being remedied in new cars now constructing; while sleeping cars and day drawing-room cars can be made for the narrow gauge roads, which will accommodate still more persons, in proportion to their size and weight, than the ordinary cars of this character now do. The new freight cars are on 8 wheels, weigh $3\frac{1}{4}$ tons, and carry 9 tons. The box cars for general merchandise weigh 4 tons, and carry from 8 to 9 tons.

The cost of constructing these seventy-six miles, with equipment,—*including stations, snow sheds, fences, complete ballasting, car and machine shops, hotels, offices, and every appurtenance for business*,—has been $14,000 *a mile*, while the Kansas Pacific road, going through a similar country, and built under the same engineers, and very much by the *same contractors, cost* $22,000. The new road, however, had some advantages in cheaper labour, larger experience, and more ready access to ties and certain other materials. The fair difference between the two roads in an open country like this, it seems to me, would be less than these figures; but in entering a mountain region, where heavy excavations and tunnels were required, hills to be climbed, and sharp corners to be turned, it would undoubtedly prove much more. There is grading going on just now, for instance, up the Clear Creek canyon to the mountain mining centre of Colorado, *which it was estimated would cost* $90,000 *a mile for the full width road*, but which *has been done for* $20,000 *for the narrow gauge*. Perhaps, therefore, taking the average of railroad construction, it is not unfair to claim that narrow gauge lines can be built and equipped *for about three-fifths the cost of the ordinary gauge*. Consider, in this connexion, also, the great advantage the cheap and narrow road has over the broad and expensive one, in the greater ease with which it can meet its burthen of interest. This account is the "Old Man of the Sea" that fastens itself on the shoulders of every new railroad company, and many a sad story could be told of the way in which struggling enterprises have been crushed by degrees and ultimately absorbed by the bondholders. But as the narrow gauge costs but three-fifths of the broad gauge, it is burthened with but three-fifths as much interest. At the same time it has *the same capacity* to meet the *larger interest* as the broad gauge, since it carries *at full rates all the freight and passengers* that the broad gauge would receive. In other words, all other things being equal, the safety of money invested in narrow gauge bonds is, to that invested in a similar broad gauge security, *as five is to three*.

Starting from Denver, this road runs up the valleys of the Platte and its tributaries to the top of what is called the "Colorado Divide," which is a

spur or ridge of high land running out from the mountain range at right angles, and separating the waters of the Platte from the Arkansas. It is 8,000 ft. high at the summit, a rise of 2,000 ft. from Denver; but the ascent is quite gradual, and nowhere amounts to over 1 in 70 ft. to the mile for the track of the road. Then the road descends at about the same rate per mile to this point, which is some 6,000 ft. high, and the centre of the Pike Peak contributions to the Arkansas river. The narrow gauge road claims no advantage over the broad in the matter of grades, except that its trains have *less dead weight to carry, and so can surmount a heavy ascent on less expenditure of power;* but in ability to turn corners it has at *least a double advantage.*

Next and most important of all is the question of economy in operation. Where the advantages of the narrow gauge lie in this respect is partially illustrated in some of the foregoing figures of the weights and capacities of engines and cars. The principle underlying them is this: that given sufficient width of track to give capacity of carriage, all further increase of width increases the weight of engines and cars in greater proportion than it increases capacity; in other words, that the dead weight of a train increases with the width of the track. On this doctrine the narrow gauge rests its claim—over this the battle is to be fought. If it is true, if experience sustains what is claimed for it—and so far it would seem to be fairly illustrated in practice—then the narrow gauge wins the fight; otherwise not. The reader will see, by referring to the weights and capacities of the cars, previously given, that the narrow gauge can carry twice as many passengers and more than twice as much freight per ton of car than the ordinary gauge—that is, of two trains weighing one hundred tons each, the narrow gauge train will carry twice the number of passengers, or twice the number of tons of freight, that the ordinary gauge train would. This is a remarkable statement, certainly. Probably some qualification is to be given to it on the assumption—which it seems to me must be admitted—that the narrow gauge cars, as illustrated here, are too light and too small, while the ordinary gauge cars are unnecessarily heavy. Still, making all allowances in either direction for necessity of increasing, for possibility of decreasing, and the rule would appear so far to hold good, that, given full trains, the narrow gauge roads can carry a much greater proportion of live or paying weight than the ordinary gauge road can. In practice, furthermore, the advantage would seem to be still more on the side of the narrow gauge road; for, as a matter of fact, we know that few trains carry their full capacity either of passengers or freight; there is always great waste of room. It is probably very rare that an ordinary freight train has

as many tons of live weight as it has of dead weight; the excess may indeed never be said to be on the side of live weight; while, when we consider how much more freight goes one way than another on most roads, and, therefore, how many empty or half-filled cars have to be drawn one way, also, when we consider the necessities of local traffic, and the number of quarter or half-filled cars required to be sent off for its accommodation, we may readily believe that the average excess of dead weight is very large.

Now it is claimed for the narrow gauge roads that, by virtue of the principle stated, there is absolute certainty of a reduction of this great discrepancy by their use; and furthermore, that in actual experience, where cars must often be half loaded, or go one way wholly empty, *the advantage of their smaller and lighter cars will afford still greater gains in power and material.* This rests very much on theory so far, it is true; there has been no full and fair experience yet with narrow gauge lines doing a general business, and put in direct comparison with the ordinary or broad gauge; but the theory is certainly a very plausible one, and such experience as there has been sustains it; and together, theory and experience have raised up a belief in the superiority of the narrow gauge that is bringing it rapidly and on a large scale into public favour and practical adoption.

The Russian Government has ordered a 3 ft. 6 in. gauge for new and important lines in that country. In India, after a severe contest between the advocates of the old and the new principles, a gauge of 3 ft. 3 in. has been formally adopted for its great system of railways, and the beginning of many thousands of miles of road of that gauge is settled.

It will be perceived by these incidental statements of different widths, that the narrow gauge advocates have apparently not settled upon a definite width. The Festiniog road in Wales, which was the practical beginning of the narrow gauges, is only 2 ft. wide, but its business is almost entirely that of conveying slate, and it is almost universally held to be too narrow for general purposes. The Norwegian roads, which seem to have been the next of the narrow gauges, are of 3 ft. 6 in. in width, but they run through an agricultural and sparsely settled country, and are denied by the principal advocates of the narrow gauge the place of models. The Russians have taken the same width, however, partly through the virtue of their neighbours' example, but more, perhaps, as a compromise with the old engineers, who hold to the broad gauge; while India's selection of 3 ft. 3 in. is because that is the width of the French metre, which stands in scientific circles as the future standard of measurement. Mr. Fairlie, however, the British civil engineer, who has identified himself most prominently with

narrow gauge interests, thinks that 3 ft. is the royal medium. It gives, he argues, sufficient capacity, while it reduces dead weight to the lowest proportion consistent therewith; if the width is made smaller the capacity decreases unduly, if it is made larger the dead weight similarly increases. Under this argument, and the example of the experiment here, 3 ft. is generally adopted as the American narrow gauge standard; and it will surprise those who have not made themselves familiar with railroad movements and discussions during the last six months to know how firmly and widely the narrow gauge idea has taken hold of American railway development.

There is, indeed, an almost narrow gauge contagion in this country, and most of the new lines projected in the West have either adopted this principle or are seriously considering the propriety of doing so. *The Colorado Central Railroad into the mountains from Denver is changing to the narrow gauge, and its proposed extension east to a connexion with the Union Pacific at Pine Bluff will be of the same width. The road* in course of construction *from Ogden through northern Utah* pointed toward Montana, and known as the *Northern Utah road, is narrow gauge*, and the iron is already ordered for some of its first sections. A new line across the plains from the Missouri river to Denver, starting from Leavenworth, and known as the *Leavenworth and Denver road* (600 *miles long*), is not only projected on the narrow gauge, but has been graded for something *like a hundred miles*, the iron bought, and the equipment is in course of construction. Leavenworth's great railroad king, "Len" Smith, who has the credit of having bought Mr. Caldwell's place in the United States Senate for him, is the father of this enterprise, while the ubiquitous and absorbing "Tom" Scott, of the Pennsylvania Central Railroad ring, gives it his endorsement and encouragement. *The great Southern Pacific road beginning in Texas* has voted to adopt the narrow gauge, but its action in this respect requires the confirmation of the Government at Washington. *A narrow gauge road* between *Terre Haute* and *Cincinnati* has been commenced; *a narrow gauge branch of the Pennsylvania Central into the semi-bituminous coal regions is in progress;* the *Arkansas Central, from Helena to Little Rock*, with a branch to the Sulphur Springs, is laying a *track on the narrow gauge*, and has ordered its cars; *while almost every State, from Massachusetts to California*, is represented by embryo schemes, either of trunk lines or local branches, upon the new principle. St. Louis is agitating herself with a magnificent plan of a new air line *narrow gauge road direct to New York, with branches to the interior of New England and to Philadelphia and Washington.* She has drawn it all out on paper,

figured up the cost, and divided the expense among the counties of the several States through which it is destined to pass. Another great narrow gauge project is that of some of the Pennsylvania coal land owners *for a straight line from their coal mines into the heart of New England*, for the purpose of laying down in your manufacturing regions the raw material for steam at the lowest possible cost. And as for Colorado, she has narrow gauge "on the brain;" Denver's new street *railroad is of the narrow gauge;* a narrow gauge nomenclature and illustration possesses society, and enriches or debases, as you please, the local language. Not the worst by any means of these latter innovations is the new name given for a "jackass," to wit, a "narrow gauge mule."

Of course the possession of so many railroads of the broad gauge is felt to be a great practical obstacle to the new idea. The impossibility of making connexions—that is, of transferring cars from one gauge to the other, will greatly determine many projects, and practically prevent a too rapid growth of the new railroads before their superiority is absolutely proven. But the cost of transferring freight from one car to another is popularly exaggerated. With mechanical appliances the expense of this business may be reduced to an almost infinitesimal proportion of the freight charges; and there is no sufficient reason, on this ground at least, against the introduction of the narrow gauge for branch roads of existing lines, running into a mountainous country or through a sparsely settled agricultural region, with not means enough to build the wider and more expensive roads, but stinted in their development and suffering in their loneliness for the want of some railroad connexion with the business and social worlds. At any rate, the narrow gauge boldly throws down the gauntlet, and challenges the old lines to equal combat, making no apologies for itself, accepting no limitations, but insisting that, as well in the open country as among the hills, as well for a great business as for a small, for all reasons and not solely for a few, it has every advantage, and only awaits time and opportunity to prove it.

Something more is due, also, to the management of this great initial narrow gauge enterprise in America. The active leaders in it are Philadelphians and Coloradians; the capital comes from Philadelphia in part, but chiefly from England and Holland. Gen. William J. Palmer, who is a graduate of the war, of the Pennsylvania Central Railroad, and of the Kansas Pacific Railroad, is the practical engineer and president; and J. Edgar Thomson, S. M. Felton, and Robert H. Lamborn, of Philadelphia, and ex-Governor A. C. Hunt, of Colorado, are his efficient coadjutors. The road is bonded for $16,000 a mile, and the money has been

A REPLY

TO

MR. RAMSBOTTOM'S REPORT AGAINST THE PRINCIPLE OF THE FAIRLIE ENGINE.

In 1867, three engines *professedly* embodying my principle were built in this country by order of the Crown agents of the Colonies, and were sent to Queensland to work upon the narrow gauge (3 ft. 6 in.) railways in that colony. Only one of these engines was put together and tried in Australia, and then although the other two were never unpacked from their cases, all three were condemned as useless. After some years' delay, they were re-shipped to this country, and in October last two separate reports were made upon them, one of these reports having been prepared by the eminent locomotive engineer, Mr. J. Ramsbottom. Now, as these engines *were not constructed in any measure upon my designs*, and as I never saw them until after their re-consignment to this country, I have nothing to urge against the strictures Mr. Ramsbottom passes upon certain of their details. But as his report contains condemnations of the *principle* of the Fairlie engine, I find this a convenient opportunity of replying to his allegations, as they enable me clearly to point out some of the leading advantages of my locomotive as compared with the ordinary type of engine.

In his report, Mr. Ramsbottom alleges, in condemning the principle, that a serious defect in the Fairlie engine is to be found in the bogie frames, which, although they are free to move in a *horizontal* plane, are not free to move in relation to the boiler

in a *vertical* plane,* all vertical action being prevented by the mode of attaching or coupling the bogies together. With the view of testing this part of the arrangement, Mr. Ramsbottom decided to have a portion of a temporary road raised to a point as shown in Fig. 1, which had been previously laid to a minimum curve, round which to test these engines; and he asserts that the result, on passing the engines over the summit of the gradient, was to reduce the weight upon the leading pair of wheels so materially as to show that the engine was unsafe for travelling over such a description of road, and on this ground he has founded his chief objection to the principle.

Mr. Marshall, the other reporter upon these Queensland engines, repeats in more forcible language the above objections, and illustrates his remarks with the diagram (Fig. 1).

Now, with all due deference to Mr. Ramsbottom's very extensive knowledge of the ordinary type of locomotives in general, this sweeping condemnation, which is echoed by Mr. Marshall, shows that he certainly has a very limited knowledge of the "Fairlie" engine in particular, as I shall now proceed to prove.

Assuming, for argument's sake, the two bogies of the engines in question to be held perfectly rigid vertically, like a girder—a thing utterly impossible—yet, under such conditions, the alleged effect when the engine was standing on the crown or apex of a reverse gradient of 1 in 100 could not be produced. In order to better illustrate my argument, I have introduced some diagrams of the Queensland engine as it is, and of the ordinary type of goods engine usually employed.

Fig. 2 represents the Queensland engine placed on a reverse incline in the position referred to, excepting that, to give more effect, I have chosen an incline 1 in 50 instead of 1 in 100, with the object of exaggerating the case against myself, because

* As a matter of fact, the bogie frames of Fairlie engines proper are free to move both horizontally and vertically.

if there is danger in the one case it is just double in the other; but it will be seen that the weight on the leading pair of wheels in the leading bogie is never so materially reduced as to render the engines unsafe for travelling on the reverse incline of 1 in 50, let alone on 1 in 100; nor is any portion of their weight carried or supported on the stay across the horns of the bogie frame under the axle-boxes. There is, in fact, a clearance of ¼ in., as I shall show further on; consequently, there is not only the weight of the wheels, axles, and boxes on the rails; but there is, in addition, the downward pressure of the springs acting on the ¼ in. clearance between the bottom of the axle-box and the cross-stay of the horns of the frame.

Assuming, as I have said, that the two bogies are so rigid in their vertical length as to represent a girder, their horizontal line will then remain parallel to the centre line of the boiler. In Fig. 2, I have placed the two bogies and boiler parallel to each other, as this represents the very worst possible position for my case—a position which, I assert, is an impossible one, but I have done so in order to show more clearly the fallacy of Mr. Ramsbottom's argument.

The principle of supporting the boiler over the middle axles may be better understood from an examination of Fig. 3, which represents a balk of timber supported at each end on a point over the centre axle, this point being, of course, carried equally by all the axles. The Fairlie boiler is supported in a similar manner; it rests on the bogie centres over the middle wheels.

The boilers of the Queensland engines are supported over the centre wheels A A Fig. 2, of each bogie, therefore, when the engine would be in the position represented, the centre line of the boiler B B would be parallel to a line drawn through the centres of the axles of the wheels A A. If we assume the centre line of each bogie, C C, to be fixed rigidly parallel to the centre line of boiler B B, it will also be found to be parallel to the line A A; then, by drawing the line D D through the

Fig.1.

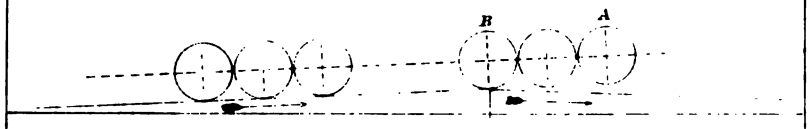


Fig.2.

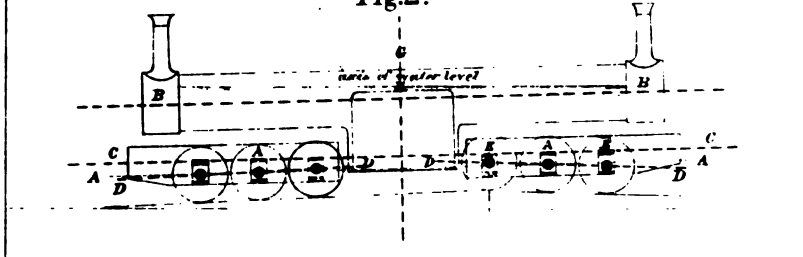


Fig.3.

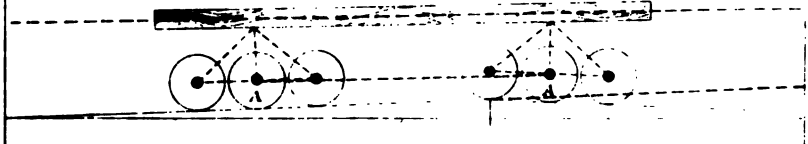


Fig.4.

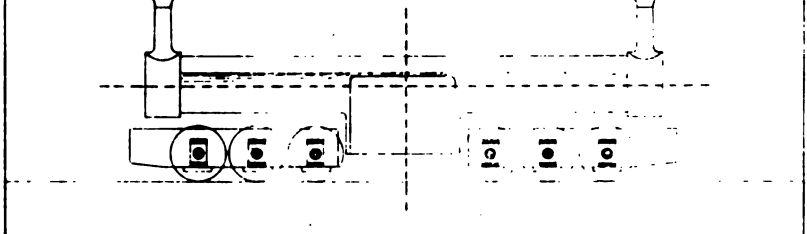


Fig.5.

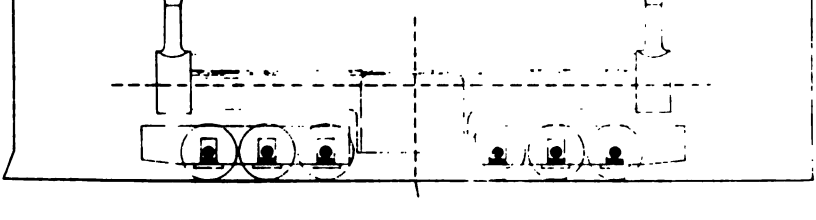


Fig. 6.

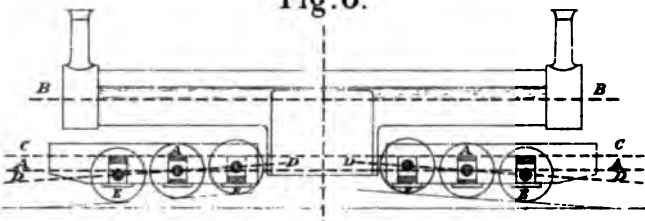


Fig. 7.

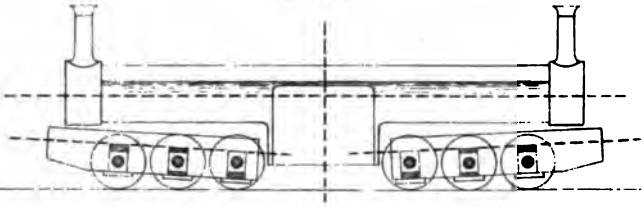


Fig. 8.

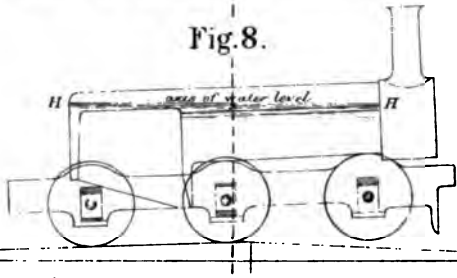


Fig. 9.

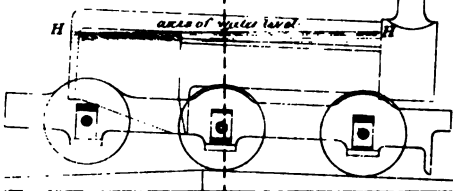


Fig. 10.

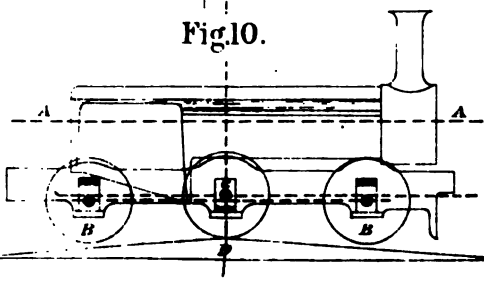


Fig.1.

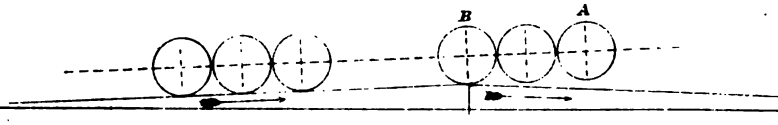


Fig.2.

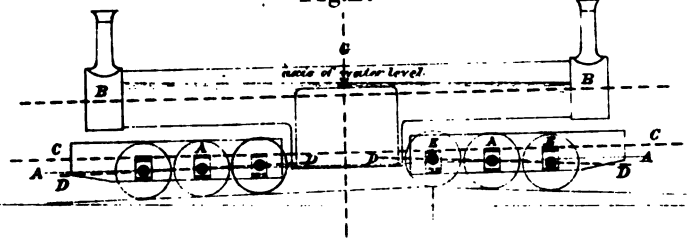


Fig.3.

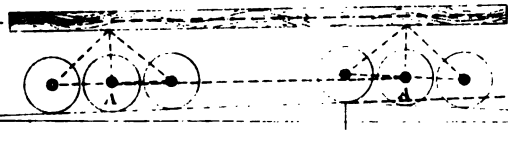


Fig.4.

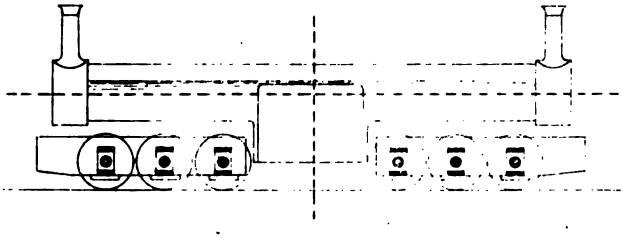


Fig.5.

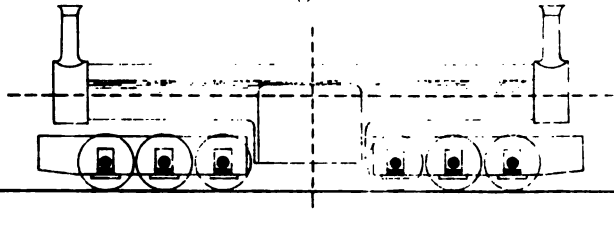


Fig. 6.

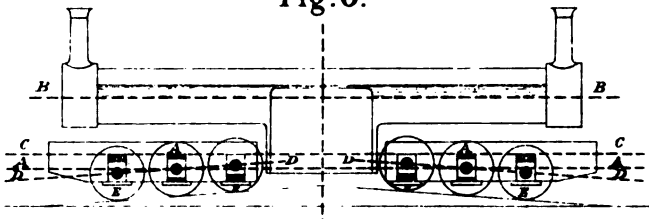


Fig. 7.

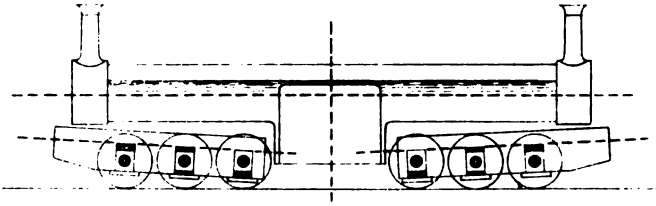


Fig. 8.

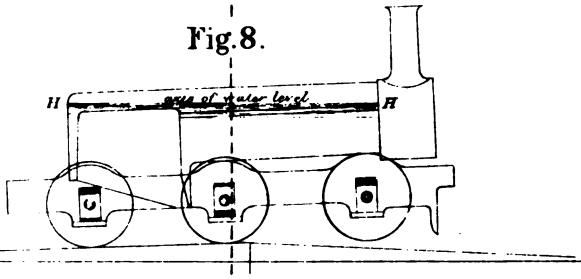


Fig. 9.

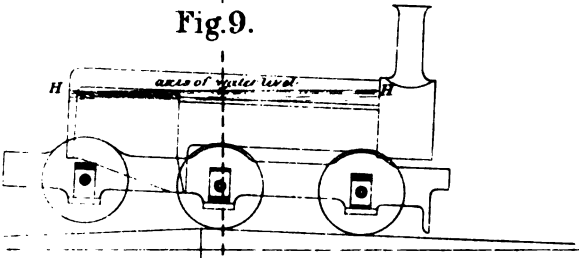
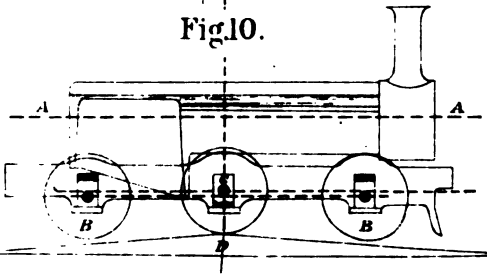
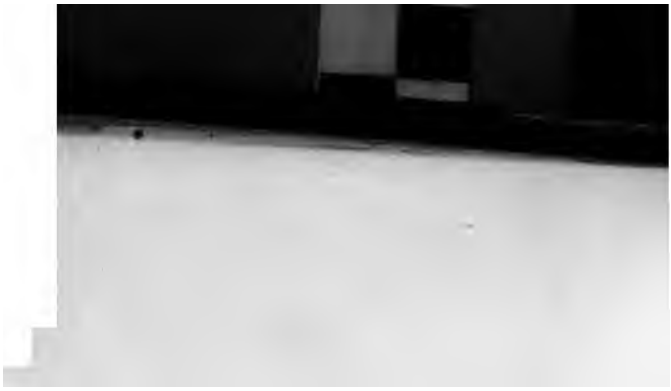


Fig. 10.





centres of the axles of the wheels E E, which, of course, are parallel to the rails, we shall find that the line D D is not parallel with the lines A A, B B, and C C to the extent of the inclination of the rails on half the length of the wheel base E E; that is to say, the wheel base of each bogie of these engines being 6 ft. 3 in., and the inclination of the line 1 in 50, it follows that the greatest distance the centres of the axles of the wheels E E, represented by the line D D, would be out of parallelism with the lines A A, B B, and C C, would be ¾ of an inch above and ¾ of an inch below the centre line A A. Now, if we bear in mind (though the centres of the axles of the wheels E E can never alter their distance from the rails so long as the wheels have a bearing on them) that there is provision made in those parts of the frames of all locomotives wherein the wheels are placed and retained in position, which permits any end of the bogie frame over the centres of the wheels E E to be raised above, or lowered below the centres of the axles to the extent of 1 inch, which means that any frame may be lowered, keeping its centre line and that of the axles perfectly parallel, until it rests on the top of the axle boxes, see Fig. 5, the distance the frame falls being about 1 inch, or, on the other hand, as there is an equal clearance of 1 inch below as well as above the axle boxes, it will be readily understood that one end of the frame may be lowered 1 inch and the other end raised 1 inch, see Fig. 7; whereas in Fig. 6 another form is shown, keeping the frame and boiler lines parallel, but raising and lowering the end wheels to the full extent of 2 inches, indicating the rate of incline. The following Figs. 4, 5, and 7 further illustrate this part of the question.

Fig. 4 shows the frames and wheels as they would be, say, on a level line, with the proper clearances above and below the axle boxes. Fig. 5 shows the frame lowered to rest on the axle boxes, and Fig. 7 shows the frame raised at one end and lowered at the other to the full extent of the usual 1 inch clearance.

I am particular in explaining this section of the locomotive, as only by a full comprehension of it can the reader be enabled to determine the true relative positions of the double bogie and the ordinary engine on the reverse incline indicated in Mr. Ramsbottom's report.

Returning now to the argument before us with this knowledge of the clearances between engine-frames and axle boxes of wheels, we shall find that the centre line of the bogie C C, Fig. 2, though maintaining throughout its parallelism with the centre line of boiler B B, will permit the centre line of the axles D D to alter their parallelism to the extent of 1 inch above and 1 inch below the line A A (see Fig. 6), consequently as only ¾ of an inch is required to maintain the position of the wheels on the rails on the reverse incline of 1 in 50, it follows that there is not only the entire weight of the leading wheels, axles, and boxes on the rails in the position of the engine selected by Mr. Ramsbottom as indicating what he calls a serious defect in the double bogie, but that of the force arising from the action of the springs above them acting through the ¼ inch clearance to spare between the bottom of the leading axle boxes and the guards of the frame at one end, and the top of the trailing axle boxes and top of the frame at the other; these clearances are distinctly shown in Fig. 2.

I now approach that part of Mr. Ramsbottom's argument which testifies to the truth of the old adage that "those who live in glass houses should not throw stones." Having proved that Mr. Ramsbottom's principal objection to the Fairlie Engine has no foundation in fact, it is but fair that I should be permitted to criticise under the same circumstances that Mr. Ramsbottom has applied to my engine, the engine which he so strongly recommends.

Fig. 8 shows the position of his Goods Engine going up and over the apex of an incline of 1 in 50 under the same conditions as those offered for my engine. It is evident that when

the centre wheel of his engine is within say 5ft. of the apex of the incline (the same clearances being allowed above and below the axle boxes in each case), the leading wheels will have dropped as low as the frames will permit—that is to say, 1 in.; in other words, the leading end of the frame will have followed the upward inclination of the line whilst the wheels will have followed, after passing the apex, the downward inclination of the rails as far as the clearances below the axle boxes will have let them, and the engine still moving forward, the entire weight of the leading wheels will be carried by the guards placed across the horns of the frames, and as the centre wheels approach nearer to the apex of the line, the leading wheels will be suspended in the air over the rails, their elevation increasing until the engine has moved forward so far that the weight of its leading end counter-balances the trailing end, and the machine topples over, lifting the trailing wheels and suspending them in air (see Fig. 9), and these only reach the rails again as the engine passes down the incline; or in other words, the centre lines of the frame and boiler, always remaining parallel to each other,* continue to pass up the incline parallel to the rails, whilst the leading wheels, after passing the apex, descend the incline until the axle boxes rest on the cross stay of the horn plates. When this takes place, the frame still ascending, one of two things must happen: either that the wheels are heavy enough to pull over the frame, or, as what actually would happen, the frame would lift the wheels and carry them on until the centre wheels of the engine, getting near to or on the apex, would gradually absorb the entire weight of the whole machine on themselves, and thus form a centre, like a beam scales, until the weight of the leading wheels gradually counter-balanced the trailing wheels,

* The centre lines of boiler and frames of Mr. Ramsbottom's engine must remain parallel with the rails up and down, whilst this is not the case with the Fairlie. See fig. 3.

and the mass toppled over on the leading wheels. It must not be forgotten that for a considerable portion of the time this most dangerous proceeding is going on, the centre wheels are bearing not only their own load but the entire load of each end of the engine alternately, and that actually for a very short distance before and after the centre wheels reach the top, and whilst on it, the *entire weight of the engine is borne on the centre wheels* alone; the best illustration I can give of this motion being to liken the engine frame and boiler as acting the part of a see-saw during the time it is toppling over from the one pair of wheels to the other, whereas this movement cannot possibly take place *under any combination of circumstances with the Fairlie double bogie engine*, though the load would vary a little on the wheels E E of the bogie to the difference only between the forces of the two springs, one being compressed the other expanded, both beyond their normal condition, whilst the *load on the centre wheels remains the same always.*

The whole matter is so plain and easily understood that it, fortunately for me, does not require any engineering skill to comprehend it. The diagrams of Mr. Ramsbottom's engine, as well as the Queensland engine, are drawn correctly to scale, but the rate of inclination of the rail is exaggerated a little to better illustrate their positions on the inclines. In further proof of these positions I give the following dimensions :—

The wheel base of his goods engine (the same argument and conditions apply to all *ordinary engines*, whether for goods or passenger trains) is 15′ 6″, and therefore on an incline of 1 in 50, half up and half down, the centre line of his boiler, A A, and the centres of the wheels B B, would each be 2″ below a line drawn through the centre of the middle axle C, parallel with the centre line AA of boiler. This position is shown by Fig. 10, excepting that as the wheels B B cannot drop 2″, there being only 1″ clearance, the diagram is shown with the wheels

down as far as they can go, the full inch, and the remaining inch is shown in space between these wheels and the rails; in other words, this engine, standing with the middle pair of wheels resting on the apex D of a reverse incline of 1 in 50, and the weight equal at each side of the centre, the entire weight of the engine would be carried on the centre wheels C, and the end wheels, B B, would be standing clear of the rails one inch. Having now, I trust, clearly shown the utter fallacy of this portion of Mr. Ramsbottom's argument, a portion on which he evidently lays great stress, I avail myself of the several diagrams to show another feature of the question of the "Fairlie" versus Ramsbottom's engines, which, though of the gravest importance, seems to have been entirely lost sight of by that gentleman. This feature is the water level in the boilers on inclines. It will be seen in the "Fairlie" engine, Fig. 2, that the centre of the fire-box G is the axis of the water *at all times and positions* of the engine—that is to say, there being 4″ of water over the fire-box of a "Fairlie" double boiler on the level, the same quantity *exactly* will be maintained over *the centre* of the fire-box of the same boiler *on any incline.* The fire-boxes of Fairlie double boiler engines being in the centre it follows that the water will remain always at the same level over the centre of the box, precisely similar to a spirit level.

Let us now see how Mr. Ramsbottom's boiler would be affected under the same circumstances.

The fire-box of his engine is placed at one end of the boiler, and the consequence of this is that so long as the engine is going up an incline with the fire-box towards its lowest end, there will always be plenty of water over it (see H H, Fig. 8), but the instant the position of the engine is changed to H H, Fig. 9, the water leaves the fire-box end uncovered, and risk is incurred of its being burned; it is well known that a burned fire-box is one of the most serious items of expense in the locomotive engine. Moreover, when going up the incline, the

water being very high over the fire-box end, where the water gauge is placed by which the driver ascertains the position of the water in his boiler, this gauge is filled far beyond its highest indicating point, therefore the driver has to feed his boiler entirely by guesswork, and has to constantly bear in mind during his upward journey that though his glass is far beyond being full, the instant his engine commences the descent the water as instantaneously leaves his fire-box and his glass without a drop in it; therefore, on steep inclines, a great deal must depend with Mr. Ramsbottom's engines on the intelligence of the driver, whereas the water gauge being in the centre or axis of the water in the Fairlie boilers it must always, whether on level or incline, indicate the true position of the water.*

---

* This water difficulty increases with every inch added to the length of the ordinary description of boiler. Take for example the case of the Meyer engine. The boilers of those engines must be from 3 to 5 ft. longer than Mr. Ramsbottom's boiler, consequently it will be found very unsuitable, if not altogether impossible, to employ or use them on any lines having but very moderate gradients indeed.

☞ Such a thing as an apex being permitted to occur on any line is unknown to my experience: what I mean by an apex is that rails are never so laid on a grade up and down as to form a distinct angle, but its introduction in Messrs. Ramsbottom and Marshall's reports only shows how far the opponents to the principle of the double bogie engine will permit themselves to be carried in order to find some excuse to damage it, forgetting the old and very trite adage of cutting sticks to break our own heads.

DIAGRAMS OF PAYING LOADS AND DEAD WEIGHTS.

In the following diagrams an endeavour has been made to compare graphically the paying loads and dead weights upon lines of different gauges, as well for the passenger as the goods traffic. For this purpose I have selected seven gauges of different character, namely—the 3 ft. and the 3 ft. 6 in., worked with the Fairlie stock, the 3 ft. 6 in. Norwegian, the 4 ft. 8½ in. French, and the same in this country, the 5 ft. 6 in. and the 4 ft. 8½ in. American gauges. It has been impossible, of course, to do more than show approximate effects, but as the same conditions are applied to each gauge the comparison is a fair one.

The diagrams have been compiled upon the basis afforded by the passenger and goods traffic on the French main lines, the statistics of which are so complete as to leave little to be desired. At the same time it must be remembered that by taking this practice as a standard, a far less favourable result is obtained for the narrow gauge than if I had assumed the more extravagant system of working in this country and in America. I have preferred, however, to adopt French practice as my basis, because it approaches more nearly than that of any other system to economical broad gauge working. I may merely add that the speeds are assumed to be the same upon each gauge, the 3 ft. being suitable for any of the working average speeds developed on the larger gauges. The weight of engines is in no case included in the comparison.

In Diagram I. are shown the seating capacities and cubic space, the dead weight and the paying loads of passenger rolling stock upon the different gauges above mentioned. The signification of the various lines is so clearly explained in the diagram that I may, I think, dismiss it with a very short description. To avoid complication, the three classes of passenger stock have been taken together, and the average only laid down upon the diagram. The net dead weight per carriage shown in the fourth line of the diagram is as close an approximation to actual practice as could be reached where so many differing types exist.

The weights given, however, for the two first narrow gauge carriages are those which I obtain in my own practice. The number of seats offered

per carriage, as laid down on the diagram, are the average of the three classes—the American stock, which has practically but one class, only excepted. For the broader gauges 24, 40, and 50 passengers for the first, second, and third classes respectively are assumed, giving an average of seating capacity per vehicle of 38, as shown. On the narrow gauges an average of 26 passengers per carriage is obtained. The line corresponding with the "number of seats offered per carriage" is that marked "number of seats occupied per carriage." This number has been taken at 25 per cent. in each case. This line of "seats occupied" may be compared with that of "net dead weight" close beside it, and it will be seen that going upwards from the 15 ton American car, where 14 seats are occupied, the lines gradually diverge towards the top of the diagram, until at the 3ft. gauge they show 6·5 seats occupied, with a net dead load of 3·25 tons, that is to say that in the latter case half the useful capacity is obtained with one-fourth the dead weight. This result is shown in the line marked "Dead weight in tons to carry one ton of passengers, as actually employed in practice." From this line it will be seen that the dead load decreases from 16 tons of car per ton of passengers on the American lines to about 10·5 tons on the French railways, diminishing to 8·5 and 7·75 tons on the 3 ft. 6 in. and 3 ft. gauge respectively. On the other hand, the American stock shows the highest result upon the line marked "Number of cubic feet offered per passenger." This is on account of the greater height and less economical seating arrangements which rule in the American stock, and that this apparent advantage is gained only by a great excess of dead weight is proved by the line marked "Number of cubic feet per ton of carriage." In this it will be seen that while the American cars give about 180 cubic feet per ton, the 3 ft. and 3 ft. 6 in. gauge carriages of the Fairlie type give over 215 cubic feet per ton.* And 180 cubic feet per ton is more than is obtained with the American stock in general practice.

In Diagram II. the proportions of paying to non-paying loads of an average goods train are shown upon the same gauges as are included in the previous diagram.

The number of passengers is assumed to be 60, their weight 4 tons, and the percentage of seats occupied to seats offered to be 25, as in the preceding diagram. The same percentage is also taken for the empty mileage, so that in estimating the total dead weight of train the proportion of empty

* The scale for cubic feet on the diagram is only one-fifth that of the other scales, so that each space between the vertical lines on the diagram represents 5 cubic feet.

3 FT
FAS
3 FT 6 IN
3 FT 6 IN NOR
4 FT 8½ IN
4 FT 8½ IN
5 FT 6 IN
COLONIES
4 FT 8½ IN

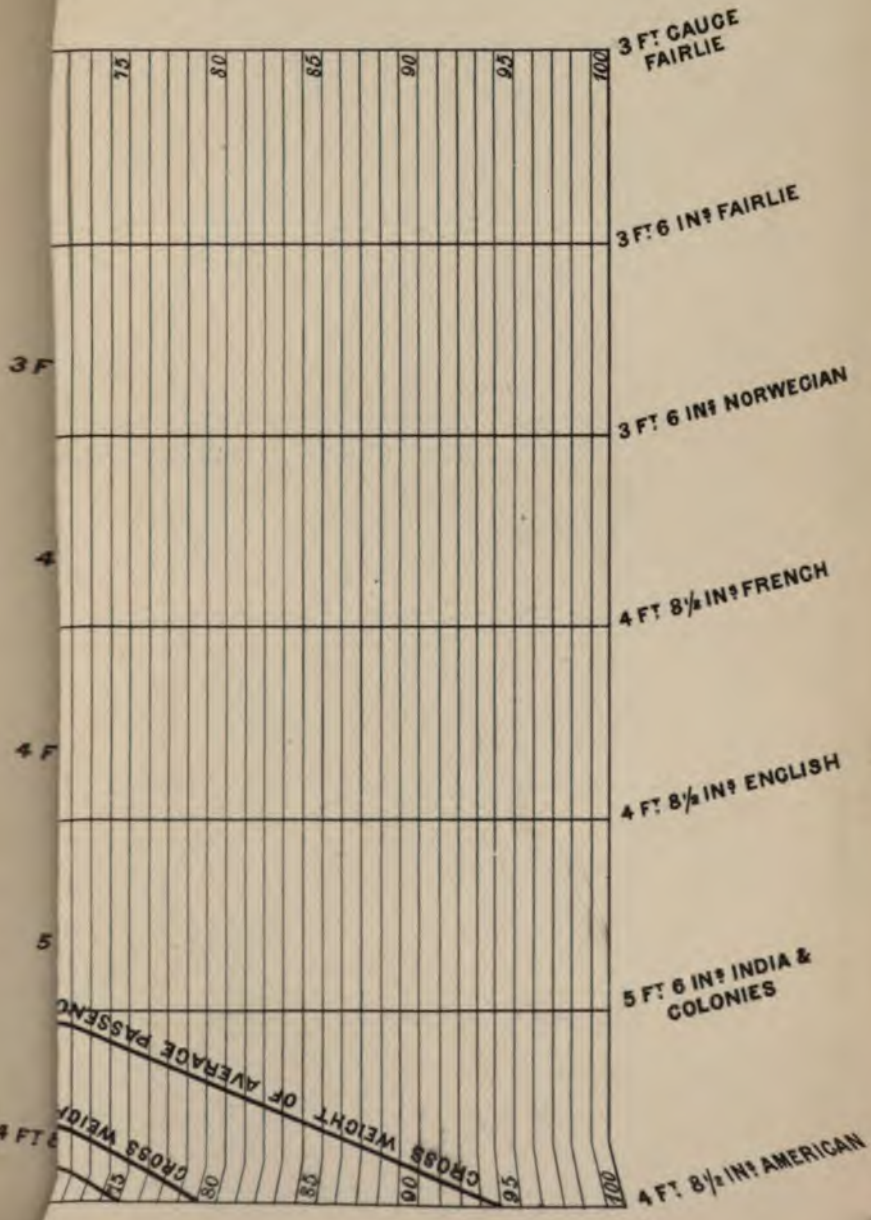
T

F

N

No. 2.

TO NON-PAYING
FFERENT GAUGES
OMOTIVE.



No. 2.

TO NON-PAYING
FERENT GAUGES
OMOTIVE.

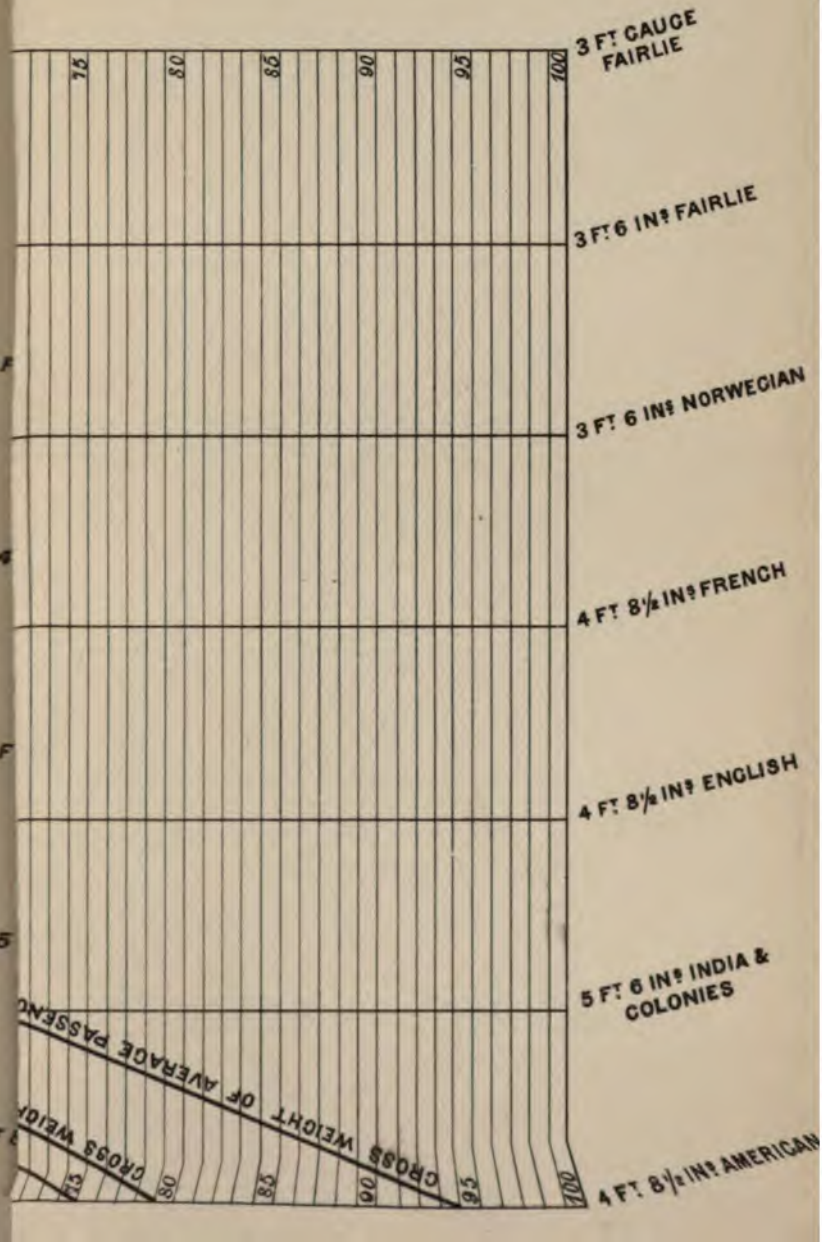


TABLE *showing the Numbers and Weights of Carriages required upon different Gauges, to carry any number of First and Second Class Passengers, from* 1 *to* 100 *in each Class, the Carriages being fully loaded.*

Number of Passengers.	3 ft. 0 in. Fairlie.		3 ft. 6 in. Fairlie.		3 ft. 6 in. Norwegian.		4 ft. 8½ in. French.		4 ft. 8½ in. English.		5 ft. 6 in. Indian.		4 ft. 8½ in. American.	
First Class.	No. of Carriages.	Weight of Carriages.	No. of Carriages.	Weight of Carriages.	No. of Carriages.	Weight of Carriages.	No. of Carriages.	Weight of Carriages.	No. of Carriages.	Weight of Carriages.	No. of Carriages.	Weight of Carriages.	No. of Carriages.	Weight of Carriages.
		tons.		tons.		tons.		tons.		tons.		tons.		tons.
1 to 18	1	3·25	1	3·5	1	4·6	1	6	1	7	1	8	1	15
19 to 24	2	6·50	2	7·0	2	9·2	1	6	1	7	1	8	1	15
25 to 36	2	6·50	2	7·0	2	9·2	2	12	2	14	2	16	1	15
37 to 48	3	9·75	3	10·5	3	13·8	2	12	2	14	2	16	1	15
49 to 54	3	9·75	3	10·5	3	13·8	3	18	3	21	3	24	1	15
55 to 72	4	13·00	4	14·0	4	18·4	3	18	3	21	3	24	2	30
73 to 90	5	16·25	5	17·5	5	23·0	4	24	4	28	4	32	2	30
91 to 96	6	19·50	6	21·0	6	27·6	4	24	4	28	4	32	2	30
97 to 100	6	19·50	6	21·0	6	27·6	5	30	5	35	5	40	2	30
Second Class.														
1 to 30	1	3·25	1	3·5	1	4·6	1	6	1	7	1	8	1	15
31 to 40	2	6·50	2	7·0	2	9·2	1	6	1	7	1	8	1	15
41 to 60	2	6·50	2	7·0	2	9·2	2	12	2	14	2	16	2	30
61 to 80	3	9·75	3	10·5	3	13·8	2	12	2	14	2	16	2	30
81 to 90	3	9·75	3	10·5	3	13·8	3	18	3	21	3	24	2	30
91 to 100	4	13·00	4	14·0	4	18·4	3	18	3	21	3	24	2	30

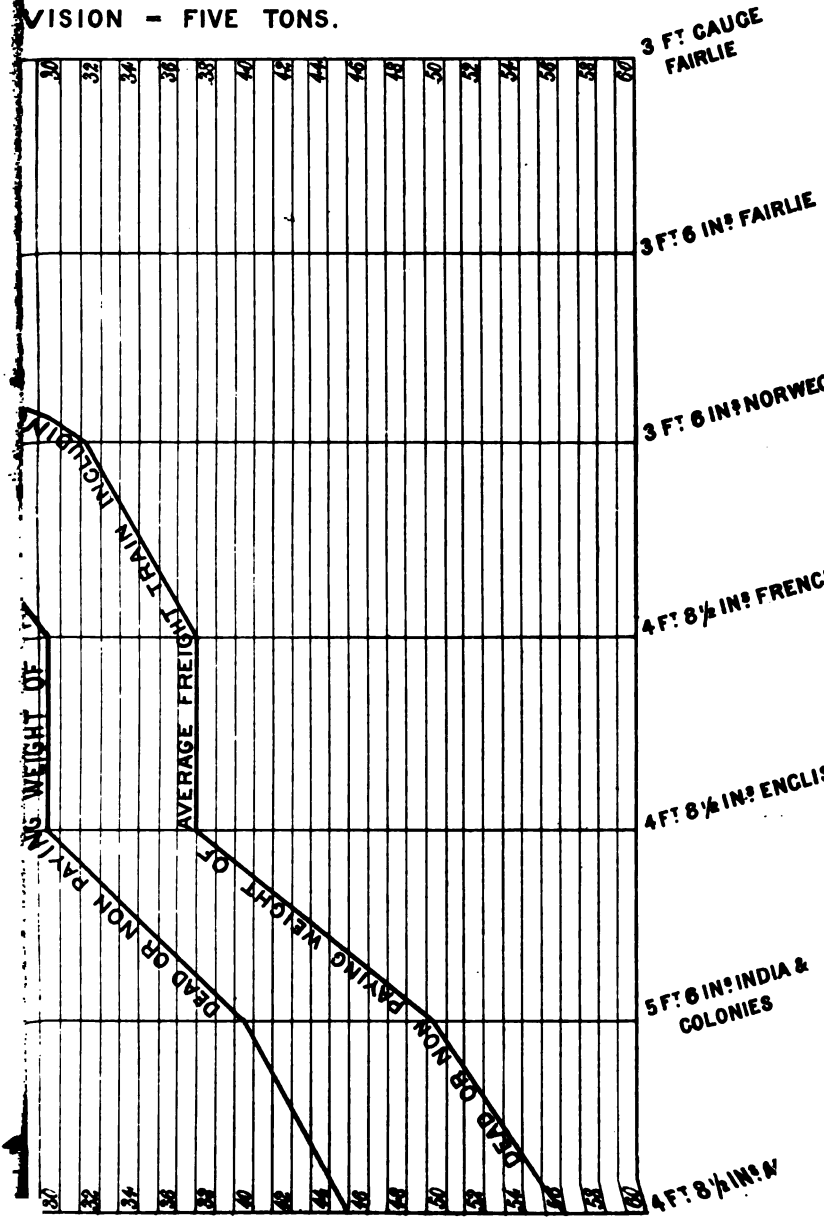
IES AND AVERAGE

ND THE PAYING

T TRAINS.

No. 4.

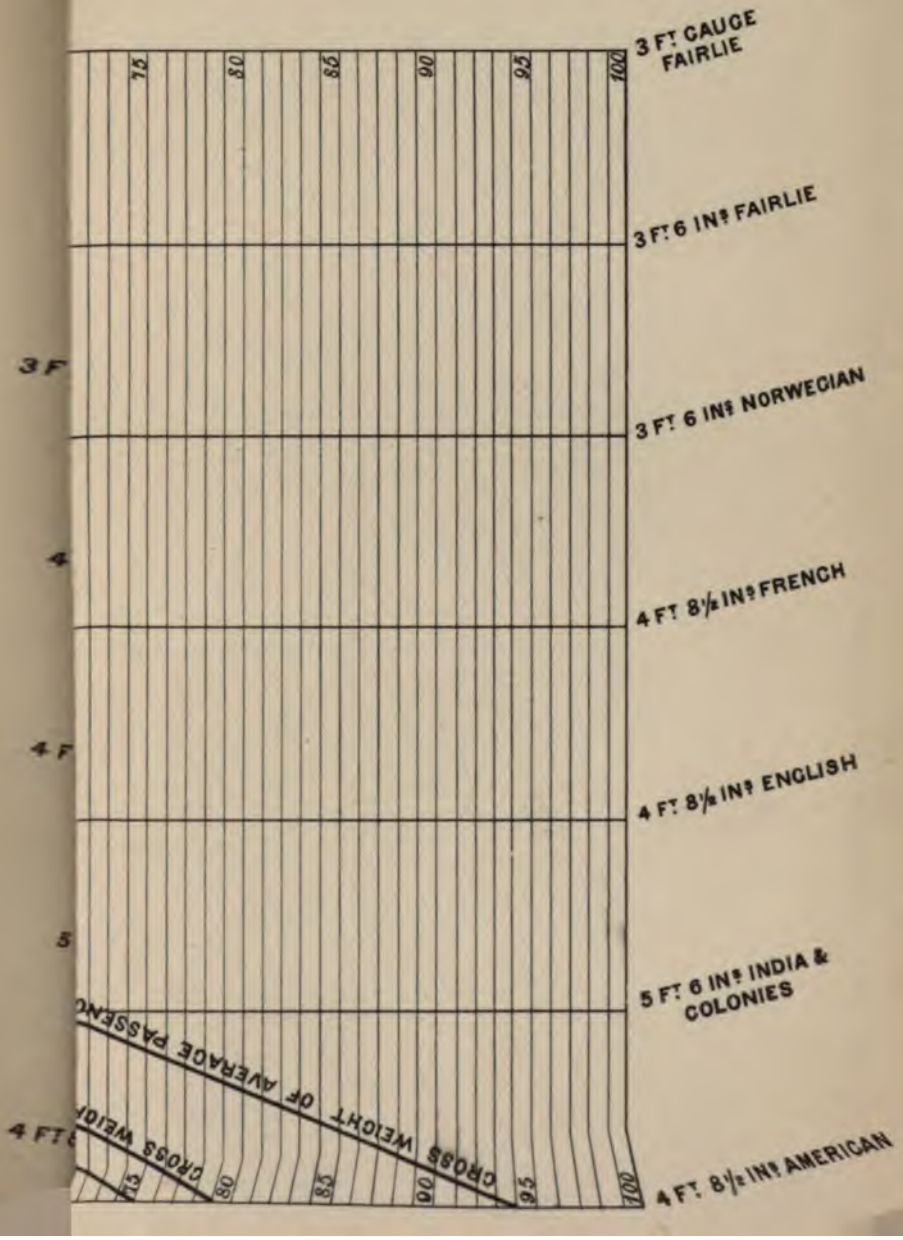
VISION - FIVE TONS.



LAND 7 TWO THIRDS LESS.

No. 2.

TO NON-PAYING
FFERENT GAUGES
OMOTIVE.



In Diagrams III. and IV. the dead weight, capacities, &c., of average wagon stock, and of an average freight train upon different gauges are compared, in a manner similar to that adopted with the carriage stock. The line of average paying loads is a very high one, being greatly in excess of that obtained either in English or American practice, and the same remark applies to the average paying weight of train—127 tons. In English practice the average paying load does not exceed 50 tons, so that although the load carried is less, the average load carried per vehicle is also so much less, that the gross weight of train would absolutely exceed that shown on the diagram—the proportion of dead weight being so much greater. It is needless to add that this excess would act upon each gauge in due proportion, although its effect would be much more felt on the broader than the narrower lines.

From the foregoing table and diagrams it will be seen at a glance how the dead weight is reduced upon the narrower gauges, and that only in a few combinations can the tonnage of the smaller carriages equal that of the larger ones.

THE END.

AURONS-NOUS DES CHEMINS DE FER OU N'EN AURONS-NOUS PAS?

RÉPONSE À LA "REVUE" DE L'HON. SILAS SEYMOUR DE NEW YORK

PAR

R. F. FAIRLIE.

DE LONDRES.

CHEMINS DE FER

OU

ABSENCE DE CHEMINS DE FER?

CHEMINS DE FER

OU

ABSENCE DE CHEMINS DE FER?

VOIE ÉTROITE, C'EST-A-DIRE : ÉCONOMIE ET EFFICACITÉ.	*Opposée à*	VOIE LARGE, C'EST-A-DIRE : EXAGÉRATION DE PRIX ET EXTRAVAGANCE.

PAR ROBERT F. FAIRLIE.

"La vérité apparaît si claire de mon côté, si frappante, si limpide et si évidente, que tout œil non fermé ne peut manquer d'en être frappé."

"HENRY VI."

PARIS:
LIBRAIRIE LACROIX, 54, RUE DES SAINTS-PÈRES.

1872.

GRANT ET CIE, LONDRES, ET 31, RUE DE LA CHOPINETTE, PARIS.

A Sa Grâce

LE DUC DE SUTHERLAND, K.G.,

etc., etc., etc.,

Milord Duc,

Je me regarde comme très-heureux de pouvoir dédier à Votre Grâce (que l'on regarde comme un des principaux promoteurs de l'amélioration des moyens de transport) le travail qui va suivre, et qui est destiné à répandre les connaissances des principes sur lesquels les "chemins de fer de l'avenir" devront certainement être construits.

J'ai l'honneur d'être,

De Votre Grâce,

Le très-humble et très-obéissant serviteur,

R. F. FAIRLIE.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Introduction	xi.
Résumé des avantages invoqués par le général Buell en faveur de la voie étroite, avantages à la discussion desquels M. Seymour consacre sa revue	1, 2
Remarques faites par M. Seymour sur le prix comparatif d'établissement de l'assiette d'une ligne à voie étroite ou à voie large, et pour réfuter le gain de 23 pour cent mis en avant par le général Buell, en faveur de la voie étroite	4, 5
Démonstration de l'erreur du raisonnement de M. Seymour, et preuves données à l'appui des allégations du général Buell	5—8
Progrès des chemins de fer en Norwége : essai et abandon de la *voie large établie avec des matériaux légers*, et adoption de la voie étroite. M. Carl Pihl étend les applications de la voie étroite : relevé de l'économie réalisée relativement à une voie de largeur ordinaire	9
Estimation comparative faite par M. John Fowler et par M. John Hawkshaw de deux lignes construites dans les mêmes conditions, et également équipées, sur les largeurs respectives de $1^{m}.68$ et de $1^{m}.06$, pour l'Inde	12
M. Charles Douglas Fox estime "la différence de prix entre les lignes construites avec la petite ou la grande largeur"	12, 13
Chemin de fer à voie étroite Toronto, Grey et Bruce, au Canada	13, 14
Comparaison du prix du Toronto, Grey et Bruce avec un chemin avec voie de $1^{m}.68$, établi sur le même terrain	14

PAGES.

Economie réalisée sur le chemin de fer Denver et Rio-Grande, à voie de $0^m.91$, comparé au chemin de fer Kansas-Pacific avec voie de $1^m.44$ 14, 15

Speech de M. Carl Pihl au Canada, lors de l'ouverture du chemin de fer Toronto, Grey et Bruce, à propos des avantages de la voie étroite 15, 16

Erreur commise par M. Seymour lorsqu'il fait entrer le prix des ateliers, stations, etc., dans le coût de l'assiette de la voie, jusqu'à la couronne 17

Argument présenté par M. Seymour contre le 2e et le 3e point avancés par général Buell, au sujet de l'économie dans l'établissement de la ligne et de son matériel roulant 17

Démonstration de la fausseté du raisonnement précédent, et citation de résultats de prix d'établissement de la superstructure de plusieurs lignes qui prouvent que l'estimation du général Buell est correcte..... 17—19

Où l'on montre l'erreur de ceux qui réclament ordinairement en faveur de l'établissement de lignes à légère voie large, desservies par deux locomotives attelées dos à dos, et qui ne veulent pas admettre une solide voie étroite desservie par des machines Fairlie 21, 22

Tableaux donnant les estimations de M. Fowler pour deux lignes de construction pareille, l'une avec la voie de $1^m.68$, l'autre avec celle de $1^m.06$, entre Kotrée et Moultan, dans l'Inde..... 23—25

Dépenses dues au transbordement des marchandises 26, 59, 60, 112, 113

Progrès de la voie étroite en Amérique 27, 28

Le poids des rails régi par la pression exercée par les roues des locomotives 28

Grands avantages que l'on retirerait de l'emploi de la machine-Fairlie, pour desservir l'énorme trafic de charbon se faisant vers Londres..... 29

Démonstration de ce fait, que les locomotives, à poids égal, sont plus puissantes sur la voie étroite que sur la voie large..... 30

La largeur de la voie limite la puissance des locomotives ordinaires, tandis que rien de semblable n'a lieu pour la locomotive-Fairlie 31, 32

M. Seymour montre ce qui d'après lui constitue la seule différence

PAGES.

de prix d'établissement du matériel roulant, pouvant exister entre la voie large et la voie étroite 32

Preuve de l'inexactitude de cette assertion 32, 33

Poids utile et poids mort des trains de marchandises en Amérique. 34

Inexactitude de cette allégation, qu'avec la voie étroite la longueur des trains est forcément augmentée 34

Poids utile et poids mort des trains de voyageurs, de marchandises et de charbon, dans le Royaume Uni 34

Poids utile et poids mort des trains de voyageurs, de marchandises et de charbon, en France 35

Rapport de la largeur du véhicule à la largeur de la voie, et de la base des roues des divers véhicules pour chaque largeur de voie, en supposant d'égales conditions de sécurité, de part et d'autre 36, 44

Lettre de M. J. Slater, de la "Gloucester Wagon Company," montrant une économie de 5 pour cent dans le prix de l'entretien du matériel roulant de la voie de $1^{m}.50$, comparativement à celle du matériel roulant de la voie de $2^{m}.13$, en supposant des véhicules d'égale capacité ; ce qui montre aussi que la puissance de la voie la plus étroite est égale à la capacité de la voie plus large 40, 41

Vitesse maximum permise avec sécurité sur la voie étroite 41, 42

Réfutation de l'allégation de M. Seymour estimant que le prix d'une locomotive n'est pas plus élevé pour la voie large que pour la voie étroite, à puissance égale 42

Dernier avantage mis en avant par le général Buell, portant sur l'économie réalisée sur le poids mort par les chemins à voie étroite. Manque de sens pratique montré par la construction aux Indes et dans les colonies de lignes de $1^{m}.68$ de largeur, et par l'adoption sur de telles lignes d'un matériel n'ayant que la même largeur (ou capacité) que le matériel usité sur la voie de $1^{m}.44$.—Quel motif justifie l'augmentation de largeur donnée à la voie ? 43

Démonstration, au moyen d'exemples tirés de la pratique, de l'économie réalisée rien que sur le poids mort par les lignes à voie étroite, comparativement aux lignes à voie ordinaire.. 44—51

Résultats statistiques de la pratique sur les chemins de fer français en 1868 51

Calcul, basé sur les résultats de la pratique française, de la réduction de poids mort que l'on obtiendrait en transportant

PAGES.

127,598 tonnes sur la voie étroite, et de l'économie de 19 millions que l'on réaliserait en un an sur les six grandes lignes françaises 51, 52

Suite des observations de M. Seymour en faveur de la voie large 52—57

Avantages reclamés par M. Seymour en faveur de l'adoption du matériel convenable pour la voie étroite sur la voie large, et réfutation faite par lui-même (sans s'en douter) de son propre raisonnement 57

M. Seymour devient l'avocat du transbordement des marchandises. Démonstration faite par le général McCallum de l'avantage que l'on peut trouver dans certains cas à avoir des voies de largeur différente 57, 58

Prix du transbordement de la marchandise sur différents chemins de fer 59, 60

Comparaison de la résistance au frottement de roues de différents diamètres et sur différentes largeurs de voie.—Résultats des expériences de MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné, et de M. Wood ..... 60—63

Enoncé des 3e, 4e et 5e avantages que M. Seymour trouve à faire circuler sur les lignes ordinaires un matériel pareil à celui des lignes à voie étroite 64

Résumé des motifs pour lesquels les avantages énoncés ci-dessus sont erronés 64, 65

Angles de stabilité.—Matériel américain et norwégien..... 66

Influences des courbes sur les trains, pour diverses largeurs de voies ..... 68—71

Comparaison faite par M. Seymour, au moyen d'un charretier intelligent, montrant ce qu'il voudrait réellement voir faire si le trafic persistait à rester comme il est 74, 75

Rapport du général McCallum sur le travail fait par les locomotives sur le chemin de fer de New-York et Eric..... 78

Rapport de M. H. S. Goodwin sur le travail fait par les locomotives du chemin de fer de la vallée de Lehigh..... 79

Raisons données par M. Seymour pour recommander l'adoption d'une largeur de voie de 1m.52 pour le chemin de fer Union-Pacific, et de 1m.44 pour le chemin Texas-Pacific.. 81—83

PAGES.

Description du chemin de fer du Festiniog, de son matériel roulant, et des résultats de son exploitation ..... 84—102
Rapport de M. von Nördling et du baron von Weber sur l'expérience faite par le réseau central de la Compagnie d'Orléans 103—106
La construction d'un chemin de fer à voie étroite est justifiée quand sa longueur dépasse 3 milles (5 kilom.)..... 107
Données statistiques relatives à trois chemins de fer à voie étroite 109
Rapport de M. D. P. Sullivan au ministre des travaux publics d'Autriche, sur le système Fairlie..... 109, 110
Rapport de M. von Nördling au ministre des travaux publics d'Autriche, sur le système Fairlie..... 110, 111
Rapport de M. Biglia (du département des travaux publics d'Italie) sur les chemins de fer à voie étroite 112
Photographies de véhicules du type Fairlie pour voie de 1m.06, construits pour le chemin de fer de Dunedin et Port-Chalmers, Nouvelle-Zélande, en regard de la page 114
Résumé des avantages que présentent les lignes à voies d'un mètre et 1m.06 de largeur..... 116
Photographies de véhicules du type Fairlie pour voie de 1m.06, construits pour le chemin de fer de Dunedin et Port-Chalmers, Nouvelle-Zélande, en regard de la page 116
Résumé des avantages offerts par la machine Fairlie 118
Photographie de machines-Fairlie construites pour le chemin de fer mexicain, voie de 1m.44, en regard de la page 118
Photographie de machine-Fairlie construite pour le chemin de fer de Dunedin et Port-Chalmers (voie de 1m.06), Nouvelle-Zélande, en regard de la page 118
Photographie de machines-Fairlie construites pour le chemin de fer du "Patillos" au Pérou, (voie de 0m.76) en regard de la page 120
Photographie de machines-Fairlie construites pour le chemin de fer de la "Grande Compagnie russe" (voie de 1m.52), en regard de la page 120
Rapport sur le chemin de fer de Denver et Rio-Grande par M. S. Bowles 123
Réponse au rapport de M. Ramsbottom combattant le principe de la machine-Fairlie (avec figures) 135
Diagrammes de poids utiles et de poids morts 145

AVANT-PROPOS.

La rapidité avec laquelle la construction des chemins de fer d'une largeur moindre que celle de 4 pieds 8½ pouces ($1^m.44$) se développe dans les Etats-Unis et d'autres parties du monde, est l'objet d'une grande appréhension pour beaucoup d'ingénieurs ; leur imagination voit dans cet abandon de la pratique dans laquelle ils ont été élevés, l'établissement d'un système qui rendra relativement moins de services, qui occasionnera des pertes directes et indirectes ; dans leur pensée les progrès de la civilisation et le développement de la richesse, jusqu'ici si puissamment aidés par la construction des chemins de fer, seront retardés, sinon arrêtés, là où des lignes à voie étroite remplaceront les lignes à voies plus larges. En un mot, ces ingénieurs maintiennent que, parce qu'une largeur de $1^m.44$ a jusqu'ici été adoptée comme type, il s'ensuit forcément qu'une réduction de cette largeur ne peut donner qu'un résultat diminué en proportion du rapprochement des rails, pendant que les frais de construction ne sont presque pas modifiés, et que les charges d'exploitation et d'entretien restent les mêmes. Dernièrement, M. Hawksley, dans une séance de l'Institution des Ingénieurs civils, fit remarquer

qu'une nouvelle largeur de voie d'absurdes dimensions (un mètre) avait été adoptée dans l'Inde sur l'avis d'un individu fantaisiste et peu connu, pour faire subir au pays tous les désagréments des ruptures de charges dues au changement de la largeur de la voie, et tous les inconvénients d'un système de chemin de fer mal approprié, alors qu'il existait déjà un réseau d'un type parfait, qui, après son achèvement, répondrait à tous les besoins.

Malheureusement pour l'Inde, ses chemins de fer ont été établis avec trop de luxe, et la longueur relativement restreinte qui est aujourd'hui livrée à l'exploitation, a été construite dans des conditions de dépenses exorbitantes, sans nul rapport avec le très-faible trafic que ces lignes desservent.

Cette remarque s'applique aussi à l'Australie, où les partisans de la voie large font tout leur possible pour étendre le système ruineux qui déjà grève lourdement le pays.

Mais, en Angleterre, l'opinion dominante en défaveur de l'introduction de la voie étroite et de tout ce qui s'y rattache, n'est pas encore autant exprimée qu'elle est tacitement admise ; l'argumentation s'efface devant l'action, puissante à arrêter les véritables progrès des chemins de fer, et des motifs particuliers se montrent trop souvent dans les moyens employés pour parvenir au but.

Au contraire, dans les Etats-Unis, le cas est bien différent ; l'opinion pénètre librement parmi les membres de la profession, et c'est avec la plus grande attention, et beaucoup de savoir, que les mérites des deux faces de la question ont été partout discutés ; pendant ce temps, des milliers de milles de lignes à voies étroites ont été commencés, et, une fois achevés, les résultats de leur exploitation trancheront pratiquement et parfaitement cette question si controversée. Le monde aura à payer une dette de reconnaissance envers cette grande énergie, (il y a à peine deux ans depuis que j'eus le plaisir d'être consulté sur les détails du premier grand chemin de fer à voie étroite, par les directeurs de l'entreprise), et le grand problème du progrès des chemins de fer aura été résolu nombre d'années plus tôt que s'il eût été laissé entre les mains des ingénieurs de ce pays,* qui sont plus prévenus et moins vrais amis du progrès.

Intéressé, comme je le suis, dans la question des chemins de fer à voie étroite (car j'ai depuis longtemps consacré tous mes efforts, et avec succès, à prouver les grands et nombreux avantages que l'on retirerait de leur adoption), je saisis avec plaisir l'opportunité qui m'est offerte par la publication récente d'un document dû

* L'Angleterre.

à l'honorable Silas Seymour, de New-York, traitant la question des chemins de fer à voie étroite, à l'occasion d'un rapport préparé par le général G. P. Buell, ingénieur en chef du chemin de fer du Texas-Pacific, pour recommander l'adoption d'une largeur de 3 pieds 6 pouces ($1^{m}.06$). Le rapport fut soumis par Marshal O. Roberts, Esq., président de ce chemin de fer, à M. Seymour pour qu'il donnât son opinion, vu que le comité de direction ne se sentait pas couvert en prenant sur lui-même, sans avis préalable, la responsabilité de l'adoption d'une voie étroite sur une ligne principale de 1,500 milles de développement (2,400 kilomètres).

Dans sa réponse M. Seymour a pris beaucoup de peine pour prouver la fausseté des arguments émis en faveur de la voie étroite ; et, toutefois, il paraît désireux de traiter le sujet avec la plus grande justice ; mais malheureusement il n'a pas pris la peine de se mettre au courant de l'expérience acquise, et il traite toute la question théoriquement. S'il eût fait usage des renseignements qu'il avait à portée de sa main, il est probable que son pamphlet n'eût jamais été écrit ; tout au moins l'aurait-il profondément modifié, et il eût été à même de traiter les points vitaux de la question, qu'il n'a point abordés. Mais, comme sa " Revue " exprime les opinions des antagonistes de la voie

étroite, j'ai pensé qu'il serait convenable d'analyser, paragraphe par paragraphe, l'ensemble des arguments de M. Seymour, et, pour éviter tout malentendu, je les ai cités dans leur ordre propre, et j'ai fait suivre chacun d'eux de mes commentaires.

Ces quelques préliminaires étant établis, je mets ma réponse à la " Revue " de M. Seymour entre les mains du public, qui jugera la question, et je le prie de méditer et de se souvenir de la phrase suivante que j'ai empruntée à l'appendice du pamphlet précité, tant elle est vraie et juste, et s'applique bien à propos au sujet en discussion : " La question qu'il s'agit de résoudre lorsqu'on veut déterminer la largeur de voie convenable pour un chemin de fer projeté, n'est pas de savoir si une largeur de 6 pieds ($1^m.83$) possède une plus grande capacité de trafic qu'une largeur de voie de 4 pieds 8½ pouces ($1^m.44$), mais bien plutôt de connaitre *quelle est la largeur de voie la plus propre à admettre un système de construction de machine susceptible de surmonter avec le plus de profit les difficultés de la ligne, et de répondre à la nature et à l'extension du trafic présent et futur.*"

ROBERT F. FAIRLIE,

9, *Victoria Chambers, Victoria Street, Westminster,*
Londres, S.W., avril 1872.

LA VÉRITABLE PRATIQUE
DES
CHEMINS DE FER À VOIE ÉTROITE.

N'ayant pas en ma possession le rapport du général Buell, que je regrette de n'avoir point lu, je ne peux mieux faire que de citer le résumé que M. Seymour en a fait, lequel contient les principaux avantages attribués à un chemin de fer à voie étroite. " J'ai lu" (dans les paragraphes de 1 à 6), dit-il, " le rapport de votre ingénieur en chef, le général G. P. Buell, dans lequel il vous recommande l'adoption d'une voie d'une largeur de $1^{m}.06$ (3 pieds 6 pouces), de préférence à celle de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$), ou même l'adoption d'une largeur de 3 pieds ($0^{m}.91$) pour le chemin de fer du Texas-Pacific, s'étendant de la vallée du Mississipi à l'Océan Pacifique, sur une distance de 1,500 milles (2,400 kilomètres).

" La confiance et l'ardeur avec lesquelles l'ingénieur en chef présente ses vues et appelle sérieusement votre attention sur ce sujet important, montrent indubitablement qu'il est sincèrement convaincu et de bonne foi, et elles doivent motiver de votre part une prise en sérieuse et impartiale considération.

" M. Buell admet dans son rapport que votre chemin de fer sera nécessairement en concurrence avec deux autres grandes voies principales, s'étendant jusqu'à l'Océan Pacifique ; de plus il affirme qu'il a l'avantage sur l'autre route sous le rapport du climat, de la distance et de la facilité de construction. Il maintient aussi que toute la discussion roule sur trois points : vitesse

(c'est-à-dire temps), puissance de trafic et économie ; et, suivant lui, ces trois points sont obtenus par l'adoption d'une voie plus étroite de 1 pied $2\frac{1}{2}$ pouces ($0^m.38$) que la voie des deux autres grandes lignes rivales, qui est en outre la voie généralement employée avec succès, dans tout le monde civilisé, pendant le demi-siècle qui vient de s'écouler.

" Les cinq raisons suivantes sont données pour recommander la largeur de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$) de préférence à celle de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$).

" 1. Dans la construction de l'assiette du chemin, la différence sera de 30 pour cent en faveur de la voie étroite.

" 2. Dans la construction de la superstructure la différence sera de 45 pour cent en faveur de la voie étroite.

" 3. On peut, avec une bonne construction de matériel roulant, atteindre des vitesses de 35 à 45 milles à l'heure (56 à 72 kilomètres) avec parfaite sécurité.

" 4. Dans la construction du matériel roulant la différence sera de 50 à 55 pour cent en faveur de la voie étroite.

" 5. Considérant un train composé de wagons à marchandises et de voitures à voyageurs, on aura, sur une voie de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$) de large, entre le poids mort et le poids total du train, un rapport d'environ $\frac{47}{100}$; tandis que pour un train semblable sur une ligne à voie large, le même rapport sera d'environ $\frac{75}{100}$."

Ayant ainsi résumé le rapport, M. Seymour poursuit ainsi :

> *Paragraphe 7 de la " Revue " de M. Seymour.* — " Je ne puis être d'accord avec votre ingénieur en chef, ni pour les données premières ni pour la conclusion. Je lui donnerais pourtant gain de cause, si, seulement en supposant les diverses conditions égales de part et d'autre, une quelconque de ses propositions était prouvée vraie."

Dans ce paragraphe M. Seymour montre qu'il est *sincère dans ses convictions*, et il fait preuve de son vif désir de traiter le sujet sans idées préconçues, et de chercher à le voir sous son vrai

jour. De plus, il montre combien il a à cœur l'intérêt des chemins de fer, quand il dit que le général Buell aura gagné sa cause s'il peut démontrer l'une ou l'autre de ses assertions en faveur de la voie étroite. Ceci est certainement le véritable esprit que doit avoir un juste adversaire, et j'espère que le moment arrivera prochainement où M. Seymour deviendra un chaud partisan d'un système qu'il reconnaît être celui qui convient, pourvu qu'il satisfasse aux trois conditions voulues : *sûreté*, *efficacité* et *économie*.

> *Paragraphes* 8 *à* 10.—" La grande difficulté, cependant, est d'obtenir une preuve satisfaisante. Prenons, par exemple, la construction de l'assiette de la voie : je voudrais voir deux lignes parallèles, d'égale longueur, et tracées précisément sur un terrain semblable, construites, l'une pour la voie large, l'autre pour la voie étroite, avec d'égales conditions de banquettes pour la circulation à pied, d'aménagement pour l'écoulement de l'eau, talus, etc., et alors la différence de prix pourrait être correctement évaluée. Mais dans l'absence d'une telle expérience, je ne puis admettre que l'on puisse considérer comme exact l'avantage annoncé sur ce chapitre, en faveur de la voie étroite.
>
> " Mais comme cette expérience n'a été jamais et ne sera jamais faite, très-probablement, il reste seulement à montrer par voie *indirecte* ou *négative* que la proposition avancée ne peut être vraie.
>
> " Si je comprends bien la proposition (qui est posée assez ingénieusement), si l'assiette de la voie étroite coûte 10,000 dollars par mille, celle de la voie large coûtera 13,000 dollars, la différence étant de $\frac{8}{35}$ ou environ 23 pour cent."

Pour rendre justice à M. Seymour, je regretterais de supposer un seul instant qu'il désire faire prendre autrement qu'au figuré son assertion dans le 8e paragraphe ; il ne peut sérieusement désirer faire croire qu'il lui serait nécessaire de voir deux chemins de fer de largeur de voie différente, construits sur le même terrain, avant de pouvoir se prononcer sur la différence des dépenses de chacun. Un ingénieur de sa capacité doit être habitué à faire

des évaluations et peut facilement s'assurer par lui-même de la différence de prix. Que penserait-on d'un ingénieur à qui l'on s'adresserait pour avoir un avis sur les dépenses relatives de divers projets de ponts destinés à franchir une largeur donnée, et qui voudrait auparavant voir les plans exécutés avant d'admettre qu'une différence de prix puisse exister entre eux? C'est le métier de l'ingénieur de faire des évaluations scrupuleuses, et elles peuvent être dressées exactement. Donc, supposer que M. Seymour voulût faire admettre la signification littérale de ce paragraphe, ce serait admettre qu'il est dépourvu des connaissances élémentaires de sa profession, et alors continuer la discussion serait temps perdu.

D'après son dire, " une telle expérience ne fut jamais faite et ne le sera probablement jamais ;" il nous reste alors à démontrer par démonstration *directe* et *positive* que son assertion sur ce point n'est pas fondée.

Il est surprenant que M. Seymour ait seulement mentionné les conclusions du général Buell sans donner aussi quelques-uns des détails qui ont servi à les trouver. Cependant, comme cette omission a été faite dans la " Revue," je m'efforcerai de contrôler les résultats énoncés par le général, au moyen de l'expérience déjà acquise dans le domaine de la pratique, et au moyen des opinions de quelques-uns de nos principaux ingénieurs, basées sur cette même expérience.

Tout d'abord, à propos de la réduction des dépenses de l'assiette de la voie étroite, réduction évaluée à 23 pour cent par le général Buell, M. Seymour dit :

> *Paragraphes* 11, 12, 13. — " Je ne puis probablement mieux faire ressortir les erreurs qu'en supposant l'achèvement complet d'un mille (1,600 mètres) d'une composition moyenne en terrassements, maçonnerie, etc., et prêt à recevoir la superstructure d'une ligne à large voie ; puis alors nous supposerons qu'une tranche longitudinale, s'étendant sur toute la longueur de la ligne, et d'une largeur de 1 pied 2½ pouces (0m.38), soit enlevée du centre, et que les

côtés soient enfin rapprochés de manière à supprimer tout espace vide. Nous aurions alors une assiette convenable pour la voie étroite, et la question à déterminer est d'établir le rapport qui existe entre cette section ainsi retranchée et l'assiette totale établie en vue de la voie étroite.

"Les talus latéraux des déblais ou des remblais, qui contiennent souvent plus de matériaux que le prisme, resteraient les mêmes, de même que les fossés latéraux, les bermes, les murs en ailes, les murs de soutènement, la maçonnerie pour les têtes d'aqueducs ou ponts. Si l'on a des ponts en treillis, la maçonnerie entière et la superstructure seront les mêmes pour les deux voies, par la raison que la largeur des ponts requise pour le passage des voitures de la voie large est reconnue nécessaire afin de recevoir les consolidations latérales convenables pour assurer la rigidité du pont et son parfait établissement.

"L'assiette de la voie large a généralement 14 pieds de largeur en couronne ($4^m.27$), mais, dans ma pensée, 12 pieds ($3^m.66$) en bon matériaux sont suffisants. En supprimant la section longitudinale dont il a été parlé, il resterait 10 pieds 9½ pouces ($3^m.30$) pour le lit de la voie étroite : réduisons cette largeur à 10 pieds ($3^m.05$) qui, je présume, suffiraient également, et l'économie réalisée correspondrait à l'enlèvement d'un prisme du sixième de l'épaisseur totale seulement, soit environ 16 pour cent. Si nous ajoutons à cette assiette réduite le prix des autres éléments, qui restent les mêmes dans les deux cas, et si nous considérons que les ateliers, stations, quais, sont les mêmes, l'économie réalisée, rapportée au prix total deviendrait très-petite, comparativement à ce qu'annonçait votre ingénieur, et par suite la première raison en faveur de l'adoption de la voie étroite perd presque toute sa force."

Le 11e paragraphe, le premier où M. Seymour s'approche de la discussion, montre clairement comment il n'a pas réussi à saisir la théorie de la voie étroite. Il considère la question sous un point de vue commun à tous ceux qui étudient le sujet pour la première fois, ou qui regardent la voie étroite comme suffisante pour le moment, et non comme remplaçant efficacement la voie large. Il pense qu'un chemin de fer d'une largeur de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$), comparé avec un autre de 4 pieds 8½ pouces ($1^m.44$), perd de sa capacité de trafic, en

raison inverse de la diminution de la distance entre les rails, pendant que la dépense n'est pas sensiblement changée. Comme conséquence naturelle d'une connaissance très-imparfaite du sujet, il perd de vue qu'un des grands avantages de la voie étroite est son économie dans l'exploitation, et considère comme plus importante l'économie dans la construction. Quoique cette économie en construction soit très-importante en tous cas, et soit aujourd'hui souvent une question de vie ou de mort, (car il y a des centaines de milles de pays attendant un instrument de développement, mais manquant des ressources pour construire et exploiter des chemins à larges voies), quel que soit le chiffre élevé de cette économie de dépense première, c'est plutôt un avantage secondaire qu'une considération fondamentale. L'expérience des ingénieurs de chemins de fer pendant le dernier "demi-siècle" a donné au monde un système de chemins de fer pour la plupart de la largeur de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$) et construits avec de certaines dimensions, de certaines rampes, des ponts, des viaducs, des tunnels, tous proportionnés à la largeur de la voie: ces lignes sont construites pour un matériel roulant qui doit être fait d'un poids exagéré à cause des chargements lourds qu'ils sont quelquefois, mais trop partiellement, appelés à transporter pour répondre aux exigences du trafic. La saine pratique montre que la variété du chargement entraîne, sur les lignes à grand trafic, une dépense exagérée dans les moyens de traction, due à la grande disproportion existant nécessairement entre la capacité totale des véhicules et les chargements moyens qu'ils reçoivent. Cet état de choses, inséparable des chemins de fer de la largeur de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$) et au-dessus, occasionne toutes les augmentations de dépenses, non seulement de la construction, mais encore du matériel roulant, de l'entretien, de la puissance requise pour la traction, et du renouvellement de la voie. Je me réserve, plus loin, de prendre la question du matériel roulant, à présent j'en fais mention incidemment pour montrer que

l'erreur principale dans laquelle on tombe, en voulant étendre encore la construction typique des chemins de fer, c'est-à-dire la grandeur excessive des voitures, découle nécessairement de la largeur de la voie qu'elles sont appelées à parcourir.

De ce que plusieurs chemins de fer construits à voie de $1^{m}.44$, sont profitables dans leur exploitation, ce n'est pas une preuve que les mêmes lignes, construites sur les vrais principes d'économie n'auraient pas été plus profitables ; pas plus que l'expérience "d'un demi-siècle" n'a montré qu'il n'y avait plus rien à désirer dans l'établissement des chemins de fer. En vérité, cette expérience a conduit quelques-uns, et conduira tous bientôt, à la conviction qu'une réforme complète des chemins de fer est nécessaire, (celle de la voie étroite), et si nous examinons le sujet de près, nous verrons que l'abandon de l'ancienne voie démesurément large de notre Great Western, est un pas vers la véritable économie, et que nous progressons encore lorsque, laissant derrière nous la voie empirique de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$), nous atteignons un point où nous réalisons l'union du maximum des avantages d'exploitation au minimum de la dépense.

Même en considérant la voie étroite ainsi que le désire M. Seymour, comme une voie large sur une échelle réduite, son raisonnement du paragraphe 11e est erroné, car, d'après son hypothèse, il suffit de couper un prisme large de 1 pied $2\frac{1}{2}$ pouces ($0^{m}.38$) dans le milieu de la chaussée ordinaire, et il oublie que la voie étroite permet de réduire d'une façon notable la hauteur des remblais ou la profondeur des tranchées, et il ne fait aucune réduction pour les francs-bords. Je conviens que s'il prend les mêmes inclinaisons de rampes, et seulement une réduction de 2 pieds ($0^{m}.60$) dans la largeur, l'économie ne sera que de 16 pour cent du prisme, mais cette manière de raisonner est fausse. *Un mille moyen de ligne à voie étroite convenablement tracée, n'est pas assimilable à un mille moyen* de ligne ordinaire dont on aurait enlevé une tranche au centre.

Un bon emploi de la voie étroite permet de suivre beaucoup mieux les ondulations du sol que si l'on emploie la voie large, et je parle de la pratique des chemins de fer selon l'expérience du "dernier demi-siècle." On a ainsi des remblais plus bas, et des tranchées moins profondes, permettant des talus d'une inclinaison plus prononcée. Ce système comporte une grande réduction de largeur de remblai et ballast, parce que les poids transportés étant moindres, demandent moins de surface pour les supporter. La facilité qu'il possède d'employer des courbes de petit rayon causera, dans un pays difficile, une réduction de dépense des grands travaux ; on évitera les tunnels pour la majeure partie, et, s'ils sont absolument nécessaires, il y aura moins de travail dans leur construction. Il en sera de même avec les ponts et viaducs, et tous les travaux qui se rattachent à ce chapitre, sur lesquels une économie de 23 pour cent est annoncée par le général Buell. M. Seymour a espéré prouver qu'on pouvait diminuer les frais de construction, assez pour que le prix de la voie large n'excédât que de très-peu celui de la voie étroite, mais on verra qu'il ne peut arriver à ce but qu'en acceptant un chemin établi dans des conditions défectueuses, qui coûtera plus en entretien qu'il n'aura été fait d'économie en construction, et qui, par dessus le marché, sera insuffisant, tandis que, de l'autre coté, la ligne plus économique à voie étroite réussira mieux à desservir le trafic avec plus de profit que n'aurait pu le faire la meilleure ligne à grande largeur de voie.

Vu l'absence des données que le général Buell emploie comme base de ses conclusions quant à la dépense, je ne puis critiquer ses évaluations des travaux du chemin de fer du Texas-Pacific ; mais si je le pouvais, j'ose croire que je trouverais qu'il a suffisamment estimé les dépenses. Il suffira donc de prouver que "sa différence de 30 pour cent en faveur de la voie étroite" ou, d'après M. Seymour, de 23 pour cent sur le prix de la voie large, pour les travaux de l'infrastructure,

n'est pas excessive, et est très-analogue à celle que donne l'expérience acquise dans la construction des chemins à voie étroite, et dont M. Seymour est malheureusement ignorant.

Comme exemple le plus récent et le plus important d'heureuse construction de voie étroite, je puis mentionner le système norwégien introduit depuis 1861 par M. Carl Pihl, à présent étendu aussi rapidement que le permettent les ressources du pays. Les premiers chemins de fer norwégiens furent construits par M. R. Stephenson, en 1854, avec la largeur de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$), et à raison de 11,000 livres sterling le mille (172,000 fr. le kilom.). Il était clair que le trafic futur ne rémunérerait jamais cette dépense, et la Norwége était dans la position de plusieurs pays de nos jours,—elle avait à choisir entre l'adoption des chemins de fer peu dispendieux, ou l'absence des chemins de fer.

Naturellement elle choisit la première alternative, et son habile ingénieur du gouvernement, M. Charles Pihl, se consacra à la construction des lignes les moins dispendieuses possible sur la largeur ordinaire ; il y réussit au point de réduire la dépense à 6,350 livres sterling par mille (100,000 fr. le kilom.), y compris matériel roulant et stations, mais non compris les *ateliers*. Ceci était un grand progrès, mais cependant la même alternative se représentant et embarrassant toujours le gouvernement, cette fois M. Pihl résolut d'adopter une réforme radicale qui a rendu possible l'extension des chemins de fer dans le pauvre pays dont il est l'habile ingénieur. Il résolut d'adopter la même dimension que le général Buell avait recommandée à ses directeurs, et réussit à abaisser la dépense par mille jusqu'à 3,142 livres * pour une ligne, pour une autre 5,300 livres†, et pour une troisième 4,600 livres, ‡ y compris matériel roulant, stations et ateliers. Cette ligne s'étend à travers un pays très-difficile, où l'on a trouvé beaucoup de rochers à couper, de tunnels a faire et de ponts à ériger, parmi lesquels des viaducs

* 49,000 fr. par kilom. † 83,000 fr. par kilom. ‡ 72,000 fr. par kilom.

de 70 pieds (21^{m}) de haut et d'une grande longueur. On doit se rappeler que cette réduction de dépense fut effectuée sans l'adoption de courbes de très-petit rayon, car bien que "la grande facilité de parcourir les courbes de petit rayon soit décidément un grand avantage que fait gagner l'emploi de la voie étroite," (je cite M. Pihl) on ne se servit pas de cet avantage dans les premières lignes norwégiennes ; je crois toutefois que quelques-unes des dernières ont été construites avec des courbes d'un très-petit rayon. Je ne doute pas que M. Seymour puisse répondre à ces chiffres comparatifs que la nature du terrain peut avoir été plus favorable pour la voie étroite, mais nous avons l'assertion contradictoire de M. Pihl. Je puis citer avec profit les résultats présentés par M. Pihl comme comparaison entre les dépenses de l'un ou de l'autre système. Il trouve que la différence moyenne de profondeur de tranchée, ou de hauteur de remblai, sur la voie de 4 pieds 8½ pouces (1^{m}.44) comparée avec celle de 3 pieds 6 pouces, est comme 13 à 10, et prenant l'exemple d'un remblai de 50 pieds (19 mètres) de hauteur avec des talus inclinés de 1 sur 1, il trouve que les proportions de terrassements dans les deux systèmes sont comme 7 est à 4, et non comme 32 à 31, comme M. Seymour le voudrait dans un cas semblable. Mais le général Buell admet sans doute une plus grande inclinaison de talus que 1 sur 1, et, dans ce cas, la différence serait moindre que dans le cas précédent. Probablement, par respect pour la pratique des chemins de fer types, M. Pihl a adopté pour sa largeur en couronne, 12 pieds 6 pouces (3^{m}.81), dimension que l'expérience à montrée excessive. M. Seymour considérait que 10 pieds (3^{m}.05) pouvaient suffire, mais je préfère adopter la largeur plus rationnelle de 3 fois la voie, ou 10 pieds 6 pouces (3^{m}.20) qui fut recommandée par M. John Fowler dans son rapport au gouvernement de l'Inde. Ce que je ne puis à aucun prix admettre, c'est l'affirmation de M. Seymour que 12 pieds (3^{m}.66), seraient suffisants pour la largeur supérieure

d'une voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$). Bien entendu, il n'est pas impossible de construire sa ligne sur cette largeur, mais il arriverait que la dépense d'entretien contre-balancerait et au delà l'économie de la dépense première, et comme je suppose que l'objet en vue est la construction d'une bonne ligne, je ne puis me résoudre à conseiller une largeur moindre que celle de 14 pieds ($4^m.27$); je suis certain que nul ingénieur expérimenté ne différera d'opinion avec moi sur ce point. Nous avons donc à comparer une largeur de 14 pieds ($4^m.27$) avec une de 10 pieds 6 pouces ($3^m.20$), ainsi qu'une hauteur moyenne de terrassements de 13 pieds ($3^m.97$) en opposition à une de 10 pieds ($3^m.05$) si nous prenons les conditions norwégiennes comme point de départ. En admettant des talus de $1\frac{1}{2}$ sur 1, les sections d'un pareil remblai seront 435 pieds ($39^m.9$) et 255 pieds ($23^m.9$) carrés chacune, tandis que celle de M. Seymour avec une largeur de 12 pieds ($3^m.66$), contiendrait 409 pieds ($37^m.9$) carrés. L'aire du talus de la voie de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$), serait seulement 58.6 pour cent comparée à la voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$) ou 62 pour cent comparée avec le remblai de M. Seymour ; ce dernier contiendrait 94 pour cent d'un remblai convenable pour la voie large. Si nous supposons que les travaux sur la ligne n'atteignent pas une hauteur aussi grande que celle que nous avons mentionnée, et qu'ils soient seulement de 4 pieds ($1^m.22$) en moyenne pour la large voie, et 3 pieds ($0^m.91$) sur la voie étroite, nous trouverons encore que la différence est de 44 pour cent en faveur de cette dernière. Les remarques précédentes s'appliquent aussi dans le cas des tranchées, et dans une mesure aussi grande ; la voie étroite permettant d'obtenir un rapprochement plus grand du sol, l'espace réservé pour les fossés latéraux peut ne pas être aussi grand. Dans les percées en rocher et dans les tunnels, l'avantage est moindre parce que la largeur en couronne des larges voies peut être réduite considérablement pour de tels travaux.

La réduction dans la hauteur des remblais et tranchées serait accompagnée d'économies proportionnelles dans les maçonneries pour les aqueducs, et une réduction serait aussi réalisée dans les ponts. L'étendue de l'économie sur ce point dépend de la nature du pays traversé par la ligne : il est certain que la hauteur des ponts et viaducs serait considérablement diminuée par une raison pareille à celle que nous avons trouvée pour les terrassements, et la petite largeur de voie affecterait aussi le poids du tablier, 25 pour cent étant enlevés sur la largeur de la superstructure. Les poutres principales peuvent être faites plus légères, et elles pourraient être encore diminuées en poids, parce que la charge totale par pied (par mètre linéaire) diminuerait avec la réduction de la voie. L'idée de M. Seymour, qu'on ne peut réduire la largeur, de crainte de porter atteinte à la rigidité latérale, n'est pas correcte, excepté dans les cas où il faudrait recourir à de très-longues portées. S'il en était ainsi, les viaducs légers et étroits de M. Pihl, qui ont 70 pieds (21^{m}) de hauteur, auraient dû tomber depuis longtemps ; mais ils existent encore, ce qui réfute l'argument de M. Seymour. Comme il est impossible d'arriver à une conclusion exacte sur la question des ponts sans données définies, je me contenterai de mentionner que M. John Fowler, en conseillant au gouvernement indien d'adopter une largeur de 3 pieds 6 pouces (1^{m}.06), évalua l'économie des dépenses de construction à 10 pour cent, comparativement aux ponts nécessaires pour une ligne de 5 pieds 6 pouces (1^{m}.68), et M. John Hawkshaw, quoique hostile à la voie étroite, fit entrevoir une plus grande économie. Les évaluations de ces deux ingénieurs ont été préparées avec grand soin, et ont été basées sur les données existantes d'un tracé défini. Les faits abondent sur ce point, et sur tout ce qui concerne l'économie obtenue par la construction de lignes à petite largeur. M. Ch. Douglas Fox, qui a acquis une grande expérience à ce sujet, dit : "La différence en prix entre les deux genres de voies consiste

surtout dans le chapitre des terrassements, ponts, aqueducs, ballast et traverses, et, dans le premier article, le plus important de tous, une grande partie de l'économie est due à la possibilité de l'emploi de courbes d'un plus petit rayon que sur la voie de plus grande largeur." Cette remarque s'appliquait au chemin de fer Toronto Grey et Bruce du Canada, construit par M. Fox avec la largeur de 3 pieds 6 pouces (1^{m}.06), et son expérience est intéressante, car elle confirme les résultats de celle de M. Pihl, et montre aussi que le général Buell a probablement raison quand il annonce une différence de 23 pour cent en faveur de la voie étroite. M. Fox dit aussi en parlant de la ligne Toronto Grey et Bruce : "Tandis qu'un chemin de 3 pieds 6 pouces (1^{m}.06) coûterait 15,000 dollars* par mille, une ligne de 5 pieds 6 pouces (1^{m}.68) assez forte pour supporter le matériel roulant des lignes principales, coûterait 23,000 dollars,† mais je crois qu'une ligne à voie large, d'une construction et pour un matériel semblable à la ligne proposée à voie étroite, pourrait être construite pour 20,000 dollars‡ le mille. L'exactitude de cette évaluation de dépenses comparatives est mise en évidence, d'abord, par les résultats des relevés faits par la compagnie, sur une portion considérable de la ligne, et d'après lesquels ont été basées les évaluations comparatives détaillées ; 2° par notre propre expérience et celle d'autres personnes, concernant le prix des lignes de différentes largeurs en Norwége, Suède, Inde, Amérique du Sud, et en Australie ; de plus le fait est bien confirmé par les évaluations données par MM. Reid et Shanly à propos d'un chemin à voie de 5 pieds 6 pouces de largeur (1^{m}.68), de Guelph à Mount Forest. Cette ligne située sur un terrain presque parfaitement de niveau et presque sans ponts, d'après notre propre inspection, est évaluée, sans matériel roulant, mais d'une "construction peu soignée" à 15,500 dollars par mille. Ajoutez à cela une somme pour le matériel

* Environ 50,000 fr. par kilom. † 76,000 fr. par kilom.
(‡) 66,000 fr. par kilom.

roulant, égale à celle qui a été adoptée pour la voie étroite, savoir 2,000 dollars par mille, et vous êtes seulement de 2,900 dollars au-dessous de mon chiffre de 20,000 dollars, qui pourvoirait à une différence importante dans les terrassements et dans la construction des ponts dans le cas de l'autre route, ainsi qu'à une construction solide, quoique légère, au lieu et place d'une peu soignée. De plus "je suis convaincu que, si les chemins de fer en question étaient construits selon ma recommandation, on trouverait qu'ils répondraient entièrement à tous les besoins du district, et que l'économie de construction réalisée, sans exclure l'emploi d'excellents matériaux, dépasserait tout ce qu'on pourrait jamais atteindre avec l'adoption d'une voie de grande largeur;" ces remarques faites par M. Ch. D. Fox en 1868 ont été pleinement corroborées par les résultats de l'expérience. Permettez-moi de comparer la ligne de Toronto Grey et Bruce de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$), qui coûte 13,000 dollars le mille*, sans matériel roulant, avec une ligne de 5 pieds 6 pouces ($1^m.68$), tracée suivant la même direction, et qui aurait coûté 21,000 dollars le mille. Supposons que le prix d'une ligne de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$), sur le même tracé, subisse une diminution proportionnelle à la largeur, une telle route aurait coûté 17,800 dollars, au lieu de 13,000, ce qui fait ressortir un avantage de 27 pour cent, la ligne terminée. Le ballast et la voie, entrant dans cet avantage pour une part plus grande que l'infrastructure, réduiraient l'économie à 25 pour cent, ce qui est supérieur à ce que le général Buell a avancé pour la voie du Texas-Pacific.

Un exemple plus récent, ayant trait directement à ce point d'économie, est fourni par les ingénieurs de la ligne de 3 pieds ($0^m.91$) de large, de Denver et Rio-Grande, partant de Denver, dans l'Etat de Colorado, pour arriver à la ville de Mexico, ligne qui est en voie rapide d'exécution. Excepté dans les

* 43,000 fr. par kilom.

districts montagneux, cette ligne sera établie en raison de 14,000 dollars par mille (fr. 48,000 par kilom.), y compris les stations, les constructions de machines et de voitures, ateliers et abris contre la neige ; par contre, la ligne Kansas-Pacific, de la largeur de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$), dont l'étude a été préparée par les mêmes ingénieurs et qui a été construite par les mêmes entrepreneurs, à travers une contrée tout-à-fait semblable, coûtera 22,000 dollars par mille, soit un avantage de 8,000 dollars, autrement dit de plus de 36 pour cent en faveur de la voie étroite.

A l'occasion de l'ouverture des chemins de fer légers du Canada, l'été dernier, M. Pihl fit une visite en Amérique, et dans le cours d'un discours durant la cérémonie, il dit : "J'ai été conduit à adopter cette largeur de 3 pieds 6 pouces ($1^{m}.06$) plutôt qu'une plus petite et plutôt que la dimension habituelle de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$) par le résultat de calculs sérieux qui m'ont persuadé que, sur une telle voie, on peut combiner un ensemble maximum de trafic, de commodité, de bonne exploitation et de sécurité, avec le minimum des dépenses de construction et d'entretien. D'un autre côté, si la largeur était réduite à 3 pieds ($0^{m}.91$) ou moins, on sacrifierait alors la stabilité, le confort et l'économie, tandis qu'avec la dimension de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$) ou une plus grande, les dépenses sont accrues de plusieurs côtés, sans une augmentation correspondante d'effet utile. On ne doit pas cependant supposer que l'économie dépende entièrement de la largeur, mais celle-ci doit être la base sur laquelle on peut proportionner les divers travaux et véhicules nécessaires au trafic requis. Ainsi, en combinant les dimensions de la locomotive de manière à obtenir, par exemple, une charge sur chaque roue motrice de 3 ou $3\frac{1}{2}$ tonnes, vous pouvez alors diminuer les dimensions des remblais, ponts et rails, et obtenir l'abaissement des dépenses de réparation de ces branches importantes. Je me suis souvent demandé ce que coûte un chemin de fer de 3 pieds 6 pouces ($1^{m}.06$), comparé à un chemin de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces

($1^m.44$). Il est difficile de faire une comparaison définitive, car chaque chemin de fer est différent. *Je crois cependant que généralement la voie étroite coûterait un tiers en moins.* Quant à l'exploitation, je puis donner des indications plus précises, en prenant pour exemple un train mixte de trois voitures à voyageurs, avec places pour 96 personnes, mais ne contenant que 60 personnes, et 14 wagons à marchandises sur une rampe de 1 sur 100. En Norwége, les voitures à voyageurs sur la voie étroite pèsent 4.1 tonnes, les wagons à marchandises 3.3, les locomotives 16 tonnes. Evaluant chaque voyageur à 140 livres (70 k.) et le poids de chargement à 70 tonnes, nous aurons en tout $148\frac{1}{2}$ tonnes. Sur la voie large de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$), les trois voitures à voyageurs pèsent 6.4 tonnes chacune, les wagons 4.3 tonnes, et la machine 20 tonnes; ajoutant la même quantité de marchandises et de voyageurs, le total est $173\frac{1}{4}$ tonnes; il en ressort donc une économie de 18 pour cent de puissance de traction en faveur de la voie étroite. Si l'on faisait la comparaison avec les types actuels de voitures sur les chemins de fer de ce pays-ci, de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces, le résultat serait encore bien plus favorable à la voie étroite."

Si cela en valait la peine, je pourrais citer l'expérience acquise à cet égard en Russie, en Suède, en Australie, dans l'Inde, la Nouvelle-Zélande et l'Amérique du Sud; mais je crois avoir parlé assez de ce sujet, et je vais l'abandonner en signalant en passant le comte Bobrinsky, dont l'énergie et le talent, habilement assistés par le professeur Saloff, ont introduit la réforme des chemins de fer en Russie; déjà la première ligne à voie étroite, celle de Livonie, a été construite avec une dépense de 40 pour cent inférieure à celle qu'aurait coûtée une ligne à voie large desservant le même parcours.

Je crois certes avoir établi par ce qui précède que si M. Seymour eût été au courant des faits les plus élémentaires concernant le sujet qu'il a discuté, sa "Revue" n'aurait jamais été écrite, ou aurait été du moins bien modifiée.

Je ne saisis pas bien comment M. Seymour peut comprendre le prix des ateliers, stations et quais dans les dépenses de *l'infrastructure* de la ligne. Ces articles sont indépendants du prix d'une ligne quelconque ; ils doivent alors être séparés. On peut dépenser des sommes excessives pour les travaux des stations d'une ligne de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$) et de simples hangars pourraient être établis pour une ligne à voie large ; la différence de prix ainsi obtenue pourrait réduire de beaucoup l'économie pour cent. Il est donc évident que cet élément ne peut être introduit, si ce n'est avec cette restriction, qu'une voie étroite demande des bâtiments de moindre largeur, et que le nombre et le genre de construction de ces bâtiments étant les mêmes, les frais d'érection seraient moindres pour la voie étroite.

Paragraphes 14, 15, 16.—" Par le même mode d'argumentation, la deuxième et la quatrième raison donnée, et par laquelle on affirme que 45 pour cent seront économisés dans les dépenses de superstructure et 50 à 55 pour cent dans le prix de matériel roulant, peuvent également être démontrées inexactes."

"L'économie dans le prix de la superstructure, sans changement du poids des rails, sera seulement la valeur d'une tranche de 1 pied 2½ pouces ($0^m.38$) de largeur enlevée du centre de chaque traverse."

"Le poids des rails en fer est en général commandé par la pression exercée par chaque roue motrice de la machine, et comme ce poids crée l'adhérence, et par suite la puissance, il s'ensuit qu'avec le même poids de train le poids des rails doit être le même pour les deux largeurs de voies. Si l'on vient dire que le même tonnage peut être traîné avec une plus grande économie en multipliant les trains et se servant de plus légères machines, alors je maintiendrai que les mêmes principes peuvent être appliqués sur la grande largeur de voie avec égale économie, et que par suite un plus grand poids de rails n'est pas nécessaire."

Ce n'est pas fort généreux de la part de M. Seymour à l'égard du général Buell, d'indiquer que l'économie de superstructure est annoncée comme devant être de 45 pour cent pour la voie de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$). Le général a dit que la différence serait de 45 pour cent *du prix de la voie étroite*, en d'autres termes que l'économie serait d'environ 32 pour cent.

"Par le même mode d'argumentation" que celui précédemment employé, je puis montrer que ce chiffre n'est ni élevé ni excessif. Il y a là trois éléments d'économie : 1° les rails, 2° les traverses, 3° le ballast. Le poids des rails pour une ligne de 3 pieds 6 pouces, aussi bonne qu'une ligne de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces, peut être beaucoup moindre, et c'est sur ce point que se trouve réalisée la plus grande économie. M. Seymour a bien raison de dire que le poids des rails dépend du poids maximum par roue de la machine, mais comme je montrerai que le poids par roue d'une machine Fairlie à voie étroite est moindre que celui d'une machine ordinaire de la voie large destinée à faire le même service, il s'ensuivra que le poids des rails peut être diminué, de sorte qu'au lieu d'un rail pesant par exemple 64 livres ($35\frac{1}{2}$ kil. par mètre), un rail de 45 livres (25 kil. par mètre), sera suffisant. Les traverses peuvent êtres réduites de la quantité correspondante. Pour une voie de la largeur de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$), des traverses longues de 6 pieds ($1^m.83$), de 8 pouces ($0^m.20$) de largeur et 4 pouces ($0^m.10$) d'épaisseur, sont suffisantes, au lieu de celles de 9 pieds $\times 9 \times 4\frac{1}{2}$ ($2.72 \times 0.22 \times 0.11$), qui sont nécessaires pour une ligne ordinaire ; à son tour le ballast est réduit à cause de la diminution de pression du rail sur les traverses. Ainsi, tandis qu'il nous faudrait sur une ligne de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces, avec des rails de 64 livres, des traverses des dimensions ci-dessus mentionnées et une couche de ballast de 9 pouces ($0^m.22$) d'épaisseur au-dessous des traverses, l'expérience nous prouve que pour la voie de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$), avec rails de 45 livres par yard, et des traverses de 6 pieds ($1^m.83$) de longueur, 8 pouces ($0^m.20$) de largeur et 4 pouces ($0^m.10$) d'épaisseur, une couche de 6 pouces ($0^m.15$) de ballast en dessous de ces traverses, sera suffisante. L'économie dans les matériaux pour le second cas sera :

Sur les rails,	30	pour cent,
Sur les traverses,	48	,,
Sur le ballast,	44	,,

L'économie sur le dernier article est en réalité plus grande, car nous avons omis de tenir compte de l'effet des inclinaisons de la crête du terrassement ; la différence indiquée suffit pour établir l'exactitude de l'assertion du général Buell. D'un autre côté le prix des attaches de la voie serait presque le même dans les deux cas ; ceci est peu important. Le prix approximatif des rails pour la voie de 4 pieds 8½ pouces serait de 9,500 dollars par mille, pour les traverses 1,500 dollars, pour le ballast 3,000 dollars. Sur la voie de 3 pieds 6 pouces le coût serait réduit à 6,650 dollars, 870 dollars et 1,680 dollars respectivement, ce qui équivaut à une économie totale de 34 pour cent.

J'ai supposé plus haut une réduction directement proportionnelle, dans le prix des traverses pour une dimension de voie de 3 pieds 6 pouces, comparée à celle de 4 pieds 8½ pouces, afin de montrer quelle serait la réduction, si le prix diminuait seulement en raison de la diminution de section, mais en réalité les dépenses sont beaucoup plus réduites à cause de l'emploi d'un plus petit échantillon. Comme exemple, je puis mentionner qu'à présent les mêmes marchands me fournissent des traverses pour une ligne de 4 pieds 8½ pouces à raison de 2s. 8d. (3 fr. 30) chacune, et des traverses pour une ligne de 3 pieds 6 pouces, à 10d. (1 fr.) chacune, de qualité égale. La raison en est, bien entendu, que les larges pièces de bois se coupent avec perte, et que les autres peuvent provenir de bois de plus petit échantillon, et par suite meilleur marché. Dans un parcours d'un mille en moyenne de voie simple, il y a 2,112 traverses, et, d'après le prix que je donne, il en résulte la comparaison suivante :

Pour la voie de 4 pieds 8½ pouces : 2,112 traverses à 2s. 8d. (3 fr. 30) = £281 12s. (6,969 fr.).

Pour celle de 3 pieds 6 pouces : 2,112 traverses à 10d. – £88 (2,112 fr.).

Ainsi, pendant que l'économie en matière est de 48 pour cent, les dépenses sont de plus d'un tiers en moins. D'après cet

exposé, l'évaluation de l'économie faite par le général Buell, pour la superstructure, est aussi raisonnable que celle qu'il avait mise en avant pour les travaux de l'infrastructure. Permettez-moi de considérer les traits caractéristiques de la ligne obtenue à ce prix réduit, comparativement à la voie large modèle dont je me suis servi comme point de comparaison. Nous aurons une voie plus étroite de $14\frac{1}{2}$ pouces ($0^m.38$) avec une largeur réduite à la couronne, de plus fortes rampes, des courbes de plus petit rayon, et de plus légers rails : on serait tenté d'en conclure qu'elle est incapable de satisfaire à autant de trafic ; mais c'est sur ce dernier point que j'appelle l'attention, et j'affirme que, par une intelligente mise en exploitation, une telle ligne pourrait être aussi utile que n'importe quelle ligne à grande largeur. J'admets de suite que si la voie étroite est considerée seulement comme une copie réduite de la grande voie, sa capacité et son efficacité diminueront dans une proportion plus rapide que sa réduction en largeur, car si les locomotives du modèle ordinaire sont employées, la légèreté des rails et l'espace étroit qui les sépare, limitent la puissance des machines : les fortes rampes diminuent encore plus la charge à transporter, et les courbes de petit rayon mettent en outre une limite à l'écartement des essieux. Alors je conviens qu'une telle ligne serait inutile, excepté dans des circonstances très-spéciales où un petit trafic et une petite vitesse sont acceptables. Un exemple existe dans la vallée du Broelthal, où se trouve un chemin de fer à voie de 2 pieds 7 pouces ($0^m.78$) desservi par une miniature de matériel roulant du type classique. Nous devons rechercher une méthode très-différente d'exploitation des chemins de fer à voie étroite, si nous voulons les rendre aussi efficaces que ceux à grande largeur de voie. Il nous faut des machines dont la puissance ne soit pas limitée par l'écartement des rails, afin de traîner les charges les plus pesantes ; les mêmes machines, tout en présentant un poids convenable pour monter les rampes et une disposition permettant de franchir les courbes de petit rayon, doivent cependant

n'exercer sur les rails qu'un poids minimum par paire de roues. Qu'on nous donne une telle locomotive, tous les inconvénients signalés disparaîtront, et les avantages que la voie étroite possède seront mis en relief. Le principal de ces avantages est la facilité que l'on a pour établir une bonne proportion entre le poids du wagon et son chargement ; en d'autres termes, on obtient la réduction du poids mort. Comme point le plus important relativement à l'économie des chemins de fer et la théorie de la voie étroite, cette question du poids mort et de la puissance de machine aurait dû être discutée tout d'abord, mais en suivant les arguments de M. Seymour, j'ai été forcé de changer l'ordre des choses, parce que M. Seymour a attribué une grande portée au point le moins important. La même raison m'a obligé d'anticiper sur l'argumentation en posant d'abord des conclusions, et faisant des assertions avant d'en avoir démontré l'exactitude (bien entendu, je parle seulement pour ce qui se rapporte à ce pamphlet ; dans les nombreux documents que j'ai déjà mis sous les yeux du public, j'ai résolu le problème avec la plus grande clarté). Les arguments viendront à leurs places au fur et à mesure que je suivrai la "Revue" de M. Seymour.

Je pourrais me rencontrer ici avec les partisans temporisateurs de la construction légère sur une voie large ; ces ingénieurs, forcés d'admetre que le système ordinaire est trop coûteux, désirent faire un compromis en conservant leur chère largeur de voie et construisant une voie légère. Ils disent : "Nous aussi, nous aurons des lignes rasant le sol (que je fus le premier à recommander, en 1864). Nous aurons les mêmes fortes rampes et les courbes à petits rayons comme vous avez sur votre voie étroite, nous aurons le même poids de rails, en résumé, un chemin de fer pareil au vôtre, excepté que les rails seront plus espacés de 1 pied $2\frac{1}{2}$ pouces ($0^{m}.38$). Nous aurons, il est vrai, la légère augmentation de dépense due à l'excédant de largeur de la tranche ajoutée ; mais nous aurons aussi tous les avantages de la voie large, et comme nous

ne serons pas isolés des autres lignes, nous éviterons les inconvénients qui résultent du transbordement des marchandises aux points de jonction." Je réponds à ceci que la différence de prix même d'une telle ligne, serait encore d'une grande importance sur de longues lignes à petit trafic, et que si l'on emploie des machines ordinaires, elles devront être plus légères et moins puissantes que la machine Fairlie, dont le poids est réparti sur beaucoup de points ; le poids maximum par roue étant donné par le rail, la puissance de la machine ordinaire de la voie large sera beaucoup diminuée ; en outre de cette réduction de puissance de la locomotive, le poids mort des véhicules sera augmenté, et comme il vient en déduction du travail utile de la machine, la voie large considérée aura le double désavantage d'une machine offrant un moindre poids utile pour l'adhérence, et d'un train offrant une plus grande proportion de poids mort que dans le cas de la voie réduite.

Pour obvier à cet inconvénient bien connu, on a recours à un expédient, on attèle ensemble deux machines. Mais on voit facilement que ce procédé est mauvais ; car si, de cette façon, tout le poids est utilisé pour l'adhérence, il s'ensuivra néanmoins l'inconvénient de la rigidité donnée par une longue base de roue, ou bien d'une grande instabilité, ou bien encore d'une grande gêne pour le parcours des courbes de petit rayon. Si l'on ajoute un avant-train mobile, la machine s'adapte bien aux sinuosités du tracé, mais c'est au dépens de l'adhérence, tandis que si une telle paire de machines réunies est découplée et employée séparément (ce qui est un des avantages réclamés par les avocats de ce système), le travail individuel de chacune d'elle est comparativement insignifiant, pendant que les frais de conduite de deux machines travaillant en double attelage, sont doublés. Quant au chiffre exact de l'économie obtenue par l'adoption d'un bon système de voie étroite au lieu "d'une légère voie large," comme on l'appelle, je ne puis mieux faire que de rappeler brièvement ce qui a été donné par l'expérience,

et citer les opinions de quelques ingénieurs éminents. J'ai déjà dit que M. Carl Pihl avait construit des chemins de fer légers au prix de £6,350 (100,000 fr. par kilom.) en moyenne, et nous avons vu plus haut les estimations du chemin de fer Toronto Grey et Bruce du Canada.

Le montant en était comme il suit (pour la même route) :

Pour la voie de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$) par mille, 13,000 dollars (environ 43,000 fr. par kilom.) sans le matériel roulant.

Et 18,000 dollars (environ 60,000 fr. par kilom.) pour celle de 5 pieds 6 pouces ($1^m.68$).

Pour le matériel roulant, dans chaque cas, la somme de 2,000 dollars par mille a été allouée. Si nous réduisons la dépense par mille de la voie large légère de 5 pieds 6 pouces ($1^m.68$) à celle de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$), le prix par mille serait environ de 15,000 dollars (50,000 fr. par kilom.), ou 15 pour cent en plus que pour la voie étroite.

Les devis de M. John Fowler présentés au gouvernement indien sur les dépenses comparatives pour les lignes de 5 pieds 6 pouces ($1^m.68$), et 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$), sont si soigneusement préparés que je les reproduis ici.

Dans ces devis, les mêmes conditions sont conservées pour avoir deux lignes de force égale, les proportions en largeur seulement sont réduites convenablement. Le prix de revient total par mille du chemin léger de 5 pieds 6 pouces ($1^m.68$), serait de £5,397* comparé avec £4,543† par mille pour la voie de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$), soit une économie de 16 pour cent en faveur de la petite voie.

Cette proportion serait réduite bien entendu si la comparaison était faite avec une voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$) ; mais même dans ce cas il resterait encore 10 ou 12 pour cent en faveur de la voie étroite.

---

* 89,000 fr. par kilomètre.

† 71,000 fr. par kilomètre.

[illegible] — [illegible] DES DÉPENSES POUR UN CHEMIN DE FER LEGER DE [illegible] MOUTAN, ET DE LAHORE A PESHAWUR.

[illegible] par mille. Pour de mille [illegible] par mètre courant.

[illegible] milles — [illegible] kilomètres.

	£*	£	£
[illegible]		[illegible]	
[illegible]			
[illegible]	[illegible]		
[illegible]	800		
[illegible]	[illegible]		
[illegible]	50		
[illegible]	[illegible]		
[illegible]	[illegible]		
[illegible]		[illegible]	
[illegible]			
Indéterminé [illegible]	120,000		
Sutlej [illegible]	100,000		
Narbada [illegible]	75,000		
Petits points [illegible]	50,000		
[illegible]		300,000	
[illegible]			
Télégraphes [illegible]			
Traversées de rivières [illegible]			
Clôtures [illegible]			
		75,200	
[illegible]			
Ateliers [illegible]	[illegible]		
Quatre grandes [illegible]	[illegible]		
Quatre stations [illegible]	[illegible]		
Trente-deux petites stations [illegible]	[illegible]		
[illegible] £[illegible] par mille		[illegible]	
			2,703,458
ADMINISTRATION, INGÉNIEURS ET FRAIS GÉNÉRAUX.			
5 pour cent pour dépenses en Angleterre [illegible]			
20 pour cent pour dépenses dans l'Inde [illegible]			251,682
			2,955,140
Sommes à valoir, 1[illegible] pour cent			295,514
Total, non compris le matériel roulant			2,590,654
=£[illegible] par mille			
MATÉRIEL ROULANT.			
100 machines à £[illegible]	[illegible]		
1,200 véhicules à £[illegible]	[illegible]		
		[illegible]	
Frais généraux et somme à valoir, 1[illegible] pour cent		[illegible]	
Total pour le matériel roulant, £[illegible] par mille			105,750
PRIX TOTAL			3,050,404

[illegible] à [illegible] voie de 5 p. 6 pouces (1 m. [illegible]), [illegible] £[illegible] par mille (fr. [illegible])

*Livres sterling de fr. [illegible].

2. Évaluation des Dépenses pour un Chemin de Fer à Voie étroite de Kotree à Moultan.

Largeur de voie, 3 pieds 6 pouces (1m.06).—*Poids de rails, 42 lbs.*

(19 kilogrammes par mètre courant.)

Kotree à Moultan, 480 milles (770 kilomètres.)

	£	£	£
Terrassement.			
(10 p. 6 pouces [3 m. 20] en couronne), par mille, £258	...	123,800	
Voie.			
Rails et attaches, 72 tonnes à £14	1,008		
Traverses (6 p. 3½ pouces × 8 × 4), 2,000 = 2,954 pieds cubes à 3s. 4d.	492		
Ballast 1 pied, (0 m. 305) d'épaisseur, 42,000 pieds cubes à 10s. par 100 pieds cubes	210		
Pose des rails, par mille	80		
	1,790		
10 pour cent pour voie de garage...	170		
Par mille	1,960	945,120	
Ponts. (comme dans le cas précédemment considéré). = £729 par mille	...	350,000	
Télégraphes, Traversées de Routes, et Clôtures partielles. à £157	...	75,200	
Stations et Ateliers comme précédemment. = £558 par mille	...	268,000	
			1,762,120
Administration, ingénieurs et frais généraux	...	...	220,315
			1,982,435
Somme à valoir, 10 pour cent	...	...	198,243
Total (sans matériel roulant) ... ... = £4,543 par mille.	...	...	2,180,678
Matériel roulant.			
100 machines à £1,600	160,000		
2,000 véhicules à £120	240,000		
		400,000	
Frais généraux et sommes à valoir, 15 pour cent. ...	...	60,000	
Total pour le matériel roulant ... ... £958.33 par mille.	...	...	460,000
Prix total ... ... Kotree à Moultan (voie de 3 pieds 6 pouces [1 m. 06] de largeur, 480 milles (770 kilomètres), à £5,501.4 par mille (86,000 fr. par kilomètre).*	...	...	2,640,671

* M. Fowler a oublié de faire bénéficier la voie étroite de la réduction possible du poids du rail et du poids du matériel roulant: on trouvera des explications sur le sujet aux pages 30 à 34.

Je montrerai plus loin quelle est au juste la force de l'argument favori des partisans de la voie large: "les dépenses du transbordement des marchandises au point de jonction de deux voies de différentes largeurs." Je puis y faire allusion ici, parceque l'adoption de la "légère" voie large est recommandée en majeure partie pour cette raison, et que les frais de transbordement des marchandises d'une ligne à une autre sont évalués au minimum à 2s. (fr. 2.50) par tonne. Je suis heureux de trouver que M. Seymour et moi ne sommes pas en différence sur ce point et je le remercie pour l'information importante à laquelle il a contribué. Le prix qu'il donne ($3\frac{1}{2}$d. par tonne) (fr. 0.35) peut être considéré comme le chiffre le plus haut, pour marchandises en général, et sur plusieurs lignes à voies étroites du continent, la marchandise est transbordée pour 2d. (fr. 0.20) et même $1\frac{1}{2}$d. (fr. 0.15) par tonne. Mais si nous admettons le le prix de $3\frac{1}{2}$d. (fr. 0.35) il est clair que les frais annuels de transbordement ne sont qu'une faible charge additionnelle des dépenses d'exploitation de la ligne, et ce n'est rien, en comparaison de l'économie réalisée dans les frais de construction. De plus quand même la "légère" voie large, pourrait être construite à aussi bon marché que la voie étroite, il lui resterait encore le désavantage constant et inévitable de la quantité plus grande de poids mort à remorquer, lequel résulte, non seulement de l'emploi de véhicules d'une construction plus grande et plus lourde, mais encore de l'emploi continuel de telles voitures très-partiellement chargées.

Ainsi, en construction comme en service, tout se trouve en défaveur de la "légère" voie large, et en faveur de la voie étroite, et simplement parce que cette dernière est plus convenablement adaptée aux exigences du trafic que la première. Même dans les frais d'entretien et de réparation de la voie, la faible largeur à un grand avantage parce que le nombre de tonnes qu'elle doit supporter diminue précisément du nombre de tonnes de poids mort qui est gagné sur le matériel roulant.

Je pense avoir suffisamment démontré que même si les partisans de la voie large abandonnaient leur construction pesante, pour adopter la combinaison la plus légère, une grande économie serait réalisée par la réduction de la largeur, tout en y gagnant une ligne robuste, au lieu d'une ligne d'une construction relativement débile.

J'ai fait allusion à la ligne de 3 pieds ($0^m.91$) de Denver et Rio-Grande comme travail d'un intérêt spécial fournissant dans une grande mesure la preuve pratique que M. Seymour désire si ardemment, c'est-à-dire l'exemple de deux routes de différente largeur de voie construites dans les mêmes circonstances et sur un terrain semblable. Mais, sous peu, de nombreux exemples semblables pourront servir de comparaison, parce que la voie étroite a pris de profondes racines dans les Etats-Unis, et que son extension est poussée avec vigueur dans toute l'Union.

Dans presque tous les états et territoires depuis l'Est jusqu'à l'Ouest, les voies étroites sont à l'étude ou en voie de construction, surtout dans les districts où le champ est libre, et où la construction des voies ferrées est dans son enfance.

Dans les états de Californie, Montana, Utah, et Colorado, des ingénieurs construisent rapidement des voies de la largeur que j'ai chaleureusement recommandée ; il trouvent facilement les capitaux nécessaires à leur entreprise, ce qui aurait été impossible si l'on eût adopté un système plus coûteux. En effet on avance un capital modéré quand on a foi dans l'achèvement de tout bon projet, non embarrassé par une première mise de fonds excessive enlevant toute perspective d'une rétribution immédiate.

Il est difficile de prédire le bénéfice qui résultera de cette avance énergique dans la voie du progrès, et de dire avec quelle nouvelle impulsion se développeront ces riches et vastes territoires sur lesquels s'étend le peuple des

Etats-Unis, sans cesse augmenté par le courant croissant d'émigration qui se dirige vers l'Amérique.

La grande force vitale qui est un des traits caractéristiques de l'Amérique, et qui depuis vingt-cinq ans a opéré tant de merveilles, ne demande que les moyens de communication pour décupler les résultats qu'elle pourrait obtenir. Il sera nécessaire, à cet effet, de dépenser des centaines de millions de livres sterling en chemins de fer, avant que cet immense territoire, riche en ressources naturelles de toutes sortes, ne soit relié avec le littoral, tant à l'Est qu'à l'Ouest : un système par lequel ce but sera obtenu le plus économiquement et efficacement, deviendra le seul qui puisse être adopté dans l'avenir.

Les résultats qu'on a obtenus sur la ligne de Denver et Rio-Grande ne sont pas exceptionnels, mais peuvent être considérés comme représentant la moyenne des économies qu'on peut réaliser avec la voie étroite. Et il ne faut pas de preuve plus frappante de l'appréciation faite par plusieurs ingénieurs américains de la véracité de mes arguments, que ce fait qu'ils mettent journellement en pratique les assertions que j'ai toujours avancées, et qu'ils construisent maintenant des milliers de milles de chemins de fer, aussi rapidement qu'on peut exécuter les travaux, d'après les principes que j'ai prônés constamment. Les préjugés, si puissants ailleurs, pénètrent à peine dans les esprits des ingénieurs de l'Ouest dont le grand objet est le progrès.

L'assertion contenue dans le 16e paragraphe de M. Seymour est vraie ; le poids des rails dépend de la pression exercée par les roues motrices de la machine ; mais les conditions ordinaires sont totalement changées par l'emploi de la machine Fairlie, qui donne, sur les rails légers et la voie étroite, une puissance égale à n'importe quelle autre pouvant être obtenue par le système ordinaire sur la voie large et des rails pesants. On

répondra que la machine Fairlie peut être employée aussi sur la voie large ; cela est vrai, et si nous supposons l'existence d'une trafic suffisant, l'avantage retiré serait même très-grand ; mais même dans cette hypothèse, il serait impossible d'obtenir une aussi grande somme de force, étant donné le même poids par roue, que celle que l'on obtient sur la voie étroite. Sur la voie large, et à égalité de poids par roue, une machine doit être moins puissante que sur la voie étroite.

Je m'arrête ici pour donner une idée de la valeur de la machine Fairlie employée sur la voie ordinaire, quand il y a un assez grand trafic comportant des wagons circulant à pleine charge. Nous ne pouvons faire mieux que de prendre comme exemple le trafic des charbons des comtés du Nord vers Londres. Une machine Fairlie, tout en fatiguant moins et elle-même et les rails, amènerait à Londres des trains de charbon représentant *deux fois le poids des trains actuellement remorqués* par le meilleur modèle de machine du type ordinaire, et à la même vitesse. Pensez un moment à l'économie que ceci produirait, sans compter l'énorme avantage qui s'ensuivrait, c'est-à-dire le désencombrement de la ligne de juste moitié du nombre des trains de charbon existant à présent, avec moitié dépense de main-d'œuvre, et économie de 20 à 30 pour cent de combustible. Cette économie seule ajouterait une quantité notable aux profits des actionnaires. Mais, à cette proposition, je reçois pour réponse que "de pareils trains seraient trop longs pour les voies de garages actuelles, qui auraient toutes besoin d'être rallongées, etc. Réfléchissez combien peu vaut un tel raisonnement dans la bouche d'hommes qui renvoient les wagons à vide réunis en trains ayant deux fois le nombre des wagons amenés pleins, et qui trouvent parfaitement des garages convenables pour ces trains, *aujourd'hui*.

La réduction de puissance signalée est due à l'accroissement du poids des matériaux inutiles dans la construction d'une plus large machine, et à ce que la totalité de cet excès de

poids provient de parties qui n'ajoutent rien aux éléments créateurs de la puissance de la machine, tout en absorbant une partie de la force pour leur propre traction.

Les parties qui sont nécessairement plus pesantes sont les essieux et les traverses entre-toisant le châssis et les cylindres ; et le tout, afin d'être de force égale, doit être non seulement beaucoup plus long, en raison de la voie large, mais encore de section plus forte ; cela réagit sur les parties auxquelles les pièces précédentes sont attachées, les rendant à leur tour plus grandes et plus pesantes. Ainsi, par exemple, les essieux ayant un plus grand diamètre, demandent des roues, des plaques de garde, des boites à graisse, etc., plus pesantes ; il s'ensuit que l'augmentation de dimension et de poids nécessaire pour rendre la machine à voie large de force égale à celle de la voie étroite, représentera la différence proportionnelle de puissance entre les deux machines, si on les ramène à exercer la même pression par roue sur le rail.

Par exemple, si les châssis, les roues et les essieux des deux trucks mobiles à quatre roues d'une machine Fairlie destinée à la voie de 3 pieds 6 pouces (1^{m}. 06), (le même argument s'applique à toute sorte de matériel roulant,) pèsent 14 tonnes, il faudra, pour obtenir la même force et la même rigidité dans les châssis, roues et essieux de deux trucks mobiles similaires destinés à une voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces (1^{m}. 44), atteindre un poids d'au moins 16 tonnes. Il en résulte que, si l'on donnait à la machine pour voie étroite le même poids qu'à la grande, les deux tonnes additionnelles pourraient être placées dans les parties de la locomotive qui donnent la puissance, savoir : la chaudière et les cylindres, le générateur et le distributeur, et cette combinaison accroitrait beaucoup la force de traction de la machine pour la voie étroite, par rapport à celle de la voie large ; la pratique a démontré ce fait péremptoirement.

Appliquées à l'argumentation de M. Seymour dans le

paragraphe examiné, ces conditions invariables imposées aux machines de voie large et de voie étroite, détruisent complètement sa théorie ; s'il est vrai, et nul ne peut le contester, que les rails soient adaptés de manière à résister à la pression qu'exerce chaque roue de machine, indépendamment de la question du trafic, alors il s'ensuit que les rails pour une ligne à voie étroite, desservie par des machines d'une force égale à celles d'une voie large, doivent être comparativement allégés et réduits en proportion de la différence du poids des deux locomotives d'égale force ; au contraire, si le poids égal par roue est admis, la locomotive pour voie étroite étant plus puissante, remorque nécessairement des trains plus lourds, d'où il résulte que la capacité d'une ligne à voie étroite (le poids des rails étant supposé égal de part et d'autre), sera beaucoup plus grande que celle d'une voie large. Tels sont les faits, et M. Seymour peut s'ingénier à inventer une nouvelle théorie pour les combattre.

Il faut bien faire attention que, en dehors du cas d'un trafic très-limité, combiné avec une très-petite vitesse, je n'ai recommandé et ne recommanderai jamais une voie plus étroite que celle de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$), si l'on emploie le type ordinaire de machine ; et cela parce que, (en dehors de ce fait que les oscillations et le mouvement irrégulier des machines ordinaires s'augmentent à mesure que la voie est diminuée), *la largeur de la voie limite la puissance de la machine, attendu qu'elle limite la largeur du foyer et la grandeur de la chaudière ;* et comme la perte de puissance s'accroît en plus grande proportion que la diminution de la voie, il résulte que la capacité de transport des voies plus étroites que celles de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$), devient considérablement limitée si l'on emploie des machines ordinaires. Le point que je soutiens, c'est qu'une voie de 3 pieds ($0^{m}.90$) ou 3 pieds 6 pouces ($1^{m}.06$) bien exploitée, donne des résultats tout aussi satisfaisants qu'un chemin de fer quelconque avec la voie la plus large. Il faut

ajouter à ce que nous avons dit, que l'instabilité inévitable des petites machines du type usuel, force à réduire la vitesse des trains, si l'on veut conserver les mêmes bonnes conditions de sécurité.

Actuellement, avec la machine Fairlie, toutes ces conditions restrictives sont entièrement écartées ; d'abord, parce que la largeur du foyer est entièrement indépendante de la voie ; en second lieu, à cause de l'absence totale de mouvement irrégulier dans la marche : de là une puissance illimitée, et une égale sécurité à grande vitesse. Ce ne sont pas là de simples assertions. La force des faits en a prouvé la véracité incontestable, et elles sont universellement admises par tous ceux qui ont expérimenté la machine Fairlie ; une des qualités au moins, l'absence d'oscillation et de friction latérale du boudin des roues sur les rails, a été depuis longtemps acceptée par tous les ingénieurs en Amérique comme établie par l'adoption universelle du matériel roulant à double avant-train mobile, lequel a permis de lancer des trains à grande vitesse sur des lignes présentant des conditions d'entretien où le matériel anglais ne se serait en aucune façon maintenu sur les rails.

> *Paragraphe* 17.—"L'économie dans l'établissement de chaque véhicule sera seulement la valeur d'une tranche de 1 pied 2½ pouces (0m.38) prise au centre de chaque voiture, comprenant seulement le haut, le bas et les deux bouts de la voiture, et peut être aussi une déduction minime sur la valeur des matériaux et de la main d'œuvre dont on fait ressortir l'économie dans la construction des voitures de moindre dimension ; mais je maintiens que le surcroît du nombre de véhicules, nécessaire au transport d'un même tonnage, ou d'un même nombre de voyageurs, rendra la dépense tout aussi élevée, sinon plus grande, sur la voie étroite que sur la voie large."

Le raisonnement de ce paragraphe est très-superficiel ; on pourrait même croire que l'auteur a eu l'intention de s'en servir comme d'un voile pour cacher les imperfections du matériel roulant de la voie large ; mais pour le moment nous fermerons

les yeux sur cette idée, et suivrons jusqu'au bout l'argument de M. Seymour.

Supposons qu'une tranche longitudinale de $14\frac{1}{2}$ pouces ($0^m.38$) soit enlevée du centre d'une voiture ou wagon, s'ensuit-il que, pour obtenir la force transversale voulue dans chaque voiture, les sections des matériaux employés doivent rester les mêmes qu'avant d'être coupées? C'est exactement comme si pour faire une travée de 37 pieds avec une poutre calculée pour une portée de 50 pieds, on coupait celle-ci de 13 pieds; s'il en était ainsi, quel serait l'excès de la force de la poutre de 37 pieds sur la même section de poutre employée pour 50 pieds? Le même raisonnement s'applique à la réduction de $14\frac{1}{2}$ pouces dans la longueur des essieux; mais on doit se rappeler qu'il y a à tenir compte, pour les essieux à roues fixes, d'une force nécessitant une section qui va en augmentant dans une plus grande proportion que la longueur; cette force est la torsion. On voit donc de suite qu'il y a beaucoup plus qu'une certaine longueur à retrancher aux essieux, en conservant égalité de force sur la voie étroite et sur la voie large. Le faux raisonnement de "la tranche à enlever" de M. Seymour a été étendu ici de la ligne au matériel roulant. Par les mêmes raisons que ci-dessus, les sections de tous les châssis des véhicules, devraient être réduites.

L'assertion que des véhicules en plus grand nombre seraient nécessaires pour transporter le même tonnage ou le même nombre de voyageurs est aussi évidemment erronée que les précédentes. Dans la pratique il pourrait y avoir, il est vrai, deux conditions qui, si elles étaient remplies, pourraient donner un certain air d'exactitude à cette assertion :—1° si le parcours de chaque véhicule avait toujours lieu avec son chargement complet dans chaque direction; 2° si le rapport de la grandeur des véhicules à la largeur de la voie était le même que celui qui existe maintenant pour les véhicules de la voie étroite.

Tant que ces conditions ne seront pas remplies, l'assertion de M. Seymour tombe d'elle-même.

Pour répondre à la première des conditions ci-dessus, je vois qu'il est généralement reconnu que la proportion du poids utile au poids mort pour les trains de marchandises sur les lignes américaines les mieux dirigées, est de $\frac{1}{2}$ à 1, pendant que la capacité du matériel employé est comme 18 est à 10 ; ce qui fait ressortir pour le matériel à marchandise une utilisation de seulement 27 pour cent de sa capacité totale; que résulte-t-il donc de ceci ? Simplement que des voitures construites pour 10 tonnes transportent seulement 2.7 tonnes ; et cela étant sans doute une nécessité résultant des exigences du trafic, lequel demande prompte livraison des marchandises aux diverses stations, ne s'ensuit-il pas (prenant le cas au point de vue où s'était placé M. Seymour), que des voitures réduites en largeur de $14\frac{1}{2}$ pouces, soit de 20 pour cent en capacité, seraient encore plus que suffisantes pour le trafic, comme il a lieu maintenant, et s'il en est ainsi, que devient la demande d'un nombre additionnel de voitures? Ces observations s'appliquent au trafic des marchandises seulement, mais si nous considérons la question du trafic des voyageurs, envisagée sous le même point de vue, le cas est encore plus défavorable à M. Seymour, parce que les voitures à voyageurs ne portent jamais plus d'un quart de leur contenance totale ; cela prouve qu'un matériel fait pour une voie étroite desservirait deux fois et plus de trafic que la voie large, et réserverait encore une marge au progrès à venir.

Dans une note que j'ai lue à l'Association britannique à Liverpool, au mois d'août 1870, j'ai montré par des relevés statistiques que la proportion actuelle entre le poids mort et les marchandises transportées dans le Royaume-Uni (le trafic minéral étant excepté) était dans le rapport de 7 à 1 ; pendant que le même rapport pour le trafic des voyageurs était de 29 à 1.

C'est à un moindre degré que le même état de choses, état absolument inséparable de la voie large, existe en France, comme le prouvent les statistiques suivantes des six lignes principales de cette contrée. En France les résultats sont avantageux à la voie large parce que les compagnies de chemins de fer ne se faisant pas concurrence, remplissent les voitures le plus possible, et font le transport des marchandises avec le plus de profit possible pour elles-mêmes, au grand détriment des intérêts commerciaux ; en fait, tels ont été les errements des compagnies à cet égard, qu'une société a été récemment organisée à Paris, dans le but de forcer les compagnies à une plus grande régularité ainsi qu'à plus de promptitude dans la livraison des marchandises, et si l'on réussit, le résultat se traduira forcément par une plus grande proportion de poids mort transporté.

En France, nous trouvons que sur les six lignes principales les proportions pour les voyageurs entre les places occupées et celles qui pourraient l'être sont ainsi :

Sur la ligne du Nord	0.223	Moyenne générale, 0.240.
„ de l'Est	0.203	
„ de Lyon	0.269	
„ de l'Ouest	0.277	
„ d'Orléans	0.234	
„ du Midi	0.277	

Et le poids remorqué par chaque voyageur transporté est comme ci-dessous :

	Tonnes.	
Sur la ligne du Nord	0.819	Moyenne générale, 0.742 tonnes.
„ de l'Est	0.828	
„ de Lyon	0.725	
„ de l'Ouest	0.630	
„ d'Orléans	0.764	
„ du Midi	0.634	

Tandis que la moyenne du poids mort par voyageur, dans l'hypothèse où toutes les places offertes seraient occupées, ne s'élèverait qu'à 0.235 tonnes.

Relativement aux marchandises, nous trouvons qu'en moyenne les wagons français à charbon pèsent 4.5 tonnes et peuvent porter 10 tonnes, et les wagons à coke

pèsent 4.180 tonnes et portent 10 tonnes. Le poids mort minimum par tonne, avec chargement complet, est de 0.450 tonnes pour le charbon, et 0.418 tonnes pour le coke, soit une moyenne de 0.434, et le poids minimum d'une tonne avec sa quote-part du poids du wagon devrait être 1.434; mais en réalité la moyenne du chargement par wagon à charbon, au lieu d'être 10 tonnes, est seulement 4.903 tonnes (soit 49 pour cent), de sorte que le poids réel d'une tonne augmentée de sa part proportionnelle du wagon, est de 1.918 tonnes.

De même, les wagons ordinaires à marchandises pesant 5.1 tonnes et construits pour porter 10 tonnes, sont en réalité chargés de 4.175 tonnes, de sorte que la proportion entre le poids mort et le poids utile est $\frac{5.1}{4.175} = 1.221$, soit 2.4 fois plus grand que ce qu'elle devrait être.

Je pense avoir prouvé à présent aux hommes impartiaux l'erreur commise par M. Seymour, (et cela par sa propre manière de voir), quant à la question de rendement possible et de l'égalité du poids à la fois pour les locomotives et pour le matériel roulant; j'ai montré contrairement à ses conclusions, que la voie étroite est supérieure à la voie large, par cette simple raison que la capacité de la première est plus près des nécessités du trafic que la dernière.

Je vais maintenant procéder à l'examen du second point, savoir : la *proportion qui doit exister entre les voitures et la largeur de la voie.*

Le trafic de marchandises et de voyageurs dans le pays auquel s'adresse M. Seymour, se fait en général dans des voitures à huit roues groupées en deux trucks mobiles à quatre roues.

J'affirme sans hésiter que ceci est un des types les plus extravagants de voitures en ce qui concerne le poids mort de matériel roulant; mais comme il est admis que les trucks mobiles sont nécessaires sur les chemins américains pour rouler facilement sur des lignes mal entretenues, et pour parcourir librement les courbes, je présume, en raison de l'emploi presque universel

de ce truck mobile, que ses avantages balancent les inconvénients de l'excès de poids mort qu'il occasionne. Le rapport moyen de la capacité de chargement du matériel à quatre roues pour marchandises, relativement à son poids mort, est de 1.9 à 1, tandis que le même rapport pour le matériel avec trucks mobiles, à huit roues, est seulement de 1.4 à 1 ; cette différence, même sans l'avantage résultant de la facilité du chargement et du maniement des petits wagons, aurait depuis longtemps assuré l'adoption générale de ces derniers, si ce n'était l'existence des raisons pratiques auxquelles j'ai fait allusion. Si nous demandons la cause pour laquelle le matériel à truck mobile est maintenu sur les lignes américaines, nous trouverons qu'elle réside principalement dans la différence de la longueur de base des roues comparativement à celle du matériel à quatre roues, et l'aise avec laquelle les roues des grands véhicules suivent les inégalités de la route, sans en communiquer les effets au wagon, et en réduisant ainsi l'oscillation latérale de la charge à un minimum, tandis qu'avec le matériel à quatre roues les inégalités réagissent directement sur la charge, et par suite les oscillations arrivent à un maximum d'effet.

Cet état de choses est inséparable de tout matériel à quatre roues et sans doute amène une forte augmentation dans les résistances du train, mais c'est rarement la cause du déraillement du wagon en parcourant une courbe. Cela viendrait plutôt du mode usuel d'accouplement et de l'usage de tampons latéraux qui serrent les uns contre les autres dans les petites courbes, au point qu'un wagon supporte entièrement, pour un moment, l'extrémité d'un autre wagon, de sorte que parfois il n'y a pas de charge sur une ou peut-être même sur deux roues. Ce serrement et les résultats dont nous parlons, se produisent souvent, mais heureusement ils ne font pas dérailler les wagons.

M. Seymour et ceux de même opinion me demanderont peut-être en quoi ces détails ont trait à la question ? Je réponds que cela est important, parce que, en faisant ressortir la raison

qui a fait adopter le matériel à truck mobile dans les États-Unis, malgré tous ses inconvénients, et de préférence au matériel plus léger à quatre roues, je tends à mettre en évidence un grand avantage de la voie étroite, et si je ne le prouvais pas, mon argument tomberait, mais si je montre que les raisons qui prévalent contre le matériel à quatre roues de la voie large, disparaissent presque entièrement pour le matériel à quatre roues de la voie étroite, je croirai alors avoir réussi dans ma tâche.

La grande longueur de base de roue nécessaire pour avoir une voiture stable sur la voie large, est la principale objection aux voitures à quatre roues : et je répondrai à ceux des partisans de la voie large qui recommandent, comme M. Seymour, que la base de roue soit réduite proportionnellement à la largeur de la voie, je répondrai, dis-je, que si l'on ramène la base des roues du matériel à voie large aux dimensions convenables pour la voie étroite, l'on a un matériel roulant moins sûr, et très-difficile à conduire : la résistance par tonne deviendrait certainement double de celle du matériel à truck mobile, par suite de l'amplitude des oscillations latérales.

Pour obtenir de la stabilité avec un matériel à quatre roues, la base des roues devrait être au moins de deux fois la largeur de la voie. Bien entendu une moins grande dimension peut aller, mais plus la base est réduite, plus la friction est grande, et plus il y a de facilités à dérailler ; tandis que, d'un autre côté, si cette proportion est conservée, les courbes de petit rayon ne peuvent pas être franchies aisément sur la voie large, et les dimensions du wagon excèdent de beaucoup le travail qui leur est demandé ; en outre, un tel matériel serait d'un maniement difficile. Sur la voie étroite, tous ces désidérata sont combinés sans un seul désavantage ; une voie de 3 pieds ($0^m.91$), donne une base de roue de 6 pieds ($1^m.83$), et c'est la vraie proportion entre la longueur de la base et la largeur de la voie ; on a alors un matériel stable qui franchira aisément des courbes d'un rayon de 150 pieds (45 mètres). Par contre, un matériel

pour voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$), construit dans de semblables proportions, donnerait $9\frac{1}{2}$ pieds ($2^m.90$) de base de roue, et cette longueur ajoutée à la plus grande quantité de glissement due à la distance plus grande des rails, rendrait le parcours des courbes de petit rayon non seulement difficile, mais encore dangereux.

La largeur du matériel que l'on peut obtenir sur la voie étroite est un autre point en sa faveur, parce que *la plus grande largeur que la voie puisse permettre peut s'obtenir sans donner une force spéciale à aucune partie*, et en même temps on peut avoir une position convenable pour le centre de gravité. En outre ce matériel n'est jamais embarrassant ou difficile à mouvoir dans les stations. L'expérience a montré que, même pour des vitesses considérables, on peut construire des wagons de 7 pieds ($2^m.13$) de largeur pour une voie de 3 pieds ($0^m.91$), ou $2\frac{1}{3}$ fois la largeur de la voie, ce qui est une grandeur très-commode, et très-économique pour l'exploitation en général. Mais il serait impossible, et peu à désirer, d'obtenir sur une voie de 5 pieds 6 pouces ou de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces, un matériel offrant une largeur égale à $2\frac{1}{3}$ fois celle de la voie, car sur la première le matériel aurait 13 pieds ($4^m.27$) de largeur, et sur la dernière il aurait près de 11 pieds ($3^m.36$), et ces dimensions, même si on pouvait les obtenir, rendraient le matériel d'un maniement presque impossible, en même temps qu'il serait hors de toute proportion avec les dimensions demandées pour le trafic à desservir.

Nous montrerons plus loin qu'une voie de 3 pieds, et ensuite une de 3 pieds 6 pouces, donnent la plus grande largeur de voiture permise par la voie, et par suite, *qu'elles assurent la meilleure utilisation de la voie*, tandis que, en même temps, le matériel qui est proposé, est facile à mouvoir, et, comme construction, offre certainement *le maximum de force combiné avec le minimum de poids mort ;* l'on obtient ainsi un rendement aussi grand que possible.

Ce matériel léger préserve les rails, réduit la dépense de l'entretien de la voie, diminue la détérioration du matériel, restreint la consommation de charbon et la dépense de force de traction. Pour mettre en évidence les dépenses énormes d'entretien de la voie large comparées avec celles de la voie étroite, en supposant un matériel de capacité égale, je ne crois pas pouvoir mieux faire que de citer une lettre ayant trait au même sujet et qui parut récemment dans le bulletin financier du *Times;* elle est écrite par le directeur de la "Compagnie des wagons de Gloucester," une des plus grandes maisons de ce genre du pays ; l'auteur, M. Slater, est reconnu par tous comme ayant acquis une plus grande expérience de la question que n'importe quel autre ingénieur anglais :—

"Compagnie des wagons de Gloucester (limitée),
"Gloucester, 21 septembre 1871.

"Cher Monsieur,—Me reportant à notre conversation d'hier sur les mérites comparatifs des chemins de fer à voie large et à voie étroite, en tant que cette question affecte les dépenses de construction du matériel roulant, je ne crois pas pouvoir vous donner mon opinion d'une manière plus positive qu'en répétant ce que j'ai dit à M. Potter, maintenant président du Great Trunk Railway du Canada, lors de sa nomination de président du Great Western Railway, il y a huit ans environ.

"Je recommandai à M. Potter le plus chaleureusement possible de commencer la conversion de la voie large en une voie étroite ; par 'étroite' je voulais dire, bien entendu, la largeur de voie usuelle du pays, 4 pieds 8½ pouces ($1^m.44$). J'ajoutais à cet avis un ou deux exemples ; ainsi je dis que si un propriétaire de houille venait s'adresser à moi pour la location de wagons *à dix tonnes, pour la voie large,* et *d'autres de la même contenance pour la voie étroite,* je lui demanderais £18 (450 fr.) *par an* pour les premiers et £12 (300 fr.) pour les seconds, *et j'emploierais toute mon influence pour lui persuader*

de choisir le matériel de la voie étroite. Je lui fis remarquer alors que ceci s'appliquait aux wagons portant toujours un chargement complet, mais que si l'on faisait la même comparaison pour les wagons à marchandises, on trouverait une différence encore plus frappante, surtout si on l'appliquait au poids mort, rapporté au poids utile. Ainsi, par exemple, on trouve que sur des chemins de fer à voie étroite passant à travers des districts manufacturiers, la moyenne *du chargement d'un wagon n'excède pas* 30 *cwt.** (1,500 k.) ; s'il en est ainsi sur des lignes qui desservent ces districts, on peut à peine espérer un aussi bon résultat sur le réseau à voie large qui passe à travers un district agricole. Qu'en résulte-t-il alors? Simplement ceci : vous avez mis sur la voie large des wagons dont le prix et les frais d'entretien excèdent de beaucoup ceux du même matériel pour la voie étroite ; pendant que vous avez en outre sur la voie large un poids mort de $5\frac{1}{2}$ tonnes à 7 tonnes pour un chargement utile de 30 cwt. (1,500 kil.) et sur la voie étroite vous avez un poids mort de $3\frac{1}{2}$ tonnes à 4 tonnes pour le même poids utile.

"Telle est la conviction sincère que j'avais, et que j'exprimais à M. Potter, il y huit ans, et je n'ai vu jusqu'à présent aucune raison qui puisse modifier mon opinion.

"Votre très-dévoué,

"R. F. Fairlie, Esq." (Signé) "J. SLATER."

M. Seymour admet la troisième raison du général Buell pour l'adoption de la voie étroite, savoir qu'on peut y atteindre en parfaite sécurité, une vitesse de 35 à 45 milles à l'heure (56 à 72 kilomètres) : *en parfaite sécurité* doit, bien entendu, être pris dans un sens figuré, car il n'existe sur aucune ligne une parfaite sécurité ; mais ce que le général Buell avance et ce que

* "Cwt.," abréviation qui désigne des *quintaux*.

Ceci ne comprend pas les parcours à vide qui réduiraient certainement cette proportion de moitié, soit 15 quintaux (750 kil.) seulement pour l'ensemble du parcours effectué par wagon.

la voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces est $\frac{75}{100}$; soit une différence de $\frac{28}{100}$ en faveur de la première ; il ajoute qu'il a basé ses calculs sur le matériel existant de la voie large, et sur celui du chemin de fer de Denver et Rio-Grande en construction aux ateliers de wagons de Wilmington. M. Seymour, selon moi, sort de sa sphère en ridiculisant le petit matériel, oubliant que ceux qui sont à la tête des ateliers cités sont des ingénieurs capables et expérimentés. Mais comme M. Seymour se refuse à admettre ce qui n'est pas prouvé pratiquement, je dois me contenter d'exemples en service, pour prouver l'exactitude de l'idée du général Buell. Il est prouvé par l'expérience que, sur les voies larges, il est impossible d'utiliser complètement la large base que permettent les rails. La raison en est que les wagons seraient d'une capacité en dehors de toute proportion avec le service à rendre, et qu'ils seraient démesurément lourds ; cela est un point sur lequel j'appelle tout spécialement l'attention, car c'est un des principaux caractères de la voie étroite. Je maintiens que la largeur de 3 pieds ou 3 pieds 6 pouces (quoique toutes les dimensions de voie soient empiriques, je prie le lecteur de se rappeler ce fait), est la plus convenable pour servir de base aux proportions du matériel roulant ; elle est aussi la plus économique et la meilleure. On admettra, je le pense, que la largeur de la voie doit être en proportion convenable avec la largeur du matériel roulant donnant le plus d'économie. Actuellement, sur la voie de 5 pieds 6 pouces ($1^m.68$) des Indes, la largeur du matériel est seulement de 8 pieds 6 pouces ($2^m.60$), et sur la voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$) il en est presque de même en moyenne ; ce fait démontre le point en question. On aurait parfaitement pu établir le matériel roulant des Indes sur une voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^m.44$) ; il en serait résulté une grande économie dans les frais de construction. On peut aussi dire que le matériel aurait dû être construit avec une largeur de 13 pieds (4^m). Mais si l'on eût adopté une telle largeur bien proportionnée à celle de la

voie, le rapport entre le poids mort et le poids utile aurait été beaucoup plus désavantageux qu'il ne l'est à présent ; en effet, ces voitures et ces wagons auraient été nécessairement plus pesants dans leur construction, et leur grande capacité n'aurait aucunement servi, car si le trafic total actuel ne peut remplir que seulement la moitié de la voiture, le matériel proportionné à la voie serait seulement rempli au tiers ou au quart. Le même raisonnement s'applique sur une moins grande échelle, à la voie de 4 pieds 8½ pouces. Le matériel n'est pas et ne peut jamais être pleinement chargé par le trafic général ; et cependant on est conduit à lui donner plus de capacité, pour qu'il soit dans un bon rapport avec la largeur de la voie ;—s'il était possible d'organiser le trafic d'une ligne donnée de manière qu'un matériel de juste proportion puisse toujours être remorqué avec un plein chargement, la cause que je défends serait loin d'être si clairement établie qu'elle ne l'est, mais il est impossible d'arriver à un pareil résultat. Nous avons vu dans quelles limites le rapport du poids mort au poids utile est avantageux sur les chemins de fer français, où le monopole mis en pratique réduit ce poids mort à un minimum, surtout en comparaison des lignes anglaises et américaines, où une libre concurrence force à une exploitation extravagante. Il est certain que dans le système actuel le poids mort augmente avec une exploitation rapide, et il ne pourra en être autrement, si le succès favorise l'association formée récemment à Paris pour forcer les compagnies à activer leur service.

Tout ce poids mort et l'énorme dépense qu'il cause, proviennent simplement de ce que le matériel roulant n'est pas bien proportionné au trafic. Le grand objet de la voie étroite est de faire disparaître cette disproportion, et de rendre L'UNITÉ DE CAPACITÉ AUSSI RAPPROCHÉE QUE POSSIBLE DE L'UNITÉ MOYENNE DE CHARGE UTILE ; par suite, le but est d'obtenir une meilleure proportion entre la largeur de la voie, les dimensions et le poids mort des wagons, et en même temps de combiner avec

ces avantages si désirés, une exploitation réunissant *célérité* et *efficacité*. Prenons un exemple : les voitures types des États-Unis, montées sur deux trucks à quatre roues, peuvent contenir 56 voyageurs ; elles sont à peu près de 46 à 48 pieds de longueur* et varient de 8 pieds 6 pouces à 10 pieds, de plus grande largeur† : elles pèsent vides 15 tonnes ; cela correspond à un poids mort de 4 pour un poids utile égal à 1 ; et si l'on considère que généralement les voitures sont seulement remplies à moitié, cela double le poids mort, et la moyenne du rapport du poids mort au poids utile pour le matériel à voyageurs sur les lignes de New-York est de 18 à 1. En Angleterre la situation est encore moins bonne. Passons maintenant aux voitures des lignes norwégiennes ; j'ose croire que M. Seymour ne mettra pas en doute ces résultats d'expérience. Le matériel de M. Pihl est un peu lourd, mais ses modèles les plus récents pèsent 4.6 tonnes et 3.9 pour donner une place suffisamment ample et confortable à 32 voyageurs. Ces poids donnent seulement des rapports, de 2.15 à 1 et 1.82 à 1 respectivement, en supposant que 15 personnes pèsent une tonne. Sur la ligne de Livonie le même rapport est de 2.5 à 1.

Sur celle de Novgorod il est de 2.7 à 1 ; sur celle de Dunedin et Port-Chalmers (Nouvelle-Zélande) il est de 1.75 à 1. On remarquera que les proportions norwégiennes sont les moins favorables ; cependant, si nous les comparons avec celles du matériel américain, nous trouvons qu'elles sont encore au delà de celles du général Buell ($\frac{47}{100}$ et $\frac{75}{100}$), basées sur le matériel de Denver et de Rio Grande.

Examinant ensuite les wagons ; je crois que la moyenne des dimensions et des poids dans les États-Unis peut s'estimer ainsi : wagons couverts, de 30 à 36 pieds‡ de long, $7\frac{1}{2}$ pieds à 9 pieds§ de large, 8 roues, et poids de 9 à 11 tonnes ; les wagons plate-forme pèsent environ le même poids ; les wagons

* 14 m. à 14m.60. † 2m.60 à 3m.05.
‡ 9m.19 à 11m. § 2m.39 à 2m.75.

les voyageurs sera respectivement de 1 à 4, contre 1 à 2.15, e pour les marchandises, de 1.8 à 1, contre 3 à 1.

Même si les proportions de poids mort étaient égales dans chaque cas, il resterait encore un grand avantage à la voie étroite, savoir : " la facilité qu'elle offre de proportionner efficacement et économiquement la contenance du wagon au poids qu'il a à transporter."

Supposant pour un moment que 200 voyageurs doivent être transportés avec des voitures du type américain, de 56 places chacune, et du poids de 15 tonnes ; il faudrait 4 voitures, de sorte que 3 seraient au complet et la quatrième aurait 24 places vides. Le poids mort total serait de 60 tonnes ; d'un autre côté, 7 voitures à voie étroite de 32 places et du poids de 4.6 tonnes, seraient nécessaires pour 200 voyageurs : ce qui donnerait 32.2 tonnes du poids mort. Dans le premier cas il y aurait 24 places vides dans les 4 voitures représentant 6 tonnes de poids parfaitement inutile, et dans l'autre cas il y aurait aussi 24 places vides représentant 3.42 tonnes de poids inutile. En supposant qu'on ait à transporter 180 voyageurs, il faudrait 4 voitures à voie large, du poids de 60 tonnes, mais 44 places d'une voiture seraient vides, le poids inutile serait alors de 12.5 tonnes ; le même nombre de voyageurs pourrait être transporté par 6 voitures de la voie étroite, pesant 27.6 tonnes ; il y aurait seulement 12 places vacantes, ou 1.72 tonnes de poids inutile. Pour le trafic à voyageurs, je n'ai nullement besoin de pousser plus loin cette comparaison quoique je puisse le faire pour montrer que, si le montant des places offertes n'excédait pas les besoins (et c'est par le matériel à voie étroite seulement qu'une telle approximation peut être obtenue), ces quantités de poids mort seraient encore plus réduites, et d'aussi grands rapports que ceux de 18 à 1 ne sauraient exister. Au pis-aller, dans le cas où le nombre des voyageurs n'excéderait que de 1 la capacité d'un nombre donné de voitures, les proportions seraient encore

[illegible] de la voie étroite, indépendamment de la [illegible] par voiture.

[illegible] Il est [illegible] l'avantage [illegible] de la voie étroite. Plus loin je ferai une comparaison entre les deux systèmes, en supposant autant que possible la voie large [illegible] et ne servant de [illegible] les chemins [illegible] que ne servir seulement [illegible] de la [illegible] des lignes [illegible].

M. Serpollet [illegible] vous ne pensez de la voie large. [illegible] considérer la question de la voie étroite [illegible] au point de vue de [illegible] seulement et ne [illegible] pas au fait de la considération des dépenses [illegible] l'emplacement et le poids du matériel roulant d'une ligne. Mais, en pratique, c'est un bien minime considération et la voie étroite pourrait supporter d'être [illegible] sur la même largeur d'assiette que la voie large et lui [illegible] de beaucoup supérieure. La mise de l'économie résultant de l'emploi d'une voie et un petit matériel, recevant des chargements le maximum et se rapprochant autant que possible des limites mises par la pratique aux chemins de fer. L'économie de poids mort résultant de l'avantage que procure la voie étroite sous ce rapport, unie à la puissance développée par la machine locomotive Fairlie, pouvant remorquer d'aussi grands chargements, avec une vitesse aussi grande que sur les meilleures lignes américaines, tout cela doit certainement disposer les esprits impartiaux en faveur des avantages de la voie étroite.

J'ai déjà montré qu'il est impossible de construire un wagon à voie large convenablement proportionné [c'est-à-dire de 7 pieds (2m.14) de largeur et 14 pieds (4m.27) de longueur], aussi léger et en même temps aussi fort qu'un autre pour une voie de 3 pieds (0m.91) ou 3 pieds 6 pouces (1m.06) ; sous le rapport du poids mort, je ne crois pas qu'on puisse discuter ce que j'avance. Personne n'osera dire qu'il est plus économique d'employer des wagons pesant 4 tonnes, pour porter une

moyenne de 2 tonnes, pendant que leur capacité est de 8 tonnes, de préférence à des wagons pesant seulement deux tonnes, avec un maximum de capacité de 6 tonnes pour le même poids utile à traîner. Supposez que ces petits wagons pesant moitié des grands, et offrant les deux tiers de la capacité des plus grands, portent la même moyenne de poids, que devient alors cet argument de M. Seymour où il demande un surcroît de wagons et un surcroît de longueur de train? Ne s'ensuit-il pas que, avec les conditions posées, il ne faudra pas un seul wagon de plus dans un cas que dans l'autre ; et, quant à la longueur, le train composé du même nombre de wagons, ne doit-il pas être réduit aux deux tiers de la longueur qu'aurait le train de la voie large, en supposant que les wagons aient la même largeur dans les deux cas? Et s'ils sont réduits de 20 pour cent en largeur, le train ayant la même capacité utile, sera encore de 14 pour cent plus court que le train sur la voie large.

La moyenne du poids des marchandises sur les lignes du système actuel est au plus la moitié de celui des wagons qui servent à les transporter; cela restera toujours un fait acquis, aussi longtemps que de telles lignes existeront, n'ayant à desservir qu'un trafic secondaire ; la proportion entre le poids utile et le poids mort s'accroîtra par la concurrence, et là où il y aura concurrence on trouvera encore que la voie étroite rend le plus de services.

Pour démontrer ce fait, je prendrai la question du trafic de charbon qui donne, dans une direction au moins, un chargement maximum.

Les wagons ordinaires de la voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$) pèsent en moyenne 4 tonnes et portent 8 tonnes, ce qui est la meilleure proportion de chargement, actuellement, relativement au poids du wagon. Avec les wagons de la voie de 3 pieds 6 pouces ($1^{m}.06$) et qui ont 7 pieds ($2^{m}.14$) de large, pesant 2 tonnes et en portant 6, nous avons 50 pour cent de charge portée en plus par unité de poids de wagon, et il est clairement

plus économique d'employer des wagons de 2 tonnes retournant à vide que les wagons de 4 tonnes. Il est possible que M. Seymour puisse objecter que si je construis sur la voie de 3 pieds 6 pouces [illegible] des wagons du double de la largeur de la voie, il pourrait faire de même avec les wagons pour la voie large, mais il ne peut faire cela sans surcharger ses roues et ses essieux dans une dangereuse proportion. Une charge de 12 tonnes est généralement le poids que les essieux d'à-présent peuvent supporter sans danger : en outre, par là, il augmenterait seulement son poids mort. Je puis remarquer ici que les ennemis de la voie étroite, tout en niant les avantages qu'on lui attribue, affirment en général, à mesure que chaque point est discuté, qu'on peut atteindre le même but mieux et à meilleur marché sur la voie large. Est-il affirmé que les lignes à voie étroite sont moins coûteuses en construction : ils peuvent faire une voie large à aussi bon marché ? Le matériel roulant peut-il être fait plus léger pour la voie étroite, on peut le faire aussi léger sur la voie large ? Peut-on l'exploiter plus économiquement, avec tels et tels changements on peut faire une économie égale sur les lignes qu'ils recommandent : et cependant ces ennemis de la voie étroite, tandis qu'ils n'hésitent pas à avancer et à maintenir les plus étranges assertions quant à la construction et l'exploitation d'une voie large peu coûteuse, assertions qui ne peuvent être justifiées ni par l'expérience ni par le sens commun, objectent, comme une de leurs principales raisons contre ce changement, que l'expérience d'un demi-siècle ne doit pas être effacée devant de nouveaux principes, erronés selon eux, sans doute *en raison* de leur nouveauté. Ils oublient que la voie étroite a été établie depuis longtemps et avec succès, et qu'ils contredisent leurs principes fondamentaux en proposant toutes sortes de choses en faveur d'une dimension que l'un de ses partisans affirme avoir été adoptée par George Stephenson dans " un moment d'inspiration."

Mais l'argument le plus ingénieux ne peut changer ce fait

que sur les lignes les plus occupées on ne peut trouver un trafic assez grand pour remplir le matériel actuel qui, dès l'origine, a été fait beaucoup trop petit pour la largeur de la voie. Et comme je l'ai montré, même sur les lignes industrielles, la voie étroite obtient un grand avantage. M. Seymour dira qu'il peut faire son wagon plus petit ; dans ce cas, il lui faudra nécessairement adopter une base de roues plus petite, donnant moins de stabilité et offrant plus de dangers ; et néanmoins il aura encore un excédant de poids mort. En outre, produire de tels arguments équivaut à admettre la supériorité de la voie étroite, qui rend le plus de services avec un minimum de dépenses.

J'ai dit que d'après le système français, le matériel est mieux utilisé que sur presque tous les autres chemins de fer du monde, vu le monopole dont jouissent en pratique les compagnies, et j'ai posé que le rapport du poids utile au poids mort est d'environ 2 à 1. En 1868 les statistiques du service des marchandises donnaient, sur les six grandes lignes, les résultats suivants :

Parcours total des trains, environ 3,000,000 milles (4,800,000 kilomètres).

Nombre total des tonnes transportées par unité de distance, 880,000,000 tonnes-milles (1,408,000,000 tonnes-kilomètres).

Poids moyen de marchandises et de poids mort par train, 294.791 tons (294.791 tonnes).

Ce dernier nombre est formé de 127.598 tonnes de poids payant, ce qui donne un rapport de 43.2 pour cent entre le poids mort et le poids utile, soit moindre que $\frac{1}{2}$ à 1.

Le poids du véhicule rapporté à la tonne de marchandise transportée était 1.310 tonnes, c'est-à-dire que le poids mort par train était 167.153 tonnes, soit 33 wagons pesant 5 tonnes chacun ; or ils sont construits pour porter 10 tonnes, il y a donc seulement une moyenne de chargement utile de

[illegible] dans les circonstanc[illegible]

[illegible] le résultat eût [illegible] les marchandi[illegible] [illegible] de poids pay[illegible] [illegible] le poids utile [illegible]

[illegible] mar humilise transport[illegible] [illegible] poids mort par trai[illegible] [illegible] tonnes chacun. e[illegible] [illegible] moyenne de charge-[illegible] le poids mort dans [illegible] pour les cir-[illegible] le poids mort [illegible] serait seule-[illegible] large. Les [illegible] d'environ [illegible] sur ce [illegible] les mar-[illegible] lieu de [illegible]

[illegible] hes [illegible]

mais je dis le plus hautement possible que cette différence est très-considérablement exagérée, quoique non à dessein, par les partisans de la théorie extrême de la voie étroite.

"Quand, en 1847, ce sujet était discuté devant la Compagnie de New-York et de l'Erie, relativement au changement proposé de la largeur de 6 pieds (1m.83) en celle de 4 pieds 8½ pouces (1m.44), je sais que la question de dépense première de construction n'entra pas très-largement en ligne de compte; je me rappelle qu'il fut admis par les partisans respectifs de chaque largeur de voie qu'il ne pouvait y avoir moins de 5 et plus de 10 pour cent en faveur de la voie étroite.

"La troisième raison donnée par votre ingénieur en chef, semble n'avoir que peu, pour ne pas dire point d'application à son argumentation en faveur de la voie étroite contre la voie large. Elle paraît plutôt introduite dans le but de montrer ou d'affirmer qu'un train sur la voie étroite peut atteindre autant de vitesse que celle que l'on atteint sur les chemins de première classe. Quand il admet que la vitesse de 35 à 45 milles* à l'heure peut être atteinte sans danger, je le crois dans l'erreur, parce que je ne crois pas qu'on puisse adopter un tel degré de vitesse avec parfaite sûreté sur aucun chemin de n'importe quelle largeur de voie.

"Avec la voie en parfait état et des voitures de largeur et de hauteur bien proportionnées, JE NE VOIS PAS POURQUOI UNE MACHINE DE FORCE SUFFISANTE NE REMORQUERAIT PAS UN TRAIN AVEC AUTANT DE VITESSE ET DE SÉCURITÉ SUR UNE VOIE ÉTROITE QUE SUR UNE VOIE LARGE; quoique je pense qu'il soit généralement admis que dans les conditions ordinaires de nos routes et de notre matériel roulant, une voie large est la plus sûre pour de grandes vitesses.

"La cinquième et dernière raison de votre ingénieur en chef est le *grand argument* généralement employé par les partisans de la théorie de la voie étroite. Cependant je la crois la plus faible, et si des expériences pouvaient se faire, cet argument serait le plus aisément détruit de tous ceux qui ont été avancés en sa faveur.

"Mais la grande difficulté ici est d'appliquer l'expérience convenable. Si nous pouvions trouver deux routes parallèles construites avec longueurs, rampes, courbes égales, mais de différente largeur, et que nous puissions obtenir un même nombre donné de

* 56 à 72 kilom. à l'heure.

voyageurs et de marchandises de même espèce à transporter sur chacune d'elles dans un temps donné; de plus si l'on nous permettait de faire des essais sur le mode d'exploitation le plus économique, le problème serait résolu sans doute possible.

"D'un autre côté, si une ligne principale avait été construite selon la largeur recommandée par votre ingénieur en chef, et eût servi à un trafic mixte de marchandises et de voyageurs pendant nombre d'années ; si les résultats pouvaient être comparés à ceux d'une autre ligne semblable ayant la largeur ordinaire, et dont le chiffre et le mode d'affaires seraient identiques, nous pourrions alors fournir des données qui serviraient de base à une discussion.

"Mais comme nous n'avons aucun de ces exemples devant nous, chacun a le droit de former ses opinions d'après son propre point de vue, de les soutenir de la manière et pour l'objet qui lui conviennent, et sans crainte, en apparence, d'être contredit avec succès.

"On observera que toute l'argumentation est purement spéculative et qu'elle est basée sur de pures suppositions au lieu de l'être sur des faits dont l'existence soit reconnue.

"Votre ingénieur en chef suppose, comme sa cinquième et dernière raison, que la proportion du poids mort au poids utile, est $\frac{47}{100}$ sur la ligne de 3 pieds 6 pouces (1m.06), et que la même proportion pour la voie de 4 pieds 8½ pouces est $\frac{75}{100}$, faisant une différence de $\frac{28}{100}$ en faveur de la voie étroite.

"A un autre moment il suppose que les proportions du poids mort au poids payant sont 100, sur la ligne de 4 pieds 8½ pouces (1m.44); sur celle de 3 pieds 6 pouces (1m.06), 48, et sur celle de 3 pieds (0m.91), 56.

"Il dit aussi: 'Dans les calculs ci-dessus j'ai supposé pour la voie de 4 pieds 8½ pouces *le wagon fermé actuellement en usage ;* pour la voie de 3 pieds 6 pouces *le wagon fermé tel qu'il est projeté dans ce rapport ;* pour la voie de 3 pieds *le wagon fermé tel qu'on le construit* aux ateliers des voitures de Wilmington, *pour la ligne de Denver et de Rio-Grande.*' J'ai mis en italiques les portions des citations ci-dessus, sur lesquelles je désire spécialement appeler l'attention; et je ferai seulement remarquer que '*le wagon fermé en usage actuel*' a été parfaitement éprouvé et cela pendant beaucoup d'années, et on a trouvé qu'il répondait admirablement bien à l'attente; *le wagon fermé*

projeté dans le rapport existe seulement en théorie et sur papier, et le *wagon fermé construit pour la voie de Denver et Rio-Grande*, si toutefois il le fut, n'a jamais été suffisamment employé pour essayer sa force ou sa durée.

"Les gares terminus du Chemin central de l'Etat de New-York et de l'Erie, ne sont pas loin de votre bureau. La différence entre leurs voies est plus grande que celle des voies de 3 pieds 6 pouces et de 4 pieds 8½ pouces. Le trafic est en général le même, et il faut supposer que leur matériel roulant a été construit comme poids et dimensions, en rapport avec la largeur de leurs voies respectives. Je me permettrai donc de demander s'il n'aurait pas valu autant pour votre ingénieur en chef avoir obtenu, de ces sources, des faits avérés sur lesquels il pourrait baser ses arguments, au lieu de le faire entièrement sur de simples suppositions.

Paragraphes 33 *à* 41.—"Mais comme il n'a pas agi ainsi, et ne donne aucune raison pour cette différence apparente entre le poids mort et le poids payant sur les voies différentes, je lui demanderai pourquoi cette proportion est-elle nécessairement plus grande sur la voie de 4 pieds 8½ pouces et moindre sur la voie de 3 pieds qu'elle ne l'est sur celle de 3 pieds 6 pouces? Un des partisans nombreux de cette théorie de voie étroite, ou bien lui-même, entreprendra-t-il de démontrer pourquoi une plateforme de 10 pieds carrés capable de porter un maximum donné de poids, serait-elle nécessairement *de plus* du double en poids et en force qu'une autre de 10 pieds de longueur et de 5 pieds de large, capable de porter juste une fois et demi le même maximum de poids? En outre si un truck ordinaire à 4 roues, de bonne proportion avec la grandeur et le poids des plateformes respectives chargées, devait être placé sous chaque plateforme, pourquoi faudrait-il nécessairement une force deux fois plus grande pour mouvoir la plus grande qu'il n'en faut pour la plus petite plateforme?

"On peut considérer ces questions comme oiseuses et de peu d'importance, et cependant malgré leur simplicité, je me trompe fort si elles n'atteignent et ne détruisent pas les fondements de cette théorie de voie étroite, en tant qu'il est question de ce grand argument *de poids mort*.

"Dans l'absence d'expériences actuelles ou d'autres démonstrations, je hasarderai l'opinion que la plus grande plateforme, si on la construit de force égale et proportionnée aura, deux fois *moins*

de poids que la plus petite, et qu'une force deux fois *moindre* la mettra en mouvement.

" Si mon idée a quelque chance d'être correcte, pourquoi ne pas faire alors un essai si simple et si peu coûteux, au lieu de dépenser des millions de dollars, pour ce qui peut être regardé comme une théorie très-incertaine. L'essai peut se faire à tout moment, sur une route et une voie quelconques, en tenant compte de la petite quantité de longueur non nécessaire et de l'excédant de grosseur des essieux mis sous la petite plateforme ; et les plateformes d'essai devront être de la dimension relative convenable pour fournir la superficie ainsi que les fusées demandées pour leur largeur de voie respective.

" Cette simple expérience déciderait selon moi toute la question, par cela même que ces plateformes expérimentales et ces trucks soutiennent tout le poids superposé et le transmettent directement à l'infrastructure, soit que ce poids consiste en une longueur additionnelle de plateforme, ou dans la superstructure du wagon, soit qu'il consiste en un chargement utile, ou en voyageurs.

" Je maintiens que le wagon plat à double truck, ou plateforme, est seulement la représentation d'une série de plateformes convenablement attelées ensemble, et consolidées au milieu par une tige de tension en fer ; et que le wagon fermé, les voitures à voyageurs et les salons, sont seulement ces plateformes et leurs extensions, recouvertes d'une manière appropriée à leur emploi respectif. Il me paraît évident que cette superstructure au-dessus de la plateforme qui renferme l'espace nécessaire pour protéger le chargement, ne doit pas être plus lourde sur la voie plus large, que la proportion justement due à un tonnage plus élevé, ou a un nombre de voyageurs plus grand à abriter. S'il existe des doutes sur ce point, la chose peut facilement s'arranger en étendant la partie de l'essai proposé avec les plateformes de manière à comprendre des wagons couverts et des voitures à voyageurs de la longueur, largeur, et hauteur proposées pour les largeurs de voies respectives.

" Mais, admettant pour le moment que tous les avantages en faveur de la voie de 3 pieds 6 pouces sont ou paraissent être justement dus à cette voie, je maintiendrais encore qu'à l'exception d'une légere addition sur la voie large pour dépenses additionnelles de construction, on peut réaliser ces avantages avec

une économie et une sécurité plus grandes en employant le même type de matériel roulant sur la voie de 4 pieds 8½ pouces ; en outre ces avantages, s'ils se réalisaient sur la voie plus large, balanceraient et de beaucoup les frais additionnels de construction.

"Nous avons montré que la dépense additionnelle de construction pour la voie la plus large, est très-faible, et n'excéderait probablement pas 5 ou 10 pour cent. Pour adapter le matériel roulant recommandé par votre ingénieur en chef à la plus large voie, il faudrait seulement rallonger les essieux de 1 pied 2½ pouces (0m.38) ; *le poids de cet excédant de longueur d'essieu et son prix sont, je le maintiens, les seuls points qui, dans un pareil arrangement, puissent à juste titre donner lieu à une augmentation* DE POIDS *ou de dépense.*"

Ayant déja démontré et clairement, selon moi, que les suggestions des paragraphes ci-dessus mentionnés sont tout-à-fait impraticables, et en réalité tendent seulement à montrer que le matériel roulant proposé par le général Buell est mieux adapté aux besoins du trafic que le matériel ordinaire de la voie large, je puis parler un peu des avantages que l'on peut obtenir d'après M. Seymour, par l'adoption du matériel de la voie étroite, pour une voie large.

Ces avantages sont : "1° si l'on peut obtenir des avantages commerciaux par un échange de matériel avec des lignes reliées entre elles, vous seriez en état d'en profiter." Mais je trouve que M. Seymour est partisan du transbordement pour les lignes principales, car, pour prouver ce qu'il pose, il met en avant un argument du général D. C. McCallum, depuis plusieurs années chef d'exploitation du chemin de fer de New-York et de l'Erie. Le général McCallum dit : "Il a été aussi affirmé que *l'uniformité des voies* était nécessaire au transport économique des marchandises, et que l'abandon de l'uniformité conservée jusqu'ici entraînerait un surcroît de dépenses dans le chargement et déchargement des marchandises entre les chemins ayant des points de contact, mais dont les largeurs de voies sont différentes, parce qu'il leur

où il est non seulement incommode, mais encore coûteux de le faire. Telle a été l'expérience donnée par notre ligne, et nos comptes prouvent *qu'il a coûté à la compagnie près du double par mille pour la réparation des wagons appartenant à d'autres lignes qu'il n'en a coûté pour son propre matériel.* On a trouvé ces objections si sérieuses qu'il a été jugé nécessaire de discontinuer presque entièrement le système d'échange du matériel, bien que les lignes se rattachant à la notre fussent construites avec la même largeur de voie, en vue de ce but spécial.

"Quels que soient les avantages réclamés pour ce système dans son application à des tronçons courts formant la même ligne, ou à des embranchements se reliant à un tronc principal, je ne doute nullement qu'on ne puisse clairement prouver que pour les compagnies en possession du dernier, il n'y a rien à gagner, mais beaucoup à perdre, par un tel arrangement; et j'ose croire que l'expérience des directeurs de voies ferrées corroborera ma remarque qu'une voie de 500 milles de longueur avec une largeur de voie différente de celle de toute ligne indépendante qui s'y relie, jouit sous ce rapport d'une position très-enviable.

"Un état fidèle des dépenses du chargement et du déchargement fut dressé à la gare de Dunkirk, duquel état il ressort que la dépense est de 7 CENTS ENVIRON PAR TONNE; c'est une somme de beaucoup inférieure à celle du remorquage d'un excès de poids mort, de la réparation des wagons, de la détérioration de la machinerie, produites par l'échange des wagons."

Sans favoriser des opinions qui méritent de l'être, je puis montrer que les frais du transbordement de la marchandise, nécessités par le changement de largeur de voie, sont très-minimes, quoique je croie que tous les ennemis de la voie large (à l'honorable exception de M. Seymour) se soient appesantis sur ce point; ils se sont toujours efforcés de prouver que

la dépense de transbordement des marchandises ferait plus que contrebalancer par elle-même tous les autres avantages de la voie étroite. Ces partisans à la vue pénétrante, oublient qu'il n'existe pas de trafic sans transbordement, et cela accompagné des plus défavorables conditions ; en effet les marchandises transportées à la gare par des camions trainés par des chevaux, ne sauraient être chargées sur la voie ferrée aussi rapidement et à aussi bon marché qu'elles peuvent l'être d'un train dans un autre qui est à côté. La grande expérience acquise sur ce point prouve bien ce fait, non seulement par la pratique journalière du transbordement de marchandises, du camion dans les véhicules du chemin de fer à toutes nos grandes gares, mais encore sur toutes les lignes à voie étroite actuellement en activité.

Ainsi sur la ligne d'Anvers à Gand, le maximum de prix du transbordement est 3.11d. (fr. 0.42) par tonne ; sur une autre voie étroite belge c'est 1.5d. (fr. 0.15) par tonne ; on a trouvé que c'était 7 cents sur la ligne de New-York et d'Erie, en Suède 2d. (fr.0.20) par tonne, et un prix égal sur la ligne de Montepone ; M. Nördling a démontré que pour une ligne d'un trafic très-modéré il y a une économie marquée dans le transbordement quand la ligne a 2 milles de longueur (3 kilom. 2), l'économie s'accroissant rapidement en raison de l'augmentation de la longueur de la ligne et du montant du trafic. Mais M. Seymour et moi sommes si bien d'accord au sujet du transbordement que j'y fais allusion pour le profit de tous ceux qui pourraient être influencés par l'objection basée sur ce point.

Le second avantage allégué par M. Seymour est celui-ci : " Un train, comme un wagon, peut être traîné beaucoup plus facilement avec des roues de grand diamètre que sur roues d'un petit diamètre. La grande largeur de voie admet un diamètre de roues beaucoup plus grand, sous son matériel roulant *ordinaire*, que ne peut l'admettre la voie étroite ; toutefois, même avec la réduction proposée de hauteur

de voiture sur la voie large, les roues pourront être faites tellement plus grandes qu'on obtiendra une grande économie de force." J'avouerai mon incapacité à comprendre "cet avantage." M. Seymour veut-il dire qu'il se propose de faire un changement complet dans le matériel roulant américain, et de substituer des roues de grand diamètre à celle de 30 pouces ($0^m.75$) généralement employées dans les États-Unis? Il veut dire cela, je présume, puisque M. Pihl se sert de roues de cette même grandeur pour les chemins de fer norwégiens;* toutefois le mot, "matériel roulant *ordinaire*" nous conduirait à supposer qu'il désire donner à entendre que les roues du matériel roulant américain sont plus grandes que celles qu'on pourrait obtenir sur la voie de 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$). Je crois à la vérité que les roues du chemin de fer de Denver et de Rio-Grande ont seulement 24 pouces ($0^m.61$) de diamètre, dans le but de tenir le matériel roulant aussi près que possible des rails; et les voitures à voyageurs de Denver ayant 10 pieds 6 pouces ($3^m.20$) de hauteur, à quelle "réduction de hauteur proposée" M. Seymour fait-il allusion, et combien de diamètre en plus donnerait-il à ses roues, dans un cas ou dans l'autre? La seule supposition qu'il me soit permis de faire, c'est qu'une personne comme M. Seymour, exclusivement guidée par les précédents établis, n'a voulu proposer aucun changement radical; voudrait-il s'abaisser à considérer quelque chose existant seulement "en théorie et sur le papier," et aurait-il voulu dire qu'on effectuerait une économie importante en remorquant une voiture montée sur des roues de 30 pouces ($0^m.75$), mises au lieu et place de roues de 24 pouces ($0^m.60$),—nous pouvons facilement nous rendre un compte exact du chiffre de cette économie.

Sur une ligne droite et de niveau la résistance normale des wagons est composée de deux éléments:

1° Les frottements des roues;

* Mes véhicules pour voie de 3 p. ($0^m.91$) ont des roues de $0^m.76$ de diamètre.

2° La résistance de l'air.

Pour la petite vitesse on peut négliger le second cas et considérer la résistance comme due seulement à la résistance de friction, ce qui sera exprimé par la formule suivante bien connue

$$R = (p + p')f' + \left(p \times f'' \times \frac{d}{D}\right)$$

Dans laquelle :

p = poids du wagon sans roues ;

p' = poids des roues ;

d = diamètre des fusées des essieux ;

D = diamètre des roues ;

f' = coefficient de résistance au roulement des roues ;

f'' = coefficient de résistance au roulement des fusées des essieux, dans leurs boîtes à graisse.

Le coefficient $f' = 0.001$ selon Wood, et selon les expériences de Vuillemin, Guébhard et Dieudonné, la résistance d'un wagon marchant avec une vitesse de 0.62 à 3.1 mille par heure = 2.464 livres par tonne (de 2.240 livres) ; c'est presque celle donnée par M. Wood. Le coefficient $f'' = 0.018$ pour boîtes alimentées à l'huile. (Avec la graisse, $f'' = 0.032$).

Pour le matériel de Denver et de Rio-Grande,

p = 11,620 livres

p' = 3,380 „

d = 3.25 pouces ($0^m.081$)

D = 24 „ ($0^m.60$)

Alors $R = 15{,}000 \times 0.001 + \left(11{,}620 \times 0.018 \times \frac{3.25}{24}\right) = 43.32.$

Les roues de 24 pouces du matériel de Denver pèseraient 335 livres (165 kil.) chacune, et le poids des roues de 30 pouces serait de 440 livres (220 kil.). (Tel est, je le crois, le poids des roues modèles de fonte, employées dans les États-Unis.) La différence de poids au désavantage des huit roues plus grandes serait de 840 livres (420 kil.), l'augmentation de poids des essieux (supposant les mêmes sections dans chaque

cas) serait de 224 livres (112 kil.). Ajoutons à ceci l'augmentation de poids due à la voie large, dans le châssis du truck mobile, et qui serait égale au moins à 1,000 livres (500 kil.), l'accroissement de poids mort du matériel proposé par M. Seymour serait au moins d'une tonne. Nous aurions ainsi :

$$p = 12{,}620 \text{ livres}$$
$$p' = 4{,}380 \quad ,,$$
$$d = 3.25 \text{ pouces } (0^m.081)$$
$$D = 30 \quad ,, \quad (0^m.75)$$

Alors $R = 17{,}000 \times 0.001 + \left(12{,}620 \times 0.018 \times \frac{3.25}{30}\right) = 41.60.$

Ces résistances s'appliquent à de petites vitesses ; mais ce calcul est le même pour une vitesse quelconque, comme on le verra par la table suivante des résistances, formée par MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné :

Vitesse en milles par heure.	Coefficient de résistance par tonne (2,240 livres.)
21.7 - - - -	17.024
15.5 à 18.6 - - - -	14.112
12.4 ,, 15.5 - - - -	12.096
9.3 ,, 12.4 - - - -	9.632
6.2 ,, 9.3 - - - -	7.616
3.1 ,, 6.2 - - - -	5.6
0.62 ,, 3.1 - - - -	4.48
au démarrage - - - -	19.488

Cette " économie très-importante " se réduit seulement à 4 pour cent des résistances totales à petite vitesse ; or à mesure que les vitesses augmentent la part du frottement de roulement diminue, au point que, comme on peut le voir au moyen du tableau ci-dessus, et pour une vitesse très-modérée de 20 milles à l'heure, l'économie se réduit à $\frac{3}{4}$ pour cent.

Le véhicule ayant servi pour obtenir les résultats du tableau, était un wagon fermé, porté sur quatre roues, les essieux étant

graissés à l'huile; il pesait 12,100 livres. On voit par les chiffres ci-dessus que les résistances augmentent en raison directe de l'augmentation des vitesses initiales; si la vitesse initiale est doublée les résistances sont aussi presque doublées.

Le troisième avantage allégué par M. Seymour est celui-ci: "Ayant une plus grande base de voie, en proportion de la hauteur et de la largeur de vos voitures, les irrégularités dans la voie seront moins apparentes; et vous pourrez certainement lancer des trains à une aussi grande vitesse avec moins de danger, ou des trains de plus grande vitesse avec une égale sûreté que l'on ne pourrait le faire sur la voie étroite." Mais dans le paragraphe 24 nous trouvons que M. Seymour donne aussi comme son opinion: "qu'il n'y a aucune raison de croire qu'une machine d'une force suffisante ne traînera pas un train avec autant de vitesse et de sûreté sur une voie étroite que sur une voie large." Il démontre ainsi qu'il n'y a pas d'avantage spécial attaché à la modification qu'il propose.

Quatrième avantage: "La hauteur et la largeur du train étant inférieures à celles en usage général sur la voie large, il y aurait proportionnellement moins de résistance atmosphérique; on pourrait obtenir une plus grande vitesse avec la même force que vous n'en obtenez sur la voie ordinaire de 4 pieds 8½ pouces."

Cinquième avantage: "On dégagerait ainsi toute la question, ou du moins la partie qui a trait à la voie large, de la charge énorme du *poids mort* en excès (qu'elle a jusqu'ici été forcée de porter, au dire de ses adversaires) parce que, d'après cet arrangement l'excès de poids serait réduit simplement au poids dû à la longueur en plus des essieux."

La proposition de M. Seymour de placer un matériel de voie étroite sur une voie large prouve clairement que les avantages que j'ai mis en avant pour la voie étroite sont indiscutables, au moins pour ce qui concerne le matériel roulant. En fait, il

admet tout ce que je souhaitais lui voir admettre, la réduction de poids mort et la construction de voitures, dont la grandeur sera bien adaptée aux charges qu'elles ont à porter ; et comme il a en outre déjà exprimé son opinion, qu'un parcours sûr à grande vitesse peut être obtenu également sur les deux différentes voies, il me semble qu'il est à son insu un chaud partisan de la voie étroite ; autrement comment aurait-il pu m'aider à prouver mes dires aussi bien qu'il l'a fait ?

Je puis en peu de mots terminer cette question de matériel de voie étroite monté sur des châssis bons pour la voie large. En l'adoptant on ne gagnerait rien, et l'on perdrait beaucoup. Selon sa déclaration, M. Seymour ne gagne rien ni en sûreté ni en puissance, tandis qu'il perd considérablement dans les dépenses premières de construction de sa ligne, comme nous l'avons prouvé ; il a augmenté son poids mort, et demande de plus pesantes et plus puissantes machines pour faire un même travail donné qui peut être mieux fait sur la voie étroite. Il réfute le grand argument tiré du transbordement évité, en montrant que ce n'est qu'un simple sophisme. Mais quand bien même tous les autres points seraient également avantageux, il est évident que la grande économie dans les dépenses de construction est suffisante pour détruire la proposition de M. Seymour.

Paragraphes 42 à 44.—" En l'absence d'autres raisons, je pense que celles déjà données justifieraient pleinement les frais de la très-petite proportion de dépense additionnelle, et aussi la traction du très-petit montant de *poids mort* que cet arrangement entraînerait.

Je n'ai pas jugé important de m'appesantir sur la partie du rapport de votre ingénieur en chef dans laquelle il compare la voie de 3 pieds 6 pouces avec celle de 3 pieds. Je n'ai pas fait attention non plus à ses conclusions, à ses chiffres et ses explications concernant la grandeur, le poids et les proportions de machines, voitures, rails en fer, etc., ou concernant le centre de gravité, angle de stabilité, lois de l'équilibre, etc. La r

que je préfère que les partisans de ces théories de voies étroites de différentes largeurs arrangent tous ces détails entre eux ; en outre, si mes conclusions sont justes et les leurs erronées, quant aux principes généraux qui sont la base de toute la théorie de voie étroite, alors, ces détails sont relativement de peu d'importance.

"Je ferai cependant la remarque en passant, que si les comparaisons de votre ingénieur en chef entre les voies de 3 pieds 6 pouces et de 3 pieds sont bien fondées, elles tendraient beaucoup, non-seulement à affaiblir son argumentation contre la voie de 4 pieds 8½ pouces, mais encore, si on pousse le raisonnement assez loin, à détruire le prestige de la petite voie du Festiniog (du pays de Galles)."

Dans ses études du matériel roulant pour les lignes norwégiennes, M. Carl Pihl adopta des proportions qui lui permettaient d'avoir le même angle de stabilité que celui obtenu sur les lignes ordinaires de la voie de 4 pieds 8½ pouces.

L'angle compris entre les lignes menées du centre de gravité jusqu'aux rails pour un wagon ordinaire américain est plus petit que l'angle correspondant dans le matériel norwégien (voie de 3 p. 6 p.) pour lequel il varie de $40\frac{1}{2}°$ à $38\frac{1}{2}°$, suivant la position de la charge ; et ce résultat est obtenu avec des roues de 30 pouces ($0^{m}.75$).

Paragraphes 45 à 54.—"Votre ingénieur en chef a omis de faire valoir un des arguments en faveur des chemins de fer à voie étroite, qui est généralement avancé avec une grande obstination par les partisans de cette théorie, quoiqu'il soit entièrement d'accord avec eux sur le fait. Je fais allusion à l'avantage de la circulation facile dans les courbes. Il dit : 'J'admets que la voie de 3 pieds a un avantage pour tourner dans les courbes d'un petit rayon ; mais ceci n'est pas ici un argument, car quelle que soit la largeur de voie adoptée, je construirais la ligne aussi droite que possible, tout en faisant une juste part à la question d'économie.'

"Je me permettrai de faire observer que si la voie étroite possède l'avantage qu'on lui attribue sous ce rapport, c'est un argument très-puissant en sa faveur, par la raison que le maximum

de la charge qui peut être traînée sur un chemin de fer avec une force donnée, est déterminé autant par l'augmentation de résistance sur les courbes, que par l'accroissement de résistance sur ses rampes ; par conséquent, si cette résistance sur les courbes est moindre sur la voie étroite que sur la voie large, celle-ci doit certainement bénéficier entièrement de cet argument.

"Mais je crois que cet argument, comme la plupart de ceux qui sont avancés à l'appui de la théorie de la voie étroite, est entièrement erroné.

"Il y a deux sortes de résistance, imposées par une courbe à une machine et à un train, qu'on n'éprouve pas sur une ligne droite. L'une est produite par le boudin de la roue frottant le rail extérieur en surmontant la tendance directe ou tangentielle du train, et l'autre c'est le glissement des roues sur un rail d'une longueur égale à la différence de longueur des deux files de rails pour toute la courbe.

"La résistance due au boudin frottant contre le rail est maximum sur des courbes du plus petit rayon, et diminue à mesure que le rayon augmente, par la raison que l'angle de pression diminue. Avec une ligne d'axe d'un rayon donné, il est évident que plus le rail extérieur de la courbe est éloigné de cette ligne centrale, plus le rayon de la courbe du rail sera grand, et par suite la résistance sera moindre en raison de la plus grande largeur de voie.

"Le montant de l'excès de force nécessité parfois pour vaincre la résistance causée par le glissement des roues (soutenant la moitié de la charge) peut être regardé comme le même sur les deux voies ; toutefois l'espace de temps durant lequel (pour un degré de vitesse donné), cet excès de force doit être maintenu, est en proportion avec la différence de longueur des rails intérieurs et extérieurs de la courbe, et cette différence est naturellement un peu en faveur de la voie étroite.

"Pendant la discussion de la question de largeur de la voie devant la Compagnie de l'Erie, l'opinion de M. Robert Stephenson, donnée devant la commission parlementaire, fut citée par les partisans de la voie étroite, pour prouver que la résistance était plus grande sur les courbes de la voie large.

"La question suivante avait été posée à M. Stephenson : 'La friction latérale est-elle plus grande pour une voie que pour l'autre ?'

"Réponse de M. Stephenson :—"Toute friction latérale doit être plus grande, car elle est produite par l'angle fait par la roue avec le rail, et celui-ci sera plus grand pour la voie large que pour la voie étroite."

"On a répondu à cette proposition, et son erreur a été si bien démontrée par M. S. S. Post, qui remplissait les fonctions d'ingénieur et de directeur de la division de l'est de la ligne, que je prendrai la liberté d'annexer à ce rapport son argument pour votre instruction."

Les avantages de la voie étroite, quant aux courbes, sont aussi fortement accentués pour la construction dans les pays difficiles, que pour le service subséquent du trafic. La réduction de la base de roue des véhicules sur une voie étroite rend praticable l'emploi de courbes qui seraient inadmissibles sur la voie large. Or, l'adoption de courbes d'un petit rayon procure une réduction considérable dans la construction d'une ligne.

Je puis ajouter ici quelques mots à propos de l'effet des courbes sur la résistance des trains. Les résistances qu'ils offrent dépendent surtout de la nature du matériel roulant employé et dans un degré moindre, de l'élévation du rail extérieur et de la vitesse. Avec des courbes bien calculées, et un bon matériel roulant, un train devrait traverser une courbe sans résistance spéciale. La réunion des circonstances nécessaires pour produire le résultat désiré, se résume ainsi : 1°, les essieux devraient toujours être normaux à la courbe ; 2°, les roues de chaque essieu devraient tourner indépendamment l'une de l'autre, ou bien, si toutes deux sont calées sur leur essieu, la roue extérieure devrait être agrandie en proportion avec le plus grand développement du rail extérieur ; 3°, l'élévation du rail extérieur devrait être telle que l'inclinaison transversale de la ligne donne une composante intérieure capable de contrebalancer la force centrifuge à toute vitesse donnée. La force centrifuge, par rapport au poids d'un corps se mouvant sur un chemin circulaire, est $= \frac{L\,v^2}{32\,r}$, formule dans laquelle,

L = charge.
v = vitesse en pieds par seconde.
r = rayon de la courbe en pieds.
32 = force accélératrice due à la gravité.

De telle sorte que si on avait une charge donnée se mouvant avec une vitesse donnée autour d'une courbe d'un certain rayon, et donnant une force centrifuge $= \frac{1}{10}$ L, l'inclinaison transversale de la route devrait être comme 1 : 10, de manière à donner une tendance correspondante à se rapprocher vers le centre de la courbe.

Si les susdites conditions pouvaient être remplies, le passage des courbes sur une voie quelconque n'offrirait pas plus de résistance que celle que l'on rencontre sur le parcours des lignes droites, mais ceci est évidemment impossible ; les essieux ne sont pas maintenus dans une direction normale à la courbe, c'est pourquoi les roues doivent glisser sur le chemin extérieur ou le plus long, et par réaction les boudins doivent frotter contre les rails ; d'un autre coté la surélévation ne peut convenir qu'à une certaine vitesse, si celle-ci est dépassée, on obtient un frottement des boudins sur le rail extérieur ; si on ne l'atteint pas, le frottement se fera contre le rail intérieur.

La longue et rigide base de roue inséparable du matériel ordinaire à 4 roues (avec le truck ou bogie le cas est changé) n'est nullement convenable pour traverser des courbes raides, et est en majeure partie la cause de la grande résistance dans les courbes ; comme les résistances dans la pratique diminuent en raison inverse du carré de la base des roues, il est évident que le matériel de la voie étroite possède un grand et incontestable avantage sur l'autre. Ainsi une voiture d'une base de roue de 12 pieds ($3^m.66$) exerce une pression sur les rails quatre fois plus grande que ne le ferait une autre d'une base de 6 pieds ($1^m.83$) parce que le sinus-verse de l'arc correspondant à de telles cordes que celles dont nous avons parlé, est dans la

[illegible] correspondant à une corde de 6 pieds [illegible] [illegible]

Quant à l'autre cause de résistance, le glissement des roues sur le rail extérieur, prenons le cas d'un train de 200 tonnes étant à une vitesse de 20 milles (32 kilom.) à l'heure, parcourant une courbe d'un rayon de 20 chaînes* et ayant pour longueur le huitième du cercle complet, la voie étant de 4 pieds 8½ pouces, et le rail intérieur ayant une courbe de 10 chaînes. La différence en longueur des deux files de rail pour une voie quelconque et sur toute courbe = 3.141 × 2G (G étant la largeur de la voie) pour un cercle complet. Dans notre hypothèse du cas d'une courbe d'un huitième de cercle, la longueur en excès du rail extérieur serait 3.7 p. (1m.128) sur lequel les roues glisseraient en portant la moitié du poids du train. Prenant le coefficient de glissement égal à un cinquième, il y aurait 20 tonnes = 44.800 livres de résistance sur une longueur de 3.7 p., et donnant 165.760 livres de travail par pied parcouru; mais la moyenne de la longueur de la courbe étant 520 pieds, le temps employé à la traverser à la vitesse indiquée, serait 20 secondes, et le travail excédant dépensé serait $\frac{165.760 \times 3}{33.000} = 15$ chevaux-vapeur. Sur une voie de 3 pieds 6 pouces la réduction en longueur du rail extérieur et du poids mort du train réduirait à près de moitié l'excédant de force requis. A mesure que le rayon des courbes diminue, les résistances augmentent, mais elles sont moins longues, et le temps employé à les traverser est aussi réduit, de sorte que l'augmentation de force n'est demandée que pour un laps de temps plus court; la voie étroite offrant, comme nous l'avons vu, beaucoup moins de résistance due au glissement sur le rail extérieur, elle préserve par suite plus longtemps les roues et les rails; le point le plus important à considérer est le minimum de rayon qui peut être adopté sur la voie étroite et sur la voie large; on

* 200 mètres environ.

verra que la première offre un grand avantage sur la dernière. J'ai déja montré qu'il est impossible de réduire la base de roue du matériel roulant ordinaire aux dimensions permises par la voie étroite, et j'ai dit que les résistances de base de roue augmentent dans la pratique en raison du carré de la longueur de la base des roues. Il est alors évident que sous ce rapport la voie étroite se prête plus complètement aux conditions à remplir : et comme réduction de résistance est synonyme d'augmentation de durée des rails et du matériel roulant, je pense qu'il est évident que les petites courbes permises par la voie étroite ont un grand avantage.

Paragraphes 55 à 65.—"Je vous ai ainsi donné en détail mon opinion relativement aux recommandations du général Buell, votre ingénieur en chef, contenues dans son rapport, et je crains que ces opinions n'aient été parfois exprimées plus franchement que cela ne pourrait plaire soit à vous, soit à lui.

"Comme vous le savez, j'ai été élevé dans l'école de la voie large, ayant passé la première partie de ma vie professionnelle sur ce qui est maintenant le chemin de fer de l'Erie, ses embranchements et ses additions, et cela à l'époque où vous étiez alors un actif et très-distingué directeur de la même compagnie. Vous pouvez alors faire la part que vous jugez convenable pour mes anciens préjugés, dans tout ce que j'ai dit ou je puis dire à ce sujet. Je n'ai pas conscience cependant de m'être laissé aller à un sentiment de préjugé ni d'intérêt, mon seul désir étant d'arriver autant que possible à reconnaître la vérité.

"Vous m'avez fait l'honneur de me demander mon opinion écrite concernant la question suivante : 'Si un chemin de fer de première classe, présentant même vitesse, même confort pour les voyageurs, et même capacité pour les marchandises, que présentent les voies actuellement en usage général, peut être construit sur une voie étroite ; et, s'il en est ainsi, quelle voie recommanderiez vous ?'

"En discutant une question de cette importance on devrait se rappeler que l'adoption générale de la voie de 4 pieds 8½ pouces, dans ces pays-ci et en Europe, n'est pas le résultat du hasard ou de l'absence d'études et d'investigations sérieuses.

"Quand M. George Stephenson conçut la grande idée d'adapter la force de la vapeur au transport par voie ferrée, il est vrai que l'idée prédominante de son esprit pratique n'était pas tant l'établissement de la voie la plus utile et la plus économique que la substitution de la vapeur à la force des chevaux ; mais les lignes et les wagons sur lesquels on avait à appliquer cette nouvelle force motrice, avaient déjà été construits à la largeur de 4 pieds 8½ pouces ; une longue expérience avait prouvé que ces chemins étaient les meilleurs et les moins coûteux que l'on pût avoir pour l'emploi de la force des chevaux. M. Stephenson ne trouva pas de difficulté à adapter sa machine et sa puissance à cette voie ; il l'adopta et la recommanda pendant sa vie si longue et si féconde en événements. Elle devint bientôt la voie dominante en Angleterre, et comme les premières locomotives employées aux Etats-Unis furent construites en Angleterre, cette largeur de voie devint naturellement dominante dans ce pays-ci.

"Plus tard, la question de la largeur des voies fut l'objet d'une sérieuse investigation, en Angleterre, faite par une commission parlementaire devant laquelle M. Brunel et d'autres ingénieurs distingués recommandèrent une voie d'une plus grande largeur, pendant que M. Stephenson et autres défendirent la voie première de 4 pieds 8½ pouces, et cette voie fut à la fin approuvée par la commission.

"A une époque plus récente la question des voies fut discutée à fond par les ingénieurs les plus capables de ce pays-ci devant la Compagnie de New-York et de l'Erie ; cette compagnie, composée de quelques-uns des hommes les plus éclairés de ce pays, après avoir entendu les rapports les plus étendus sur ce sujet, donna son adhésion à la voie de 6 pieds qui avait déjà été adoptée.

"Une autre fois les chambres législatives de New-Jersey et de l'Ohio adoptèrent des lois fixant la largeur des voies ferrées dans leurs états respectifs à 4 pieds 10 pouces ($1^{m}.47$) dans le dessein, on le suppose, d'empêcher un échange de matériel roulant entre leurs propres voies, et celles des états limitrophes. Cette restriction cependant, sinon abolie de fait, l'a été en pratique par l'adoption sur une grande échelle de l'expédient très-contestable, sinon dangereux, du large-bandage (broad-tread), ou roue de *compromis* (compromise-wheel), qui permet à la même voiture de parcourir les voies de 4 pieds 8½ pouces et de 4 pieds 10 pouces.

"Dans plusieurs états du sud et aussi au Canada, des voies de 5 pieds ($1^m.51$) et de $5\frac{1}{2}$ pieds ($1^m.68$), ont été adoptées en général et avec succès pendant de longues années.

"La charte primitive de la compagnie du chemin de fer Union-Pacific statuait que le président des Etats-Unis donnerait sa décision sur la largeur de la voie. Etant alors occupé par le gouvernement à Washington, je fus prié par le secrétaire de l'intérieur de recommander une largeur de voie devant être adoptée par le président. En conséquence, je recommandais l'adoption de la largeur de 5 pieds ($1^m.51$), qui fut approuvée. Le Congrès la modifia ensuite par une résolution spéciale en celle de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces, l'argument en faveur de ce changement étant que toutes les voies de l'Est qui s'y reliaient étaient de cette dimension, et qu'il eût été fatal à l'entreprise de créer l'obligation d'un transbordement à la rivière du Missouri.

"En présence de tous ces faits, il faut avouer qu'une grande quantité de sérieuses réflexions et investigations, d'expérience et de législation, ont été consacrées à l'étude de ce sujet ; mais jamais, en tant que cela est à ma connaissance, l'idée n'a été sérieusement énoncée de réduire la voie d'une ligne principale de chemin de fer, au-dessous de la limite de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces, avant que la présente remise en question du sujet n'ait donné du relief à cette idée."

J'ai reproduit ces paragraphes plutôt parce qu'ils contiennent un ou deux faits intéressants dans l'histoire des voies ferrées, que pour leur connexité avec le sujet en discussion ; mais je puis faire remarquer que l'assertion de M. Seymour, que M. George Stephenson "conçut le premier la grande idée d'adapter la vapeur aux transports par voie ferrée" est très-caractéristique, et fait voir qu'il est aussi peu soucieux des faits, qu'il est incorrect dans la plupart de ses déductions.

Paragraphes 66 à 71.—"Si cette théorie de voies très-étroites pour toutes classes de chemins de fer était démontrée bien fondée, il serait de notre devoir de faire des recherches et de voir si la même erreur radicale ne s'est pas glissée dans nos autres méthodes de locomotion, de transports, et les applications variées des forces

[illegible] chevaux de [illegible] les [illegible] devraient-ils pas être échangés [illegible] jeunes chevaux de [illegible] être même [illegible] de notre vé[illegible] Peut-être pas [illegible] de l'État [illegible] et non si larges. Les [illegible] devraient-[illegible] être agrandies en largeur? [illegible] pas si [illegible] de leurs énormes [illegible] pas construire [illegible] au lieu d'un [illegible] vingt machines [illegible] devraient-elles [illegible] une seule machine de cent [illegible]

[illegible] principes, et si [illegible] le dernier demi-siècle [illegible] nous devons nous hâter [illegible] erreur.

[illegible] cette question de largeur [illegible] confuse par l'emploi [illegible] termes scientifiques et de cinquante [illegible] c'est une simple question [illegible] sens commun.

[illegible] qu'une charge de foin se [illegible] une charge de pierres, parce qu'elle [illegible] parlez de centre de [illegible] de l'équilibre, cela deviendra [illegible] pour lui.

[illegible] qu'il peut transporter un [illegible] à une distance donnée, à meilleur [illegible] fort double [illegible] et non en se servant, avec le [illegible] de la contenance, [illegible] l'autre, soit en divisant son attelage et attelant un cheval à chacun des petits camions : dans le cas de deux petits wagons l'un derrière l'autre, il aurait deux fois autant d'essieux à graisser et de frottement à vaincre, et de plus

une moitié de sa charge au moins est trop loin derrière son attelage pour être traînée facilement ; dans le cas des deux chevaux attelés aux deux petits camions, non seulement il a deux fois le nombre d'essieux, mais il a encore un charretier en plus à payer ; mais si vous lui jetez à la figure les arguments de poids mort et d'excédant de force, il y a dix à parier contre un qu'il ne pourra comprendre un mot de ce que vous direz.

"Et cependant les grands principes qui devraient présider à la construction et à l'exploitation des chemins de fer, sont simplement ceux-ci, ou d'autres, d'une application également pratique, et rien de plus."

Il y a peu de chose à dire sur ces paragraphes ; les suggestions étranges de M. Seymour de réduire les dimensions de nos rues, voitures, vaisseaux, hôtels, etc., sont en dehors de la question, et, en vérité, il doit s'étonner lui-même d'avoir suggéré le véritable changement, savoir : la réduction de la grandeur des voitures, qu'il ridiculise ensuite.

Et si son ami "l'intelligent charretier" avait une charge pour seulement la moitié de la capacité de son "fort et double attelage avec un camion bien approprié," et si quarante fois sur cinquante son "bon et fort double attelage avec un camion convenable" porte seulement de 25 à 50 pour cent de sa capacité, que ferait alors l'intelligent charretier ? Eh bien ! au bout de six mois, s'il avait échappé à la banqueroute, il aurait divisé son "double et fort attelage avec son camion convenable" en deux autres de capacité suffisante pour prendre la charge moyenne, quitte à employer son second camion dans le peu d'occasions où il aurait à prendre plus que la charge moyenne. M. Seymour suppose bien peu d'intelligence à son charretier s'il s'imagine qu'il fera marcher les deux camions plus petits, lorsque la charge est insuffisante pour un seul.

Paragraphes 72 à 111.—"Appliquant ces principes à la question des largeurs actuellement en discussion, et me servant d'une expérience étendue et variée, tant dans la construction que dans

[illegible] sans force de conclure qu'une [illegible] peut-être construite et exploitée avec [illegible] cette largeur s'adapte [illegible] tous les éléments spécifiés [illegible] vitesse, le [illegible] de transport des marchandises [illegible] de facilité et d'économie que sur [illegible] plus large.

[illegible] suivant moi en plusieurs [illegible] :

[illegible] de construction.

[illegible] d'entraînage ou de [illegible]

[illegible] de traction.

[illegible] d'une largeur de voie commune à [illegible]

[illegible] admet que les avantages [illegible] mais sont loin d'atteindre [illegible] de l'extrême [illegible]

[illegible] affirme que les avantages [illegible] en faveur de la voie large, qu'ils l'emportent [illegible] sur les plus économiques de construction.

[illegible] largeur du matériel roulant adapté à la voie [illegible] sérieuse et atten- [illegible] à meilleur marché, et avec [illegible] au confort et à [illegible] matériel roulant présentant les mêmes [illegible] sûreté, confort et capacité, pour la voie [illegible] vitesse, l'économie et de sûreté étant obtenues [illegible] marche.

" La comparaison qui est constamment faite, par les partisans de la théorie de la voie étroite, entre le poids et la capacité du matériel roulant requis pour leur voie favorite, et celui qu'on emploie en général sur les lignes à voie large, dans ce pays-ci et en Europe, est extrêmement injuste ; la raison est que les circonstances qui donnent le minimum de prix et de poids ont été obtenues pour leur propre voie ; chaque pouce d'espace est supposé être occupé *durant tout le parcours du poids payant ;* pendant que pour les voies plus larges, ils adoptent pour faire

leur comparaison un matériel mélangé dont ils relèvent strictement la dépense et le poids, employé à volonté soit pour le trafic local soit pour le transit, parfois à charge entière, parfois chargé en partie, parfois entièrement vide, selon la nature du trafic, ou les circonstances qui gouvernent le trafic du chemin.

"Ils semblent s'imaginer que toutes ces occurences seraient évitées sur la voie étroite, mêmes s'ils faisaient le même genre d'affaires.

"Mais que l'épreuve que j'ai suggérée plus haut soit appliquée à cette question, et je serai très-heureux d'en constater le résultat.

"Je suis tout porté à admettre qu'une grande quantité de poids mort et inutile, occasionnant un surcroît de frottement nuisible et désavantageux, est journellement remorquée sur nos lignes. J'espère aussi que la publicité donnée à ce sujet, en amènera l'amélioration, si rien de mieux ne sort de là. Au besoin je pourrais appuyer cette proposition en citant le poids énorme et inutile de quelques-unes de nos voitures à voyageurs, salons, wagons-lits, relativement au petit nombre de personnes qu'elles transportent. Beaucoup d'entre-eux sont aussi lourds que la machine qui les remorque, et souvent il faut les atteler tout contre la locomotive, afin de pouvoir les traîner.

"Il m'est difficile d'admettre que cet inconvénient doive être imputé à la largeur de la voie. Il résulte de la '*large voie*' où sont entrés les directeurs de quelques-unes de nos lignes, ainsi que des flatteurs du goût public, qui se sont interposés entre le public et les actionnaires constructeurs de la route, et qui donnent la possibilité de remorquer les voitures précitées. Cet inconvénient se présenterait aussi bien sur une petite voie que sur une autre."

Il me paraît inutile de discuter ces conclusions de M. Seymour, parce que je les ai déjà complètement réfutées, et j'espère avoir prouvé que les avantages de la voie étroite existent réellement avec toute l'importance que je leur ai assignée. Je prie de remarquer que je ne me suis pas placé dans les conditions spéciales et manquant de justesse dont se plaint M. Seymour : au contraire, j'ai supposé que les conditions du trafic étaient les mêmes dans les deux cas.

"Quant à la troisième proposition, relative à la comparaison de la dépense et de la puissance de locomotion sur les différentes largeurs de voies, je vous prierai de vous reporter, 1° pour les résultats actuels de la voie de 6 pieds, à l'extrait ci-annexé du rapport du général McCallum, sur la ligne de New-York et de l'Erie, et 2° pour les résultats actuels de la voie de 4 pieds 8½ pouces à un document que je dois à l'obligeance de M. H. Stanley Goodwin, directeur général adjoint de la ligne de la vallée de Lehigh, que l'on trouvera aussi dans l'appendice. Mais quant aux voies étroites, je suis malheureusement forcé de vous prier de vous borner aux résultats *de la théorie et des hypothèses*. Je ne les regarde pas comme revêtus d'assez d'autorité pour que je puisse garantir l'exactitude de la comparaison avec des résultats connus sur les voies plus larges, ou même pour justifier les conclusions qui pourraient être tirées d'une telle comparaison.

"Il ressort du rapport du général McCallum :

"1° Qu'une machine de 66,050 livres de poids total, ayant 40,050 livres sur les roues motrices, traîna un convoi de 100 véhicules chargés pesant 3,423,150 livres sur une distance de 1 mille, franchissant une hauteur de 6.14 pieds, et traversant une courbe de 5,730 pieds de rayon, et cela en 11½ minutes.

"2° Que la même machine tira un train de 22 voitures chargées pesant 753,082 livres pendant 1 mille, sur une rampe de 60½ pieds, et une courbe d'un rayon de 1,146 pieds, en 6½ minutes.

"3° Que la même machine traîna un convoi de 25 wagons chargés pesant 870,250 livres, l'espace de 1 mille, sur une rampe de 52 pieds par mille et une courbe de 1,146 pieds de rayon, et cela en 6 minutes.

"4° Que la même machine remorqua un train de 23 voitures chargées pesant 800,330 livres, l'espace de 1 mille, sur une rampe de 60 pieds et une courbe d'un rayon de 1,637 pieds, et cela en 5 minutes.

"5° Que la même machine avec 24 voitures chargées du poids de 821,544 livres parcourut l'espace de 1 mille sur une rampe de 60 pieds, sans courbes, en 5½ minutes.

"6° Que la même machine traîna le même convoi, le mille suivant, sur une rampe de 58 pieds et sur une courbe de 3½° par 100 pieds en 8½ minutes.

"Il ressort de la lettre de M. Goodwin :

"1 Que les machines en usage sur la voie de la vallée de Lehigh sont de deux espèces : 1° la machine à 10 roues pesant 76,400 à 78,000 livres, en feu, dont 61,600 à 63,000 livres sont sur les 6 roues motrices, et le reste sur l'avant-train ; 2° l'autre espèce de machine, appelée 'Consolidation,' pèse 86,000 livres, en feu, dont 76,000 reposent sur 8 roues du diamètre de 4 pieds.

"2° Que la moyenne de poids des wagons à marchandises en usage général sur cette route est de $3\frac{8}{10}$ tonnes chacun, et que la moyenne de charge utile qu'ils portent est $5\frac{8}{10}$ tonnes chacun, faisant un total de $8\frac{8}{10}$ tonnes de wagon et de charge."*

Mais cette charge utile est seulement portée dans une direction, le poids payant par mille parcouru par les wagons n'est donc pas de $5\frac{4}{10}$ tonnes, mais de $2\frac{7}{10}$ tonnes.

"3° Le trafic le plus pesant sur cette voie règne sur 46 milles où le chemin est soit uni, soit en pente de 20 pieds par mille ; on trouve sur cette portion plusieurs courbes de 955 pieds de rayon.

"4° Sur cette section une même machine peut traîner aussi facilement le même nombre de wagons chargés dans un sens que de wagons vides au retour.

"5° Ce nombre est en moyenne, quant il fait beau, 150 wagons pour les machines à 10 roues, et parfois 200.

"6° Les machines du type 'Consolidation' ont remorqué 250 wagons sur la même route et pourraient probablement en traîner plus de 300, sans atteindre la limite de puissance des machines.

"7° Sur 12 milles d'une autre partie de la ligne, il existe une inclinaison de 96 pieds par mille, avec des courbes d'un rayon de 955 pieds ; sur cette rampe les machines à 10 roues traînent 22 véhicules chargés, pesant 194 tonnes, et les machines type 'Consolidation,' traînent 33 véhicules chargés pesant 290 tonnes.

"8° Sur une rampe de 146 pieds par mille et de 2 milles de longueur, les machines à 10 roues remorquent 37 voitures vides, du poids de 122 tonnes, et les machines 'Consolidation' traînent 55 voitures vides du poids de 182 tonnes.

"Le résumé synoptique ci-dessus contient peut-être tous les renseignements nécessaires pour établir une comparaison entre

* Notez ici la différence entre les *faits* et les *allégations*.

[illegible] recette relative de traction sur les voies de 6 pieds e[illegible] de 4 pieds 8½ pouces, et aussi pour en déduire logiq[illegible] comparaison entre la voie de 4 pieds 8½ pouces et le[illegible] étroites.

Les [illegible] contenues dans ces paragraphes [illegible] nécessaires, mais seulement comme do[illegible] sur [illegible] de certaines machines aux Etats [illegible]

[illegible] assera les partisans de la théorie de la [illegible] une pareille comparaison, et je terminerai par [illegible] que cette comparaison ne donnera pas [illegible] tant que d'autres preuves pratiques de [illegible] ne [illegible] mettre en évidence, d'une façon ho[illegible] [illegible] chemins à voie étroite, soit au point [illegible] [illegible] rapports, il ne faut pas mo[illegible] [illegible] le succès de la voie étroite, ni croire qu' [illegible] voie qui a rendu depuis tant de temps de [illegible]

[illegible] à la quatrième proposition, relative à la co[illegible] [illegible] est plutôt une question comm[illegible] [illegible] parlerai pas avec autant d'assuran[illegible] [illegible] je recommanderais pr[illegible] pouces comme la voie type de [illegible] partisan de l'égalité de large[illegible] [illegible] au chemin de fer [illegible] la nécessité du changement [illegible] de la marchandise.

[illegible] que le grand dommage et les inconvénien[illegible] de véhicules sur des milliers de milles, [illegible] contrebalancent souvent le p[illegible] des déterminants qui peuvent en résulter ; [illegible] comme à toutes les autres, il y a aussi des [illegible] pouvait connaître la vérité, on trouverait probab[illegible] actuelle d'uniformisation et de consolidation, e[illegible] résultat des désirs de certains directeurs ambitieux, voul[illegible] les lignes rivales par l'établissement d'agencements [illegible] qui les distancent, que le besoin de faire des [illegible] dans les frais de transport, motif généralement donné.

"Considérant que l'opinion d'un directeur pratique de chemin de fer, très-distingué et d'une bien plus grande expérience que moi sur ce sujet, doit avoir un bien plus grand poids que tout ce que je pourrais avancer, je joins en appendice un extrait d'un rapport très-remarquable fait en 1856, à la Compagnie du New-York et de l'Erie par le général D. C. McCallum, alors directeur de ce chemin ; il a été depuis lors, pendant la guerre de la sécession, directeur général de tous les chemins de fer militaires aux États-Unis ; le même rapport contient des faits importants et des arguments relatifs au sujet que nous considérons, à la puissance de traction, à l'économie comparée des transports sur différentes voies, et à l'effet que la largeur de la voie peut avoir sur le trafic possible ; par suite, je prendrai aussi la liberté d'en présenter ici des extraits pour votre propre édification."

Je m'associe entièrement à M. Seymour pour les remarques ci-dessus.

"Ayant exprimé une opinion si accentuée contre *toutes* les voies d'une largeur inférieure à celle de 4 pieds 8½ pouces, on regardera probablement comme plus qu'inutile de ma part de répondre à la conclusion de votre question, savoir : '*s'il en est ainsi, quelle largeur recommanderiez-vous ?*'

"J'espère cependant que l'on me permettra d'exposer les raisons qui m'avaient conduit à recommander la voie de 5 pieds (1m.52) pour la ligne de l'Union du Pacifique et ses branches.

"Je croyais alors et crois à présent que l'expérience a démontré que la largeur du matériel en usage sur la voie de 4 pieds 8½ pouces n'est pas encore assez large pour donner aux voyageurs le confort nécessaire, ni pour accorder un bon arrimage pour la moyenne des catégories dominantes de marchandises transportées sur les lignes principales de ce pays. Je crois aussi qu'on a trouvé la voie de 4 pieds 8½ pouces trop étroite et ne donnant pas la base de roues suffisante pour un large matériel roulant, circulant avec économie et sûreté, surtout à de grandes vitesses, sur nos lignes un peu imparfaites et inégales.

"Cette disproportion entre les largeurs de voies et le matériel roulant est résultée sans doute d'un effort de la part des directeurs de la voie de 4 pieds 8½ pouces, pour atteindre autant que possible

la largeur de wagons à voyageurs et à marchandises en usage sur les voies plus larges, de 5½ pieds et de 6 pieds : ils ont pu ainsi procurer (jusqu'à un certain point) le même confort aux voyageurs et le même espace pour les marchandises, que sur ces voies plus larges. Ils ont ainsi, je le pense, dépassé un peu les limites de sûreté, sinon de stricte économie, et alors une voie de 5 pieds établie pour supporter le même matériel roulant, rectifierait jusqu'à un certain point cette erreur. C'est pourquoi, comme je croyais alors que la grande ligne par excellence s'étendant du Missouri à l'Océan Pacific serait sans rivale pour plusieurs années du moins, qu'elle pourrait supporter parfaitement d'avoir son propre matériel, et que de plus les autres lignes du Pacifique, après la construction, suivraient probablement son exemple, je n'hésitais nullement à recommander la voie de 5 pieds.

" Ce qui précède doit être regardé seulement comme une démonstration basée sur des principes généraux, du mauvais côté de la théorie de la voie étroite poussée à l'extrême, et appliquée à toutes les lignes principales de ce pays-ci.

" Quand ces principes sont appliqués surtout à la ligne proposée du Texas-Pacific, je pense qu'on trouvera qu'il possèdent une force toute particulière.

" Votre ligne après son achèvement viendra nécessairement en concurrence directe pour le grand trafic trans-continental, avec les lignes Central, Union et Kansas-Pacific, qui sont déjà construites, et qui, avec leurs nombreux raccordements à l'est du Missouri, forment un chemin de fer continu de la côte du Pacifique depuis San-Francisco, jusqu'aux grands ports de commerce situés le long de l'Atlantique.

" La ligne Northern-Pacific est maintenant en construction depuis Puget Sound, sur l'Océan Pacifique, jusqu'à nos grands lacs intérieurs, et de là elle est reliée à la côte de l'Atlantique par de nombreuses voies de raccordements ; c'est pourquoi elle deviendra bientôt une autre rivale formidable pour cet immense trafic.

" La ligne Canada-Pacific sera probablement bientôt construite, et formera une voie continue de Puget Sound jusqu'à la tête de la navigation à vapeur de fort tonnage sur le fleuve St-Laurent, à Québec, formant ainsi une autre rivale pour le trafic vers le continent.

" Ces grandes lignes rivales auront une voie continue de 4 pieds 8½ pouces dans toute leur longueur de l'un à l'autre Océan.

"Je regarderais donc comme indiscutable l'argument commercial qui existe en faveur d'une voie non discontinue, tout au moins d'égale largeur, pour la ligne du Pacific-Texas, s'étendant comme il le fera, de San-Diégo sur le Pacifique jusqu'au Mississipi, et par suite, réunissant au moyen de ses embranchements l'Est et l'Atlantique : et cela, non par la raison qu'on peut s'appuyer sur des principes strictement scientifiques et abstraits, mais par la raison plus pratique que cette théorie de communauté possible des voies, aussi bien que du matériel roulant, est devenue la mode populaire et invariable de ce pays, quant à nos grandes lignes concurrentes; et comme telle, elle est vue favorablement non-seulement par ceux qui donnent le capital pour construire ces lignes, mais par ceux qui s'occupent de leur exploitation après leur construction.

"Donc, si la construction de votre voie était entreprise sur une largeur inférieure qui amènerait nécessairement un transbordement à la jonction de tous les embranchements situés à l'est du Mississipi, je craindrais beaucoup de voir chez les capitalistes une grande hésitation à donner les fonds requis pour la construction ; et si on réussit à construire, le public et les grands interêts d'affrêtements du pays pourraient bien se prononcer fortement contre de telles lignes.

"Je vous remercie de la confiance que vous m'avez temoignée en me demandant mon opinion sur un sujet aussi important, et j'espère que les vues que j'ai exprimées pourront vous aider, jusqu'à un certain point, à arriver à une solution juste pour un point auquel se rattache si intimement le succès définitif de votre grande entreprise.

"J'ai l'honneur d'être

"Votre respectueux serviteur,

"SILAS SEYMOUR."

Je crois qu'il y a peu de choses à dire après ces remarques finales de M. Seymour. Il admet que le matériel roulant actuel ne permet pas l'économie, et, comme je l'ai déjà dit, j'aime à lui voir cette conviction ; je ne doute nullement que sous peu il complétera la série des convictions dans laquelle il est sincèrement entré.

Je ne puis mieux agir maintenant, qu'en faisant une courte

allusion à quelques-unes de nos lignes à voie étroite en exploitation actuelle afin que mes lecteurs puissent avoir l'occasion de se former par eux-mêmes une opinion définitive d'après les faits existants. Je mentionnerai tout d'abord la description intéressante et très-complète du chemin de fer du Festiniog, qui parut dans *Engineering* du 29 décembre 1871, auquel j'emprunte les lignes ci-dessous :

"On a tant écrit sur la célèbre ligne du Festiniog qu'il y a probablement peu de nos lecteurs qui ne soient familiers avec les traits caractéristiques et généraux de cette ligne, tandis que probablement très-peu de personnes sont allées la voir. Malgré cela nous croyons que les trois vues (d'après des photographies) que nous publions ci-après seront regardées avec beaucoup d'intérêt. Pour ceux qui ont inspecté cette ligne en miniature, ces vues leur rappelleront une agréable visite, tandis que pour ceux qui ont été privés de ce plaisir, elles donneront sur les traits caractéristiques du chemin une idée plus claire que ne pourrait le faire la meilleure des descriptions. Avant de nous étendre d'avantage sur ces vues, il est bon de donner un aperçu général du chemin de fer du Festiniog et de son matériel roulant, quitte à reproduire des renseignements déjà publiés.

"Le chemin de fer du Festiniog est une ligne à simple voie de 1 pied 11½ pouces de largeur (0m.60), s'étendant du port de Portmadoc à quelques carrières d'ardoises, à Dinas, dans le voisinage de Festiniog. Sa longueur est de 13¼ milles (21 kilom.) sans compter un embranchement d'un mille de long (1,600m.) conduisant à Duffros. Dans les 13¼ milles la ligne principale s'élève de 700 pieds (210 mètres), les rampes étant continues mais variables. Dans le premier mille, en partant de Portmadoc, il y a une inclinaison très-légère, la partie située sur le remblai de Traethmawr qui traverse l'embouchure de la rivière à Portmadoc, est pratiquement de

VUE PRÈS DE TAN-Y-GRISIAU.

niveau, car l'inclinaison n'est que de 1 sur 1,343½. En dehors de cette partie unie de la ligne, la moindre rampe est de 1 sur 186,* pendant que la plus forte est de 1 sur 68.69.† La plus forte rampe de grande longueur, est de 1 sur 79.82,‡ s'étendant l'espace d'environ de 2½ milles (4 kilom.), tandis qu'il y en a une autre, d'environ la même longueur, de 1 sur 85.22, et une d'environ 2 milles de long de 1 sur 82.71. Pour une longueur de 12¼ milles la moyenne de la rampe est de 1 sur 92 (12 millimètres).

"La ligne traverse un pays très-inégal et très-pittoresque, tantôt située à des centaines de pieds au-dessus de la vallée, sur le côté de la colline qui est à pic, tantôt traversant des ravins profonds sur d'étroits remblais, ou plutôt des murs en maçonnerie de pierre sèche, quelques-uns de 60 pieds (18m.) de hauteur ; puis ensuite poursuivant sa route au travers la roche coupée, pour reparaître au jour et offrir aux regards un nouveau panorama ; le chemin présente ainsi des points de vue toujours variés et intéressants pour l'ingénieur comme pour le touriste. Dans presque tout son parcours la ligne offre une série de courbes d'un rayon variant de 8 chaînes (160m.) jusqu'à 1¾ chaîne (35m.), quelques-unes des courbes de ce dernier rayon ayant 200 pieds (60 mètres) de long. Les courbes sont toutes tracées avec raccordement parabolique, et ont été posées avec grand soin, l'écartement des rails étant augmenté à la jonction des courbes avec les courbes en sens inverse, ou avec les lignes droites ; il en résulte que l'entrée d'un train dans une courbe, ou son passage d'une courbe à une autre ne se sent pas. Nous savons que quelques-uns de nos lecteurs nous accuseront d'exagération en faisant cette assertion, mais nous sommes certains qu'ils ne sont pas de ceux qui ont inspecté la ligne du Festiniog. Nous devons avouer qu'avant d'avoir voyagé sur cette ligne nous lisions avec un peu d'incrédulité

* 5.4 millimètres. † 19 millimètres. ‡ 13 millimètres.

les relations sur la facilité et la sécurité extraordinaires avec lesquelles les courbes étaient franchies sur le chemin de fer du Festiniog ; mais comme nous avons éprouvé par nous-même cette grande aisance, il est de toute justice que nous expiions notre premier manque de foi par l'addition de notre témoignage à ceux des autres personnes. Le résultat obtenu est dû sans doute premièrement à l'adoption de la forme parabolique pour les courbes, et ensuite au soin tout particulier avec lequel la voie est entretenue (sujet sur lequel nous reviendrons bientôt), et aussi à la petite largeur de la voie et de la base de roue du matériel roulant.

" La largeur de la ligne sur les remblais est de 10 p. ($3^m.05$) au niveau de la crête du remblai ; mais dans plusieurs tranchées il y a une largeur de 8 pieds ($2^m.44$) et la distance entre le roc et les côtés de la machine est très-minime. Dans les tunnels, — il y en a deux sur la ligne : l'un de 60 yards ($54^m.$), l'autre de 730 yards ($650^m.$) de longueur, — l'espace est encore plus restreint, s'il est possible ; en fait, ces tunnels tels qu'ils sont actuellement, forment un obstacle complet à l'agrandissement du matériel roulant. Le tunnel le plus court passe à travers une ardoisière ; tandis que le plus long, qui est en partie sur une rampe de 1 sur 85.22, et en partie sur une rampe de 1 sur 116.59, est percé au travers de la roche syénitique. Il n'y a point de maçonnerie dans les tunnels. Un des traits saillants de cette ligne consiste dans les murs de pierre sèche, ou remblais, déjà mentionnés. La vue de la page 84, prise dans le voisinage de la station de Tan-y-Grisiau, montre un train passant sur un de ces murs, quoiqu'elle donne à peine une juste idée de la petite largeur ou de la hauteur de ce dernier. La vue en question est prise en un point où la ligne suivait autrefois le contour du versant de la colline, faisant une grande courbe, comme on le voit à la gauche du croquis. Par la construction du remblai ce détour est maintenant évité, la ligne passant directement au travers du ravin. Dans quelques cas

les remblais, ou murs de soutènement, comme on les appelle par là, au lieu d'être construits entièrement en maçonnerie de pierre sèche, sont formés d'un couple de murs de retenue remplis de terre. L'inclinaison des talus est habituellement de 1 sur 6. Les pontceaux sont en maçonnerie sèche, recouverte de mortier, et, à l'exception d'un pont de fer traversant une route, les ponts par dessous sont tous en maçonnerie.

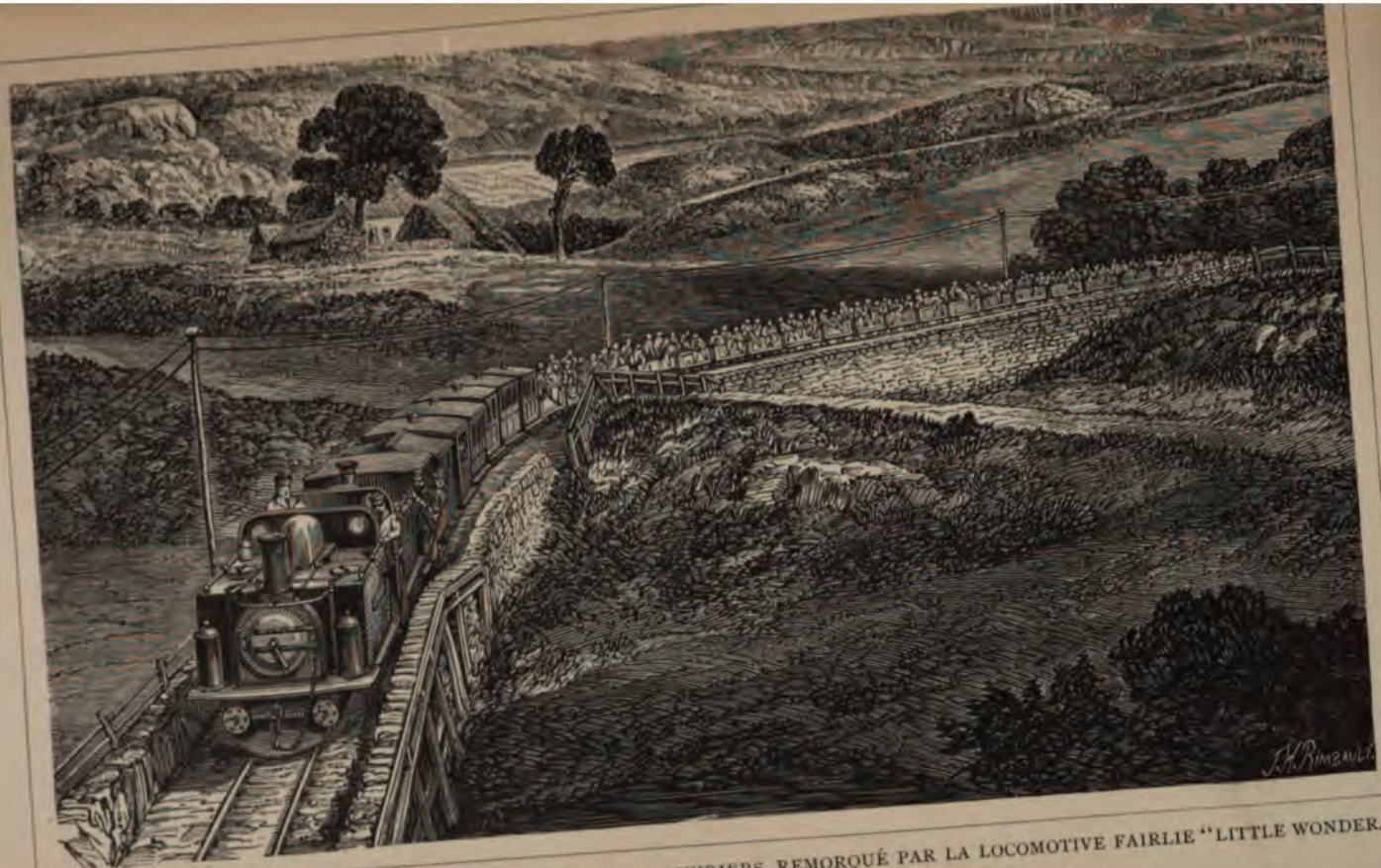
" Nous avons déjà fait une courte allusion à la voie, et nous allons maintenant entrer dans plus de détails. En 1832, lorsque la construction du Festiniog fut commencée, on avait l'intention de faire de la ligne un tramway sur lequel les trains composés de wagons chargés d'ardoises descendraient par la gravité, tandis que les trucks vides ou ceux qui seraient chargés de charbon ou autres marchandises, monteraient par l'aide de chevaux. Cet état de choses continua jusqu'en 1863, époque où, sur la recommandation de M. Spooner, ingénieur de la ligne, on adopta la vapeur. Durant l'automne de 1864, des voyageurs furent transportés par la compagnie gratis à titre d'essai, et l'année suivante la ligne fut régulièrement ouverte pour le trafic à voyageurs. Ces mesures ont nécessité un changement correspondant dans la constitution de la voie. Les rails employés d'abord ne pesaient que 16 livres par yard*; ils furent ensuite remplacés par d'autres pesant 30 livres par yard†, dont la plupart ont été posés il y a plus de dix-huit ans. Ces rails de 30 livres furent cependant trouvés trop légers, et la plus grande partie de cette ligne est maintenant recouverte de rails à deux champignons pesant 48.66 livres par yard‡. Ces rails sont fixés par de forts coussinets à des traverses en mélèze de 9 pouces ($0^m.22$) sur $4\frac{1}{2}$ pouces ($0^m.12$); elles ont 4 pieds 6 pouces ($1^m.34$), et elles sont placées à 3 pieds ($0^m.91$) de distance de centre à centre, excepté aux joints, où la distance est réduite à 2 pieds ($0^m.61$). A chaque jointure un châssis est formé en plaçant deux

* 7.2 k. par mètre. † 13.5 k. par mètre. ‡ 22k. par mètre.

[illegible]

[illegible] avec l'emploi [illegible] compagnon [illegible] est une [illegible] la vitesse [illegible] au sein qui [illegible] l'homme m'en [illegible] employant [illegible] recommandée. [illegible] avec accumulation [illegible] même volume. [illegible] spéciale. [illegible] est l'asepsie [illegible] une semelle. [illegible] que nous avons [illegible] et l'occasion [illegible] de la voie du [illegible] dernière absence [illegible] n'est la plus [illegible] et variées. Nous [illegible] une portion de [illegible]

[illegible] sur leur de [illegible] important qu'on [illegible] à capacité des [illegible] nous disons. Il y a [illegible] la voie [illegible] volume est [illegible] dépression [illegible] produite dans [illegible] et consé- [illegible] la voie est [illegible] par une [illegible] est un point



TRAIN DESCENDANT, CHARGÉ DE PASSAGERS, MINEURS ET OUVRIERS, REMORQUÉ PAR LA LOCOMOTIVE FAIRLIE "LITTLE WONDER."

de grande importance dans les districts où, par les variations du climat, ou autres causes, la voie est parfois rendue susceptible de plus ou moins de réparation.' Ces considérations à propos d'un sujet sur lequel nous appelions vivement l'attention, montrent la grande importance du bon entretien d'une ligne à voie étroite, si l'on doit s'en servir pour un trafic rapide. Sous la direction d'un ingénieur d'énergie et de capacité comme M. Spooner, ayant non seulement la volonté mais encore le pouvoir d'entretenir sa ligne en ordre parfait, pratiquement, une voie très-étroite peut sans danger s'adapter à un trafic qu'il serait simplement imprudent d'entreprendre sur une même voie qui serait construite moins parfaitement et entretenue moins efficacement. Nous ne désirons nullement, parce que la ligne du Festiniog a été adaptée depuis quelque temps, et avec succès, à un trafic de voyageurs relativement rapide, et parce que les trains de voyageurs, remorqués par la machine Fairlie (Little Wonder) en ont souvent parcouru des parties avec une vitesse de plus de 30 milles (48 kilom.) à l'heure, faire triompher cette conclusion que de tels tours de force puissent être reproduits sans danger sur des lignes de 1 pied 11½ pouces (0m.60). Sur la ligne du Festiniog, grâce à l'état parfait de sa voie, le train marche à la vitesse mentionnée en dernier lieu, aussi régulièrement que sur la meilleure voie de 4 pieds 8½ pouces sur laquelle nous ayons jamais voyagé, et sans la moindre secousse, en s'engageant dans les courbes ou en en sortant. Mais dans les lignes à voie étroite exploitées avec de moins favorables circonstances, on ne peut s'attendre à un résultat aussi satisfaisant ; il est donc à désirer que sur toutes ces lignes où l'on emploierait la grande vitesse, la voie excède notablement celle du Festiniog, quand bien même ce ne serait que pour éviter la nécessité d'un entretien aussi parfait.

" Il y a, outre les gares terminus, quatre stations intermédiaires sur la ligne du Festiniog, savoir : Minfford Junction (station qui suit celle de Portmadoc, et où se trouve la

station de transbordement avec les navires : c'est celle que nous avons récemment citée dans notre revue du livre de M. Spooner, à propos de l'échange de trafic avec le chemin de fer Cambrien, Penrhyn, Hafod-Llyn et Tan-y-Grisiau. Ces stations n'ont point de plateformes, le peu de hauteur des voitures les rendant superflues : mais elles sont pourvues de tout le confort désirable, quoique sur une petite échelle. Les hangars à machines et les principaux ateliers de construction et de réparation sont à environ un mille de Portmadoc, quoiqu'il existe aussi un hangar à voitures près de la dernière station. Ces ateliers et hangars sont, bien entendu, en miniature, mais ils sont néanmoins complets. C'est, nous le croyons, seulement par l'inspection de ces ateliers et hangars que l'on peut bien apprécier l'économie qui doit résulter de l'entretien du matériel de la voie étroite. Un ingénieur de chemins de fer sera nécessairement frappé des facilités des réparations auxquelles se plie ce matériel roulant en miniature. Les petites pièces que l'on a à remuer, les poids comparativement légers qu'il faut soulever, et pour lesquels il suffit d'employer une simple poulie : les petits tours à roue, ou autres outils nécessaires et beaucoup d'autres choses semblables, valent la peine d'être examinés par chacun personnellement afin d'être appréciés à leur juste valeur.

"La ligne est exploitée d'après le 'staff' système,* complété par l'aide du télégraphe. Toutes les stations et tous les postes de signaux sont en communication télégraphique, et le système des signaux, etc., tout enfin est aussi complet que sur les lignes ordinaires de la largeur de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces. La même remarque s'applique aux aiguilles, croisements, plaques tournantes, et autre matériel fixe nécessaire au trafic.

"Nous avons à présent à parler du matériel roulant, et nous commencerons par les machines. Les deux premières

* Système dans lequel un *bâton* (*staff*) unique, fait fonction d'employé pilote.

TRAIN ASCENDANT REMORQUÉ PAR LA LOCOMOTIVE FAIRLIE, "LITTLE WONDER."

locomotives construites par MM. England et Cie, en 1863, sont des machines à 4 roues couplées de 2 pieds (0m.61) de diamètre; la base des roues est de 5 pieds (1m.52) et les cylindres, qui sont à l'extérieur, ont 8 pouces (0m.20) de diamètre avec une course de 12 pouces (0m.30). Le poids de ces machines en état de marche est de 8 tonnes.

"Dans la suite, MM. England construisirent cinq autres machines de la même classe; deux cependant étaient plus lourdes et pesaient 10 tonnes. Une de ces dernières remorquait en service ordinaire, outre son tender, une voiture de 1re classe, une de 2e, une de 3e, un fourgon à frein pour le garde, 4 wagons à marchandises, et 24 wagons à ardoises, ces derniers étant vides. Le poids total de ce train, compris machine et tender, est de 55 tonnes, dont 16 consistent en poids utile, voyageurs ou marchandises. Dans le trajet de retour les wagons à marchandises étant alors vides, et ceux à ardoises chargés, le poids total du train est d'environ 93 tonnes, dont 54 tonnes sont en poids payant.

"L'année 1869 fut signalée par l'introduction de la machine Fairlie sur la ligne du Festiniog, et les résultats obtenus prouvent que M. Spooner a montré beaucoup de jugement en adoptant ce système. La machine de Fairlie, 'Little Wonder,'* employée en 1869, fut construite aux usines de Hatcham; une illustration et une description complète de cette machine parurent dans nos colonnes au commencement de l'année dernière (voir p. 316 de notre neuvième volume). Nous pouvons cependant répéter ici que la machine est montée sur deux trucks mobiles moteurs, chaque truck mobile (bogie) ayant 4 roues couplées de 2 pieds 4 pouces (0m.71) de diamètre. La base de roue de chaque truck est de 5 pieds (1m.52), et la base totale de roue de la machine est de 19 pieds (5m.80), pendant que le poids en ordre de marche est de 19½ tonnes.

* Petite merveille.

Chaque truck a une paire de cylindres d'un diamètre de $8\frac{3}{16}$ pouces (0m.21) avec une course de piston de 13 p. (0m.33). En service ordinaire cette machine peut remorquer un train consistant en 3 voitures (1re, 2e, et 3e classes) un fourgon à frein de garde, 6 wagons à marchandises, 112 wagons à ardoises vides, le poids total y compris la machine étant $127\frac{1}{2}$ tonnes, dont environ 21 tonnes consistent en transport utile de voyageurs et de marchandises. Dans le trajet de retour, en descente, quand les trucks à ardoises sont chargés, et les wagons à marchandises vides, le poids total de la machine et du train est de $336\frac{1}{2}$ tonnes dont 230 tonnes sont en poids payant. Durant la visite de la commission impériale russe, au chemin de fer du Festiniog, en février 1870, la machine 'Little Wonder' traîna des charges plus considérables encore, mais comme des descriptions détaillées de ces expériences parurent alors dans nos colonnes, il nous suffira d'y renvoyer.

"Un train tel que celui que nous venons de mentionner et qui forme la charge ordinaire pour la machine 'Little Wonder,' mesure plus de 1,200 pieds (360 mètres) de longueur, et sur quelques parties de la ligne il se trouve sur trois courbes ou plus à la fois ; les différentes parties du train occupent ainsi à la fois des directions suivant tous les points cardinaux. Si un voyageur se trouve dans une des dernières voitures de ce train, il lui est parfois difficile de se figurer que la machine qu'il voit marcher de l'autre côté d'un ravin, dans un sens opposé au sien, est réunie d'une façon quelconque avec la voiture où il se trouve. Les gravures des pages 418 et 419 (91 et 95) faites sur des photographies, donneront une idée approchée de l'apparence de ces longs trains. La première de ces vues montre un train descendant, chargé de voyageurs, ouvriers carriers et autres, traversant une des courbes de $1\frac{3}{4}$ chaine ; on voit seulement la machine, 6 voitures et 24 wagons environ ; l'autre vue à la page 419 (95) montre un train montant, composé de wagons à marchandises, de voitures à voyageurs, de wagons d'ardoises

vides ; la tête du train se trouve sur un des murs de soutènement déja mentionnés pendant que, plus loin dans le fond, le reste s'étend sur une des courbes de $1\frac{3}{4}$ chaîne ; on ne voit ici également qu'une portion du train, la partie de derrière étant au delà du pont situé à gauche dans le fond du dessin. La ligne offre en réalité une telle succession de courbes qu'il est impossible d'obtenir un point de vue d'où l'on puisse voir distinctement un de ces longs trains dans toute sa longueur.

"Ce n'est pas seulement pour sa force de traction que la locomotive Fairlie 'Little Wonder' se distingue. Un point également important est l'aisance et la stabilité avec lesquelles elle traverse les courbes les plus raides de la ligne. Nous avons souvent appelé l'attention sur ce point, mais nous pouvons reparler ici de ce sujet. Nous avons fait le parcours sur la traverse de choc de l'un des trucks mobiles de la 'Little Wonder' à des vitesses de 35 milles (56 kilom.) à l'heure, et nous pouvons rendre témoignage de la stabilité extraordinaire en marche, tant sur les parties de la voie en ligne droite que sur les courbes. Sur la plateforme qui repose sur le châssis joignant les deux trucks mobiles, l'aisance du mouvement est encore plus remarquable, et l'expression souvent employée, la machine 'paraît glisser le long des courbes' est réellement la seule qui donne une juste idée du mouvement. Quant à l'économie de charbon, la 'Little Wonder' a donné aussi les résultats les plus satisfaisants, car M. Spooner nous affirma que sa consommation en proportion du travail accompli est de 25 pour cent en dessous de celle des autres machines de la ligne.

"Cet article est déjà si long qu'il nous faut abréger nos remarques sur le matériel roulant de la ligne du Festiniog. Les voitures à voyageurs en usage sont de modèles divers. Celles qu'on a construites en dernier lieu peuvent passer pour des voitures ordinaires en miniature, mais dans d'autres voitures les

bancs sont fixés en long, les voyageurs s'asseyant dos à dos. Quelques-unes des dernières voitures n'ont point de panneaux de côtés ; les voyageurs sont cependant protégés par de forts tabliers de cuir, qui atteignent environ la moitié de la hauteur des montants de la voiture, et sont fixés aux montants extrêmes et intermédiaires, par des courroies. Les voitures avec bancs en long ont 10 pieds de long ($3^m.05$) sur 6 pieds 3 pouces ($1^m.90$) de large (à l'extérieur), pèsent 26 cwt.* et contiennent 12 voyageurs de première classe, ou 14, soit de seconde soit de troisième classe. Les voitures construites le plus récemment ont 9 pieds 9 pouces de long ($2^m.97$), 4 pieds 10½ pouces de large ($1^m.48$) en dehors, ou 9 pieds 2 pouces ($2^m.82$) de long, 4 pieds 6 pouces ($1^m.37$) de large en dedans ; chacune est divisée en deux compartiments par une cloison à mi-hauteur de la voiture. Les banquettes sont en travers comme d'habitude, et pour 3 personnes chacune, de sorte que chaque voiture contient 12 voyageurs. La hauteur, un peu faible, est seulement de 4 pieds 9 pouces ($1^m.45$) au centre, à l'intérieur. La base de roue à 5 pieds 6 pouces (1.68) et le diamètre des roues pour tout le matériel est de 1 pied 6 pouces ($0^m.46$). Les roues sont en fonte avec bandages en fer forgé, et les voitures sont montées sur des ressorts de forme ordinaire. Les voitures sont bien éclairées par des fenêtres de côté, et une lampe se trouve au toit. Le poids de ces voitures est de 23 quintaux (1.150 tonne), ou moins de 2 quintaux (100 kilog.) par voyageur.

" Les wagons à marchandises sont de différents modèles ; la page 95 nous en montre quelques-uns ; les trucks à ardoises sont des wagons plateformes avec panneaux à claire-voie formés de cornières ; ils sont de deux classes principales, la grande classe, portant 3 tonnes, et la petite portant 2 tonnes d'ardoises. Un grand nombre d'entre eux sont pourvus de freins simples,

* 26 quintaux = 1.3 tonne.

car c'est la coutume de mettre un frein par 6 wagons. Les poids, etc., des principales variétés de matériel à marchandises sont donnés par M. Spooner, dans le tableau ci-dessous :

Catégories de wagons.	Base de roue (entraxe).		Poids vide.	Poids du chargement.
	pds.	pcs.	cwt.	tonnes.
Trucks à charbon	5	6	19	3
Wagons à marchandises	5	6	18	2½
Trucks mobiles pour transport des bois	3	0	26 la paire	9
Wagons à ardoises (petit modèle) ...	2 3	11 1	13	2
" " (grand modèle) ...	5	0	19	3
" " avec frein ...	5	0	21	3

" Les chargements indiqués pour les wagons à ardoises, supposent qu'ils soient chargés d'ardoises de grandes dimensions. Un examen récent des livres de la compagnie nous a montré que le rapport du poids utile au poids mort, variait, dans le cas des trains à ardoises, depuis un peu plus que 2 à 1 jusqu'à 3 à 1 ; la moyenne générale est de plus de 2½ à 1, ce qui est un excellent résultat ; les wagons à ardoises ne sont pas montés sur ressorts.

" L'ensemble du matériel roulant est pourvu de tampons et d'attelages placés suivant l'axe du véhicule, ce qui naturellement facilite beaucoup le passage des courbes. La vitesse a été dans le principe limitée par les règlements du Board of Trade à 12 milles (20 k.) à l'heure ; mais dernièrement ces restrictions ont été supprimées, croyons-nous, car en fait nous avons parcouru une grande longueur de la ligne sur la 'Little Wonder,' avec une vitesse trois fois aussi grande, sans avoir éprouvé, comme nous l'avons déjà dit, la moindre secousse. Naturellement cependant une telle vitesse serait dangereuse avec les machines à 4 roues.

" Pour terminer d'une façon intéressante, nous donnerons quelques détails du trafic de la ligne du Festiniog. Nous n'avons pas sous les yeux les chiffres de l'année dernière, mais

durant 1869 le nombre des voyageurs fut de 97,000, les trafics de marchandises et des minéraux s'élevèrent à 18,600 tonnes et 118,132 tonnes respectivement. Le parcours des trains a été de 45,619 milles,* celui des machines 50,314 milles.† Le montant des recettes totales de l'année s'éleva à £23,676 12s. 10d. (600,000 fr.); la dépense de réparation et d'entretien fut de £10,518 6s. 3d. (262,000 fr.); les dépenses spéciales furent de £2,535 11s. 7d. (63,000 fr.). Ce qui élève la dépense totale à £13,053 17s. 10d. (325,000 fr.). Le revenu net de la ligne pendant l'année fut de £10,622 15s. (275,000 fr.), donnant un dividende de 29½ pour cent sur le capital primitif de £36,185 10s. (900,000 fr.), ou bien de 12½ pour cent sur le capital actuel de £86,135 10s. (2,150,000 fr.). La somme de £50,000 (1,250,000 fr.), différence entre le capital actuel et le capital primitif a été, il est bon de le mentionner, entièrement prise sur le revenu. Malgré le chiffre élevé du trafic, il faut bien se figurer que la ligne du chemin du Festiniog est bien loin d'être à son rendement de trafic maximum.

" Il n'y a pas de service de nuit, pas de train le dimanche, et, par la substitution des machines Fairlie aux 6 locomotives à 4 roues actuelles, on pourrait faire le double du trafic.

" Nous avons assez parlé, selon nous, du chemin du Festiniog pour montrer qu'il possède le plus grand intérêt pour les ingénieurs, aujourd'hui que les chemins de fer à voie étroite ont toute apparence de succès. C'est en fait la ligne en miniature la plus parfaite en existence, et elle mérite d'être inspectée très-attentivement dans tous ses détails. Nous remarquons que, parmi les projets de loi soumis au Parlement, cette session, il y a un prolongement de la ligne du Festiniog sur la même largeur de voie jusqu'à Bettws-y-Coed, rendez-vous favori des artistes. L'énergie et les talents d'ingénieur que déploya M. Spooner en

* 73,000 kilom. † 80,000 kilom.

conduisant la ligne du Festiniog à son admirable état actuel, donnent une garantie suffisante que l'entreprise, —si elle reçoit la sanction parlementaire, comme cela est très-probable,— sera exécutée d'une manière très-satisfaisante. D'après ce que nous connaissons du district, nous avons la certitude que cette ligne non seulement serait avantageuse aux propriétaires de la localité, mais encore serait hautement appréciée par les milliers de touristes qui visitent chaque année ce beau pays."

M. Nördling, autrefois ingénieur en chef du réseau central du chemin de fer d'Orléans, collaborateur, depuis 1869, du baron von Weber, ingénieur en chef du gouvernement autrichien pour les chemins de fer, a réuni dernièrement et publié des documents importants* relatifs à des chemins de fer à voie étroite actuellement en exploitation ; cet ouvrage contient plusieurs statistiques nouvelles et utiles ayant trait directement à la question en discussion.

Il y fait allusion aux observations de M. Thirion sur la législation pour les embranchements, en 1865, (Observations sur le projet de loi des chemins de fer départementaux). Les principaux réseaux des chemins de fer français ont été considérés comme complets, et la loi donne des facilités pour la construction d'embranchements destinés à unir des districts non desservis avec les stations de lignes principales. On laisse aux conseils des départements respectifs le droit de concéder ces embranchements, et l'État peut donner une subvention. Après une allusion au succès de la construction de lignes de ce genre en Alsace, M. Thirion, qui a occupé la position importante de directeur du chemin de fer d'Orléans (réseau central), examine s'il sera toujours possible de construire dans ces conditions un réseau d'embranchement satisfaisant aux besoins économiques du pays. Les embranchements en Alsace, abstraction faite des dépenses préliminaires et d'achat de terrain, coûtent £4,800 le

* Renseignements sur les chemins de fer à une voie.

mille (75,000 fr. le kilom.) et les frais d'exploitation s'élèvent à £384 par mille (6,000 fr. par kilom.) ; une telle dépense suppose un trafic égal au moins à £640 par mille (10,000 fr. par kilom.). Mais il y a peu de districts éloignés capables de donner un aussi grand trafic. L'expérience du réseau central d'Orléans a montré que le trafic des lignes départementales excède rarement £380 par mille (6,000 fr. par kilom.). Que reste-t-il donc à faire ? Les embranchements doivent-ils être abandonnés. et doit-on priver de chemins de fer de nombreux districts ? Le seul remède consiste dans la construction de chemins de fer à voie étroite, moins coûteux que les types ordinaires ; le matériel roulant serait beaucoup plus léger, il pourrait parcourir des courbes d'un rayon de 200 pieds (60m.). La principale objection à la voie étroite pour embranchements est l'inconvénient du transbordement des marchandises au point de jonction avec la ligne principale ; il faut décider alors le point suivant : les inconvénients et les dépenses du transbordement des marchandises d'une ligne à une autre ne dépassent-elles pas l'économie réalisée dans la construction de la voie étroite ?

La ligne d'Orléans a eu des occasions toutes exceptionnelles d'obtenir des renseignements sur ce point. Les houillères et les usines métallurgiques d'Aubin sont la propriété de la compagnie du chemin de fer, et le transport du charbon et du minerai à la station de Salle-la-Source (distante de 4½ milles) se faisait toujours avec tant de difficultés et d'inconvénients, que la construction d'un embranchement fut décidée. D'abord on se proposa de construire la ligne avec la largeur ordinaire, mais, après une étude plus soignée, on adopta une voie étroite avec des rails pesant de 32 à 38 livres par yard (14 à 18 k. par mètre). Le trafic durant les trois premières années se fit avec les chevaux, mais ensuite on employa les locomotives. Cette ligne, appelée le chemin de fer de Mondalazac, a 4½ milles de long (7.2 kilom.) avec des courbes variant de 130 à 328 pieds (40 à 100m.) de rayon. La voie est de 3 pieds 6 pouces (1m.06).

et les traverses sont distantes de 2 pieds 5 pouces ($0^m.73$) chacune. Le matériel consiste en deux machines à 4 roues couplées, pesant 9 tonnes, et en 70 wagons portant chacun 3.8 tonnes.

Les frais de construction de la ligne, y compris la voie, les stations, etc., étaient	£2,160 par mille.
Le matériel roulant	£1,070 „
Total	£3,230 (81,000 fr.)

Le matériel roulant a été établi en vue d'un trafic de 80,000 tonnes par an, mais, par suite d'une diminution dans les affaires, le trafic s'éleva seulement à 50,000.

Cependant, malgré cette réduction considérable, les frais de transport par mille furent réduits de 3.2d. (fr. 0.32) à 1.2d (fr. 0.12) par mille, avec traction sur rails par les chevaux, et plus tard, lors de l'emploi de la vapeur, il y eut réduction de la moitié de cette dernière somme. Les frais de transbordement des minérais du wagon de la voie étroite dans la cour de la station, et de là aux wagons de la voie large à Salle-la-Source, s'élevaient à 1.7d. (fr. 0.17) par tonne. Les frais d'exploitation se montèrent en une année à £4.260 (107,000 fr.); cette somme n'aurait subi qu'une légère augmentation si 80,000 tonnes au lieu de 50,000 eussent été transportées. Si la ligne de Mondalazac était actuellement une entreprise indépendante, le prix de 1.25d. par mille (fr. 0.078 par kilom.) suffirait pour couvrir les frais d'exploitation et donnerait 5 pour cent du capital engagé.

Tels sont les faits obtenus par l'essai de la Compagnie d'Orléans, et quoique les résultats ne soient pas tout-à-fait complets, parce que la ligne de Mondalazac ne transporte ni voyageurs, ni autre chose que le charbon et le minérai, il est possible de déduire le résultat que l'on obtiendrait probablement sur une ligne semblable livrée à un trafic général. M. l'ingénieur en chef Bertera fit ce calcul en prenant pour exemple une ligne de

15 milles (24 kilom.) de longueur, avec un trafic moyen de 120 voyageurs par jour et 40,000 tonnes par an, ce qui donne, avec un tarif de 1.1d. (fr. 0.069 par kilom.) par voyageur et 1.6d (fr. 0.10 par kilom.) par tonne de marchandises, un produit de £448 par mille (7,000 fr. par kilom.). En supposant 12 trains par jour, M. Bertera calcule que le matériel roulant consisterait en 6 locomotives, 25 voitures à voyageurs, 40 wagons couverts et 60 découverts ; le tout représente un capital de £20,400 (500,000 fr.). Ajoutant environ £1,200 par mille (20,000 fr. par kilom.) pour construction, nous obtenons un capital total de £2,500 (39,000 fr. par kilom.). La vitesse ne devait pas dépasser 20 milles (32 kilom.) à l'heure, il n'y avait pas de service de nuit, et les frais d'exploitation se montaient alors à £295 par mille (4,700 fr. par kilom.), ce qui donne un profit de £150 par mille (2,400 fr. par kilom.), correspondant à un intérêt de 6 pour cent sur le capital.

Après le rapport de M. Thirion, M. von Nördling reproduit celui de M. Eugène Flachat, qui est bien connu, et dans lequel l'auteur donne un compte rendu des lignes à voie étroite jusqu'à 1867, commençant par le chemin de fer du Festiniog, et passant de la ligne de la vallée du Broelthal, dans la Prusse Rhénane, puis de celle d'Anvers à Gand, au système bien connu norwégien.

Dans les " Mémoires et Comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils," M. von Nördling recommanda l'adoption de la voie étroite dans une série de rapports qu'il publia alors qu'il était ingénieur en chef de la ligne d'Orléans (réseau central). D'abord il proposa d'exploiter ces lignes pour le trafic général sur le même système que les chemins de fer américains dits tramways, marchant à petite vitesse, et prenant et descendant des voyageurs à tout endroit. Il communiqua ensuite le projet d'une ligne de la largeur d'un mètre entre la ville de Saint-Pourzain et la station de Varennes, sur Allier. La distance est d'environ 6 milles (9.6 kilom.), et les frais de

construction se montaient à £16,800,* y compris le matériel roulant.

Après une description détaillée de cette ligne projetée et une estimation du trafic, M. Nördling conseille de diviser le système des chemins de fer en deux classes: 1° les lignes existantes avec la voie large, 2° les embranchements avec la largeur d'un mètre, coûtant £3,000 par mille (47,000 francs par kilomètre).

Une telle adoption nécessiterait naturellement un transbordement des marchandises aux points de jonction ; donc, si les frais de transbordement sont moindres que l'intérêt de l'économie effectuée dans la construction, la petite voie offre décidément de grands avantages sur l'autre. La formule suivante nous indique cela :

$$0.05\, l\, e \geqq p\,(1 - t)\,\mathrm{T}$$

où 0.05 = intérêt sur le capital.

l = longueur de la ligne à voie étroite.

e = économie dans les frais de construction par unité de longueur.

p = frais de transbordement d'une unité de marchandises.

t = la portion de marchandises qui aurait à être transbordée, même dans le cas de voies uniformes (l'expérience montre que cette quantité = $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$).

T = montant total des marchandises transbordées pendant l'année.

Si e = £800, p = 2d. par tonne, $t = \frac{1}{4}$, et T = 20,000 tonnes, la construction de la voie étroite est économiquement justifiée *quand sa longueur excède trois milles.* Les frais d'exploitation sont exclus de cette formule, ou plutôt on a supposé qu'ils étaient les mêmes dans chaque cas ; c'est là une hypothèse incorrecte, et beaucoup en faveur de la voie large.

Dans le Journal de l'Association des Ingénieurs allemands

* 425,000 fr.

nous trouvons l'examen d'une rapport publié à Liége, l'année dernière, sur les chemins de fer à faible trafic par une commission d'ingénieurs de l'Etat; leur conclusion est que, en considération de l'économie de construction qu'elle procure, une voie étroite doit être adoptée de préférence à la largeur de voie ordinaire.

Il est de la plus haute importance pour tous les chemins de fer de les construire le meilleur marché possible, et de faire en sorte que le capital rapporte au moins 6 pour cent d'intérêt. Afin de construire des chemins de fer et de les exploiter toujours à bon marché, on devrait employer une voie étroite et des machines spéciales. On doit adopter la voie étroite pour tous les embranchements, les lignes à minerais ou autres produits industriels. De telles lignes existent en Norwége, en Danemark, en Angleterre, en France et en Allemagne. La commission nommée dernièrement par l'administration des chemins de fer allemands, propose des voies de 2 pieds 5½ pouces et de 3 pieds 3 pouces, et ce n'est que dans le cas où un embranchement relierait des stations d'un même système de chemins de fer, que la voie large ordinaire devrait être conservée.

Pour les lignes à voie étroite des rampes de 0.025 pour 100 et des courbes de 200 pieds (60m.) de rayon sont admissibles ; on doit réduire le poids du rail et la hauteur du ballast ; le poids des machines ne doit pas excéder 20 tonnes, et la vitesse devrait être limitée à 20 milles (32 kilomètres) à l'heure, et le matériel roulant devrait être monté sur des roues libres sur leur essieu.

Le chemin de fer à voie étroite de la vallée du Broelthal paie un dividende de 5.75 pour cent avec un trafic journalier de 40 tonnes par mille, et les tarifs ordinaires de marchandises. La ligne du Festiniog construite avec de grandes difficultés et à grands frais, donne un profit net de 12½ pour cent,* tandis que les chemins de fer anglais de la largeur de voie ordinaire à peine 4 pour cent.

if pour les marchandises sur cette ligne est de 2 7d. par tonne et par ...times par tonne et par kilom. et pour les ardoises de 1.07d. par tonne et ...4 centimes par kilom. et par tonne.

A ces lignes on peut ajouter comme exemple la ligne de Tavaux-Ponséricourt, en France. Le prix et les statistiques de cette ligne sont reproduits dans le tableau suivant :

Nom du chemin de fer.	Longueur.	Largeur de la voie.	Largeur de la crête du remblai.	Inclinaison supérieure.	Rayon minimum des courbes.	Poids du rail (par yard).	Poids de la machine.	Coût par mille de construction.	Prix (par mille) du matériel roulant.	Trafic annuel.	Recettes	Dépenses.	Profits
	milles	pds pcs	pds pcs	par cent.	pieds	livres	tonnes	£	£	tonnes	£	£	
Tavaux à Ponséricourt.	8.75	3 3¾	6 10½	0.075	100	28	7.5 4 roues	1,000	1,920	12,000 en 4 mois	...	...	..
Festiniog.	14½	1 11½	8 0	0.011	115	45	19.00 Fairlie	5,760	7,290	142,000	23,676	13,053	1 %
Vallée du Broelthal.	14	2 9½	5 7½	0.0115	125	22	12.5 6 roues couplées	13,800	1,700	32,709	2,800	1,232	£ 1,

Plusieurs moyens peuvent être adoptés pour effectuer une liaison entre la voie étroite et la voie large ; un des grands avantages de la première réside dans la facilité que l'on a de pouvoir employer de suite pour le trafic de la rue les voitures chargées de leurs marchandises, par un simple changement des roues lorsqu'elles tournent librement sur les essieux. Les wagons peuvent alors être dirigés jusqu'à leur destination sans rompre charge.

Dans le travail de M. Nördling, le rapport de M. Daniel P. Sullivan occupe une large place ; ce rapport est adressé au ministre autrichien des travaux publics et porte sur l'ensemble de mon système, c'est-à-dire à la fois sur la largeur de la voie et sur le matériel roulant. Bien que dans ce rapport rien n'ait été dit que je n'aie moi-même conseillé, toute la question est traitée *in extenso ;* on y prouve incontestablement les avantages inséparables de mon système, et on en recommande l'adoption au gouvernement pour toutes les nouvelles lignes de l'État. Le rapport conclut en exprimant l'opinion que tandis que les

rencontrer de l'opposition sur ce point, surtout lorsque l'Autriche présente depuis plusieurs années une des lignes les plus intéressantes de cette classe, le chemin de fer de Lambah-Genunden, de 3 pieds 6 pouces ($1^{m}.06$) de voie. L'opinion publique semble se déclarer contre cette ligne, non à cause de sa réduction de largeur, mais probablement en raison des formes anciennes de son matériel roulant et de sa petite vitesse.

"On a approuvé plusieurs nouvelles lignes avec la voie de 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces, qui coûteront énormément à construire et à exploiter à cause de la nature difficile du pays. On ne peut espérer de bons résultats financiers de ces lignes, si l'on adopte la largeur normale de la voie, tandis que d'un autre côté, si l'on adoptait la voie étroite avec tous ses avantages de construction et d'exploitation, la ligne se prêterait à un établissement plus économique et donnerait alors du profit.

"*Adoption du système Fairlie.*—Relativement à la seconde question contenue dans le rapport de M. Sullivan, concernant l'application du système Fairlie, je suis porté à croire à tout ce qui a été dit en sa faveur et je considère qu'on pourrait obtenir par son adoption de meilleurs résultats que par le matériel roulant employé à présent sur les lignes à voie étroite.

"Pour toutes ces raisons je regarderais ceci comme un événement de la plus grande importance dans les chemins de fer, et comme un grand avantage pour l'Autriche, si M. Fairlie voulait entreprendre la construction et l'exploitation dans ce pays d'une ligne à voie étroite ; j'espère qu'il l'entreprendra sans aucune garantie du gouvernement, mais avec une exemption complète des droits d'importation.

"J'irai cependant plus loin, et vu la grande importance des résultats d'un tel essai, et des preuves convaincantes qu'il apporterait de la supérioté du système, je recommanderai au gouvernement de lui venir en aide. Si un tel arrangement pouvait se faire sous peu, les entrepreneurs de la ligne de Salz-Kammergut changeraient peut-être leurs plans, et un

station de Lockeren le transbordement des marchandises entre les deux lignes s'élève à 15,000 tonnes par an. Le transport manuel de wagons à wagons est fait de la manière la plus primitive, excepté pour de grands blocs de pierre et de lourdes machines ; on emploie pour eux une forte grue, de la manière suivante :

Les wagons à voie étroite sont mis à côté des plus grands, ou bien à leur suite, sur une voie mixte, et tous les deux sont mis à la portée de la grue ; le charbon et le minerai brisé sont transbordés à la pelle. Les frais de ce transbordement sont naturellement un maximum dont le décompte s'établit ainsi : Le total des frais d'exploitation de la station de transbordement s'élève à 6,688 fr. par an. De cette somme il faut déduire 2,007 fr. pour le service des voyageurs ; il reste 4,678 fr. pour la manutention de 15,000 tonnes, ce qui élève les frais à 3.11 d. (fr. 0.31).

M. Regnard donne aussi la description d'une ligne privée à voie étroite, en Belgique ; elle a 1 pied $11\frac{3}{4}$ pouces ($0^{m}.60$) de largeur, le transbordement des marchandises s'y fait pour 1.5d. (fr. 0.15) par tonne, et au plus à 1.8d. (fr. 0.18) comme maximum ; cette somme, dit-il, donne une moyenne plus exacte que l'expérience acquise à la station de Lockeren sur la ligne d'Anvers à Gand.

J'arrive maintenant à poser les conclusions de mes remarques en réponse à la "Revue" de M. Seymour. J'aurais pu les étendre au double de leur développement actuel, même en me bornant à répondre aux points renfermés dans le pamphlet de M. Seymour, pendant qu'il y en a d'autres qu'il n'a pas touchés, et que par conséquent je m'abstiens de reproduire ici. En même temps j'ai fait tout mon possible pour rester dans les strictes limites des faits, pour ne rien avancer que je ne puisse prouver, et pour ne rien affirmer que l'expérience n'ait prouvé et qui ne soit pas en harmonie avec le sens commun.

Quoique sur plusieurs points je me sois beaucoup plus

[illegible] que je [illegible] pamphlet dont la [illegible] moi, depuis longtemps. Dans le principe, il [illegible] quait pour faire l'épreuve de l'exactitude de mes [illegible] Mais peu à peu l'expérience a prouvé que tout [illegible] avance, pour les lignes à voie étroite bien exploitées, peut leur être attribué, à juste titre. Les préjugés contre les [illegible] à lutter tout d'abord, je les vois diminuer journellement de jour en jour et si j'ai à rencontrer encore une forte opposition elle sera due à l'indifférence ou au préjugé ; l'indifférence [illegible] d'une absence de recherche, et le préjugé, de motifs [illegible]

[illegible] ne cesse pas un seul instant que je me [illegible] constructeur des chemins de fer à voie étroite ; il [illegible] à vapeur bien avant la construction [illegible] à Manchester, et la voie de [illegible] sur système national avant que [illegible] le premier qui ait [illegible] égale dans son [illegible] construire, et j'ai [illegible] Je demande qu'on [illegible] peut être [illegible] à cet [illegible] reconnaître la [illegible] essaye de guider [illegible] des milliers [illegible] construction [illegible] cette quantité [illegible] et le matériel de

[illegible] même parmi les partisans obstinés de [illegible] de nier que le trafic se fait avec [illegible] de poids mort : en d'autres mots [illegible] mieux adaptées pour la voie de 4 pieds

MATÉRIEL TYPE FAIRLIE

POUR LE

CHEMIN DE FER DE DUNEDIN ET PORT-CHALMERS, NOUVELLE-ZÉLANDE.

[Voie de 3 pieds 6 pouces (1 m.06.).]

VOITURE MIXTE.

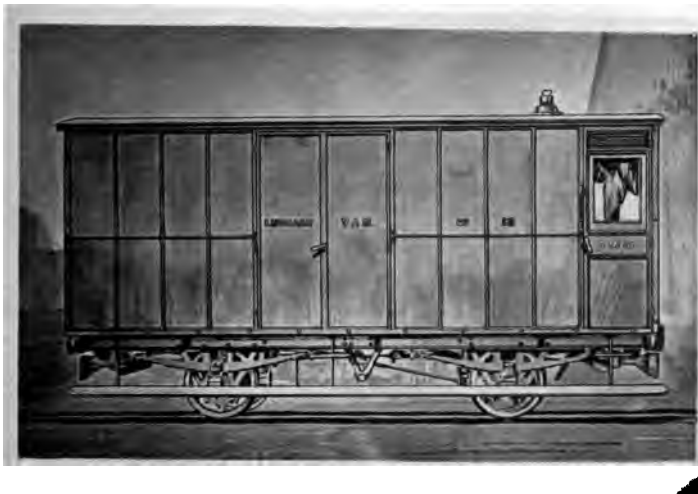
Poids, 3.60 tonnes.

Contenance :

Voyages courts { 8 places de 1re classe. 20 „ 2e „ **Voyages longs** { 6 places de 1re classe. 16 „ 2e „

FOURGON A FREIN, POUR LE BAGAGE DES VOYAGEURS.

Poids, avec un frein à double vis, 3.050 tonnes.



$8\frac{1}{2}$ pouces sont trop grandes pour les poids payants dont le transport est limité par les nécessités du trafic. M. Seymour admet cela clairement, quand il recommande de poser les wagons à voie étroite sur des châssis de voie large. N'est-il pas alors étrange de voir qu'il est si difficile de convaincre les ingénieurs de ce fait, qu'il serait plus économique de construire des chemins de fer présentant un meilleur rapport avec les nécessités de leur trafic respectif, de réduire la grandeur et le poids des wagons jusqu'à ce que l'on atteigne une proportion économique entre le poids mort et le poids utile ; d'obtenir en un mot tous les avantages donnés par un matériel plus léger et plus commode, de pouvoir construire une voie moins coûteuse et de réduire les frais d'exploitation ainsi que ceux des réparations ? La nécessité est si impérieuse, et la solution du problème si claire qu'il est impossible de ne pas le comprendre.

Il y a beaucoup de personnes qui admettent que la voie étroite a des avantages, dans quelques cas, comme pour un trafic peu considérable et incertain. Les ingénieurs qui pensent ainsi n'ont pas suffisamment étudié la question. Pour eux la voie étroite est une voie large sur une échelle réduite, avec une réduction de capacité, d'efficacité, de vitesse et de sûreté ; ils oublient qu'on ne peut assigner aucune limite à la capacité de la voie étroite bien exploitée, et qu'on peut y obtenir, sans danger, une grande vitesse. Pour un pays nouveau et pauvre, disent-ils, la voie étroite est convenable ; ils ont raison, car dans de pauvres pays le bon marché dans la dépense première est de toute importance. Mais je maintiens que pour tous les pays, pauvres ou riches, pour toutes sortes de lignes, principales ou d'embranchements, le système de chemins de fer le plus avantageux est la voie étroite. J'excepte bien entendu les circonstances spéciales où il faut une vitesse de 45 à 60 milles (72 à 96 kilom.) à l'heure ; dans de tels cas l'économie est d'une importance secondaire, et quoique je pense que toute vitesse pratique soit sans danger sur une voie de 3 pieds

MATÉRIEL TYPE FAIRLIE

POUR LE

CHEMIN DE FER DE DUNEDIN ET PORT-CHALMERS,

NOUVELLE-ZÉLANDE.

[Voie de 3 pieds 6 pouces (1 m.06.).]

WAGON COUVERT A MARCHANDISES.

Poids, 2 tons, 15 cwt. (2.750 tonnes); chargement, 7 tonnes; capacité, 546 p. cub. (14 mèt. cub.).

WAGON OUVERT POUR MARCHANDISES.

Poids, 2 tons, 7 cwt. (2.350 tonnes); chargement, 7 tonnes.

4° Le poids mort étant moindre sur la voie étroite que sur la voie large, le poids sur les rails est diminué, et la base de roue étant plus courte il y a plus de facilité à traverser les courbes, alors les rails s'usent moins vite ; le déchirement du rail est aussi évité par le fait que le glissement du rail extérieur est moindre sur la voie étroite que sur la voie large.

5° La force de locomotion nécessaire à la traction d'un poids payant donné, sur une voie étroite, est moindre que celle qui serait nécessaire à la traction du même poids sur une voie large, par ce fait que le poids mort des voitures est moindre dans le premier cas, et en pratique, comme on ne peut obtenir que des chargements partiels pour chaque wagon, l'avantage en faveur de la voie étroite est très-clair.

6° La petite voie permet une grande réduction dans l'énorme poids mort inséparable de la voie large ; l'entretien et les réparations de la route, des machines, du matériel roulant sont réduits, de sorte que l'économie réalisée dans les frais primitifs continue à se produire aussi dans l'exploitation de la ligne.

Sur deux des plus importantes questions, M. Seymour et moi sommes tout-à-fait d'accord : sur la question de sécurité comparative, nous nous accordons aussi, et sur la vitesse relative, il n'y a même pas de grande différence d'opinion entre nous ; mais il ne peut pas encore abandonner la largeur de voie avec laquelle il a été élevé. Par tout ce qu'il abandonne, et par les recommandations qu'il fait, il admet absolument que le rapport du général Buell doit être pris en considération.

J'espère avoir montré clairement pourquoi la suggestion de M. Seymour, d'adapter des voitures de voie étroite sur une voie large, est impraticable ; toutefois j'admettrai volontiers que, avec le type ordinaire de locomotive, la voie étroite est de peu d'avantage. C'est sur ce point que j'affirme avoir tout fait ; c'est par le perfectionnement d'un système de machines, et je fus le premier à le proposer il y a quelques années, que j'ai réussi à rendre la voie étroite supérieure à la voie large, au

point de vue de l'efficacité et de l'économie. C'est la machine Fairlie qui transforme de suite une petite ligne de chemin de fer d'une capacité insignifiante, et d'une utilité très-limitée, en une ligne susceptible de desservir une quantité considérable de trafic : en effet la machine Fairlie ne dépendant pas de la largeur de la ligne qu'elle parcourt, il en résulte qu'une plus grande quantité de marchandises peut être transportée sur la voie étroite que sur la voie large, car non seulement la force de la machine est plus grande, poids pour poids, comme je l'ai déjà expliqué, mais le poids mort à trainer a subi une telle réduction que la puissance utile de la machine est de beaucoup augmentée.

Les avantages que j'assigne à la machine Fairlie sont les suivants :

1° Elle résout le grand problème de la voie étroite et donne autant d'efficacité à de telles lignes qu'à celles de grande largeur.

2° Tout le poids de la machine est utilisé pour l'adhérence, avantage que ne peut donner une autre machine, à moins d'admettre l'inconvénient d'une longue et rigide base de roue.

3° La machine Fairlie, ayant une très-courte base de roues, peut traverser les plus petites courbes sans détériorer ni la voie ni la machine, et en même temps l'articulation parfaite des châssis de dessous avec la chaudière permet tout mouvement vertical ou horizontal.

4° Pendant que le poids entier de la machine est utilisé pour l'adhérence en montant de fortes rampes, la subdivision de poids réduit si considérablement la charge par roue sur le rail qu'on peut employer une section de rail plus légère qu'il ne serait prudent de l'admettre avec les machines ordinaires, même beaucoup moins puissantes.

5° Pendant que la grande surface de chauffe qu'on peut employer par mon système mettra une machine à voie étroite à même de remorquer avec facilité un lourd chargement sur de

LOCOMOTIVE SYSTÈME FAIRLIE

POUR LE

CHEMIN DE FER MEXICAIN.

[Voie de 4 pieds 8½ pouces (1m.44).]

4 cylindres de 15 p. (0m.38) de diamètre et de 22 p. (0m.56) de course ; roues de 3 p. 6 p. (1m.06) de diamètre, toutes couplées ; surface totale de chauffe, 1,687 p. c. (152mc). Approvisionnements : 2,200 gallons (9,900 litres) d'eau, 20 cwt. (1 tonne) de charbon, 180 p. cub. (4.08 mèt. cub.) de bois ; poids en ordre de marche, 59 tonnes ; effort de traction mesuré au rail (avec une pression moyenne de 100 livres [7 kil.]) = 21,600 livres (9,720 kil.)

LOCOMOTIVE-FAIRLIE

POUR LE

CHEMIN DE FER DE DUNEDIN ET PORT-CHALMERS, NOUVELLE-ZÉLANDE.

[Voie de 3 pieds pouces m.06).]

4 cylindres de 10 p. (0m.25) de diamètre et 18 p. (0m.46) de course ; roues, de 3 p. 9 p. (1m.14) de diamètre, toutes couplées ; surface de chauffe totale, 892 p. carrés (80mc) ; approvisionnements : 890 gallons (4,000 litres, d'eau, 17 cwt. (850 kil.) de charbon ; poids en ordre de marche, 28 tonnes ; effort de traction (au rail, avec une pression moyenne de 100 livres [7 kil.]) = 8,000 livres (3,600 kil.).

longues et fortes rampes, ce qu'il serait impossible de faire avec des machines ordinaires de la même voie parce qu'elles manqueraient de vapeur, le niveau d'eau au-dessus de la boîte à feu reste toujours constant. Cela explique l'impossibilité où l'on est d'employer deux machines ordinaires accouplées, pour faire le travail d'une seule machine Fairlie parce que les deux machines avec un chargement complet derrière elles, dépenseraient leur vapeur aussi vite qu'une seule, et parce que, tandis que le niveau de l'eau dans une des machines serait très-élevé au-dessus du foyer, le foyer de l'autre machine pourrait se trouver à découvert.

6° La machine Fairlie donne plus de force et fonctionne avec plus d'économie, et une consommation de combustible que l'expérience montre être au moins de 25 pour cent inférieure à celle de deux machines quelconques des mêmes dimensions principales.

7° Sur les voies les plus difficiles, la machine Fairlie fonctionne d'une manière extrêmement aisée, une longue expérience a attesté cette vérité. Les mêmes avantages existent exactement si l'on fait une comparaison entre la machine Fairlie et la locomotive ordinaire sur la voie généralement adoptée ; il est toujours sous-entendu que le chiffre du trafic doit être assez élevé.

Voici les objections que l'on fait à l'emploi de la machine Fairlie pour les chemins de fer à voie étroite :

1° La machine peut avoir plus de force qu'il n'en faut pour le trafic, et deux machines ordinaires seraient plus convenablement employées ensemble quand il le faut, et séparément dans les circonstances ordinaires.

Cette première objection est un argument très-puissant en faveur de la voie étroite, car si une locomotive ordinaire, d'une force très-limitée, est suffisante pour le trafic total, quelle disproportion n'aurait pas alors une ligne de 4 pieds 8½ pouces pour un trafic qui peut se faire par une machine ordinaire sur

une voie étroite? Mais j'affirme que par une sage organisatio un nombre suffisant de trains pesants peut toujours être expédi (à moins que la ligne ne soit tout-à-fait insignifiante); et il e évidemment moins coûteux d'expédier un long train que deu courts, remorqués par des machines séparées. Quant à l'acco plement accidentel des deux machines, j'en ai parlé plus haut.

2° On affirme que les joints de vapeur reliant la chaudiè aux cylindres et au tuyau d'échappement ne resteront p étanches. L'expérience a prouvé que cette crainte n'était p fondée.

3° Les réparations seraient excessives? L'expérience prou que ceci n'est pas exact.

4° On objecte aussi que les machines Fairlie seraient tro puissantes pour les chaînes d'attelage des wagons du matéri ordinaire, et que pour cette raison on ne pourrait utiliser con plètement leur puissance; on oublie que l'on peut adapter à u trafic quelconque quoique limité, la capacité de ces machine mais je déclare hautement qu'une des principales causes d bris actuel des chaînes d'attelage "est le manque de force da la machine ordinaire," parce que ces machines ne peuve démarrer leurs trains que lorsque les attelages des wagons so lâches, c'est-à-dire présentent un espace de 6 à 12 pouc (0m.19 à 0m.30) entre les tampons des wagons contigus. C'e pourquoi les machines démarrent les wagons les uns après l autres, et de cette manière elles peuvent avoir parcou 7 ou 8 yards (6 à 7 mètres) avant que le mouvement ne so imprimé au dernier wagon. On comprendra facilement q ce mode de démarrage réclame une grande précaution la part du mécanicien, parce que le brusque mouvement i primé aux wagons à l'arrière du train, quand la première p tion à déjà acquis une vitesse de 3 ou 4 milles à l'heure, e trop fort pour les chaînes d'attelage, et produit souvent le rupture. Elles ne se brisent jamais par une bonne tractio et ce n'est que par les coups de traction brusques donn

LOCOMOTIVE-FAIRLIE

POUR LE

CHEMIN DE FER DU "PATILLOS," PÉROU.

[Voie de 2 pieds 6 pouces (0 m.76).]

4 cylindres de 10 p. (0 m.25) de diamètre et 18 p. (0 m.46) de course; roues de 3 p. 3 p. (1 m) de diamètre, toutes couplées; surface de chauffe totale, 829 p. c. (78 m c); approvisionnements: 800 gallons (3,600 litres) d'eau, 17 cwt. (850 kil.) de charbon; poids en ordre de marche, 26 tonnes; effort de traction (au rail, avec une pression moyenne de 100 livres [7 kil.]) = 9,230 livres (4,200 kil.).

LOCOMOTIVE-FAIRLIE

POUR LES TRAINS EXPRESS-POSTES,

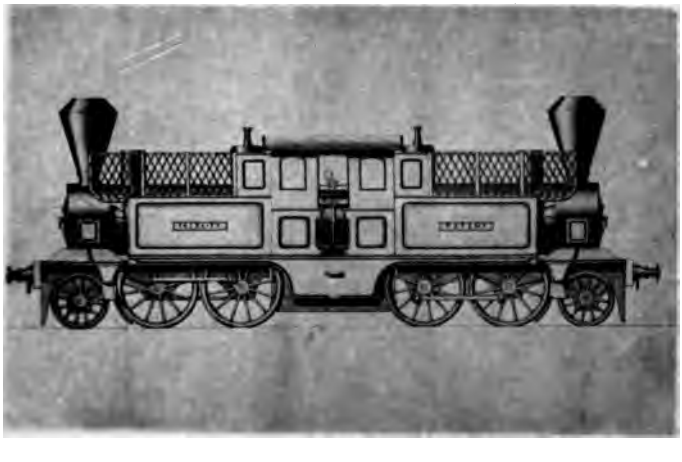
SUR LE

CHEMIN DE FER "GRANDE COMPAGNIE RUSSE."

[Voie de 5 pieds (1 m.52.).]

4 cylindres de 14 p. (0 m.36) de diamètre, 22 p. (0 m.56) de course; 8 roues motrices de 5 p. 6 p. (1 m.68) de diamètre; roues de support de 3p. 6p. (1 m.06); surface totale de chauffe, 1,520 p. c. (137 m c); approvisionnements: 2,400 gallons (10,800 litres) d'eau, 360 p. cub. (10 mèt. cub.) de bois; poids en ordre de marche, 54 tonnes; effort de traction (au rail, avec une pression moyenne de 100 livres [7 kil.]) = 13,000 liv. (5,890 kil.).


LAUREL



au moment du départ. Ce peu de raideur des chaînes contribue aussi quelquefois au bris des wagons, parce que sur une route inégale quelques-uns montent sur les autres ; leur choc rejette l'anneau de la chaîne d'attelage hors du crochet de traction, et le train se trouve alors divisé en deux parties ; cet accident arrive souvent sur les rampes : les wagons détachés font bientôt un mouvement rétrograde le long de la rampe, mettant ainsi souvent la vie des voyageurs en danger, et causant d'immenses dommages.

Ces brusques mouvements sont très-nuisibles aux wagons, parce que le choc agissant directement sur le châssis, il y a par suite tendance à arracher de son châssis le corps du wagon qui contient le chargement. On peut surtout remarquer cela dans le transport des bestiaux, et voir comment les animaux, étant jetés contre l'extrémité du wagon, sont souvent renversés et estropiés. Le fait se produit aussi lors de l'arrêt du train, mais cette fois-ci l'accident est causé par la rupture ou le décrochage des chaînes d'attelage ; les faits sont dans un ordre inverse, mais sont également destructeurs pour les wagons et leur chargement. Je maintiens que ce tamponnement et ce brusque mouvement occasionnent plus de destruction et de frais d'entretien que si les wagons faisaient en charge dix fois plus de parcours qu'ils ne le font aujourd'hui ; il faut alors 1° que les wagons soient beaucoup plus pesants qu'ils ne devraient l'être ; 2° que les chaînes d'attelage soient plus fortes qu'il ne faut, et ils s'usent en raison de leur poids mort.

Or, avec la machine et le matériel Fairlie, les voitures et wagons sont tous attelés rigidement les uns aux autres, de sorte qu'il n'y a ni coups de tampons, ni mouvements brusques ; la machine Fairlie, en raison de ses quatre cylindres " peut démarrer n'importe quel train sur toute rampe qu'elle peut gravir, avec une vitesse de 12 milles (20 kilom.) à l'heure ;" en conséquence les wagons peuvent être réduits en poids, et l'on trouvera aussi les chaînes d'attelage en usage actuel assez

fortes pour des trains du double de la longueur actuelle : la durée des wagons serait plus considérable, et les frais d'entretien seraient réduits à un minimum.

5° On objectera qu'au passage du sommet d'une rampe opposée, les roues motrices de l'avant-truck mobile descendant, tandis que l'arrière-truck mobile continue son ascension, il y a tendance à dérailler ; la raison étant que le poids normal qui repose sur elles serait diminué, la ligne d'axe du truck mobile restant parallèle à celle de la chaudière, et de cette manière l'avant de la machine serait allégé à un degré dangereux. Ce raisonnement est certainement erroné, et comme cette objection a été soulevée, en dehors des remarques de M. Seymour, par un ingénieur considéré comme un de nos meilleurs praticiens en locomotives, j'ai cru devoir répondre à cette dernière un peu plus longuement que je ne pourrais le faire ici ; j'ai alors développé dans un appendice la démonstration de l'erreur de cet argument.

La dernière et la plus grande objection faite dans ce pays à la locomotive Fairlie, c'est parce qu'elle *est* la machine de Fairlie. Le même préjugé qui s'efforce d'empêcher le développement des chemins de fer à voie étroite s'étend aussi, et cela peut-être tout naturellement, aux moyens de développer leur utilité.

Maintenant je laisse cette grande et importante question des chemins de fer à voie étroite à l'examen du public, avec l'espérance que j'ai entièrement démontré la vérité de la proposition que j'avais avancée dans un exposé lu par moi à Liverpool, en 1870, devant les membres de la "British Association"—proposition qui devrait être gravée dans l'esprit de tout ingénieur, et qui se formule ainsi : *tout pouce, ajouté à la largeur d'une voie, en plus de ce qui est absolument nécessaire pour le trafic, accroît les frais de construction, augmente la proportion du poids mort, les frais d'exploitation, et, en conséquence, cause aussi l'augmentation des tarifs imposés au public ; d'où réduction d'autant de l'effet utile des chemins de fer.*

LE CHEMIN DE FER

DE

DENVER ET DE RIO-GRANDE.

Depuis la rédaction de ce livre, j'ai reçu de Samuel Bowles, Esq., dont la réputation est faite, un rapport sur le chemin de fer de Denver et de Rio-Grande, auquel j'ai déjà fait allusion ; les extraits suivants montreront combien les faits confirment mes assertions :

Il y a deux ans, alors qu'il n'existait pas un mille de voie ferrée dans tout le Colorado et que le silence de ses vastes plaines n'avait jamais été interrompu par le sifflet de la locomotive, on causait à Denver du réseau des chemins de fer du Colorado, dont cette ville devait être naturellement le centre, avec autant de confiance scientifique et de minuties de détails qu'un jeune chirurgien explique à un ignorant ébahi le système merveilleux et compliqué du corps humain. Si l'auditeur était enclin à l'incrédulité, ses instincts lui enseignaient à ne pas le laisser voir ; il écoutait, était frappé d'étonnement, et se prosternait devant l'audace occidentale ! Mais maintenant, il voit tous ces projets réalisés ; l'entreprise a réussi en appliquant tous les détails proposés dans le principe, et même quelques-uns dans lesquels on avait à peine confiance.

Cinq lignes distinctes rayonnent autour de Denver : le Kansas-Pacific, qui forme sa jonction directe et principale avec l'Est ; le Denver-Pacific, s'étendant au Nord sur un espace de près de cent milles et se raccordant avec le tronc principal de la ligne Pacific-Union, à Cheyenne ; la ligne de la vallée de Boulder, arrivant de trente milles au Nord-Ouest au pied des montagnes, reliant déjà des houillères étendues, aux hauts fourneaux de Denver ; l'année prochaine sera signalée par l'addition de vingt milles à cette ligne, de manière à pénétrer dans le centre d'une contrée riche en or et en argent, le Colorado central, s'étendant à l'Ouest dans les montagnes ;

vingt milles sont ouverts maintenant jusqu'à "Golden City,"* au pied des montagnes ; le tracé est ensuite préparé bien au delà de l'étonnant "Clear Creek Canyon," vers le centre du grand district minier de "Central City" sur une longueur d'environ quarante milles qui seront achevés en une année environ ; et enfin la ligne de Denver et Rio-Grande, s'étendant vers le Sud, et aujourd'hui livrée à la circulation jusqu'au point d'où je date cette lettre, à soixante-seize milles de Denver. Cette ligne, s'étendant vers le Sud, sera prolongée de quarante-trois milles jusqu'à la ville florissante de Puebla, sur la rivière Arkansas, et sera finie pour le printemps prochain. Outre ces lignes livrées à l'exploitation, et leurs embranchements, d'autres projets de chemins de fer s'organisent et promettent d'être bientôt en voie d'exécution.

Un de ces projets est la ligne directe tracée vers la ligne de l'Union-Pacific, s'étendant au nord-est de Denver jusqu'à Julesbourg, station de ladite ligne, située à cent milles à l'est de Cheyenne ; ce chemin traverse une contrée où abondent les fermes et les pâturages, au nord-est du Colorado. Cette entreprise est patronée par la ligne Union-Pacific, tandis que le Denver-Pacific est sous le patronage du Kansas-Pacific, et elle apportera à l'Union-Pacific, ce dont cette ligne est aujourd'hui privée, une juste participation au trafic provenant de l'est du Colorado. Un autre projet consiste dans une ligne partant de Denver, Canon City, ou des sources du Colorado, et allant dans la contrée de South Park, et le centre de son riche district minier, avec un prolongement ultérieur, par la route de Hoosier Pass, ou les chutes de l'Arkansas, vers la vallée de Salt Lake ; il ferait là sa jonction avec la ligne centrale Pacifique de Californie, ce qui donnerait à cette dernière l'avantage de deux points de raccordement avec l'Est. Outre ces lignes, et se présentant comme les deux nouvelles entreprises principales promettant le plus de succès, se trouvent plusieurs projets de prolongements des lignes actuelles pour relier des houillères ou des exploitations d'or et d'argent d'une valeur reconnue, dans les chaînes de montagnes ou sur leurs flancs.

Le principal objet de cette lettre est de décrire cette vaste entreprise de Denver et de Rio-Grande, qui est le commencement d'une grande ligne du Nord au Sud, s'étendant du centre des Etats-Unis jusqu'au centre du Mexique, courant le long du plateau supérieur situé juste au pied de la grande chaîne de montagnes qui forme, pour ainsi dire, l'épine dorsale du continent, et traversant un pays riche en ressources agricoles et minérales ; cette contrée est très-favorable, par les motifs ci-dessus, par la salubrité de son climat, à l'émigration faite sur une grande échelle. Pour la nation,

* Cité d'Or.

sinon pour le Colorado lui-même, c'est là l'importance capitale de ce réseau si renommé ; mais il y a un deuxième point de vue d'intérêt spécial qui doit attirer l'attention de tout constructeur et exploitant de chemins de fer, c'est que cette ligne est établie suivant les principes de la fameuse voie étroite, maintenant à l'ordre du jour. Il y a deux courtes lignes de cette sorte, au Canada, desservant des districts agricoles ; mais on peut à juste titre compter celle qui nous occupe, comme la première entrant hardiment en lutte et en concurrence avec les lignes ordinaires à voie large ; cette ligne placée dans une contrée d'une valeur sans conteste au point de vue de la justification de l'établissement des chemins de fer et du commerce en général, a choisi la voie étroite, non seulement dans le but d'avoir une construction moins coûteuse, mais encore dans l'espérance de réaliser une exploitation plus économique et mieux utilisée tout en desservant un trafic général pouvant augmenter sans limite. Le succès de la construction et de l'exploitation des premiers soixante-seize milles de cette ligne, parcourant une contrée peu accidentée, aussi favorable pour la construction d'une voie large qu'aucune autre partie de nos plaines de l'Ouest, a surpris à juste titre tous les gens intéressés à l'art des chemins de fer, et venus pour critiquer et inspecter cette ligne, non seulement de toutes les parties de l'Amérique, mais de l'Europe ; une nouvelle bataille entre les largeurs de voies a été ainsi engagée.

La vieille guerre représentée par la lutte de la voie de 6 pieds ($1^{m}.83$) de l'Erie, avec la voie de presque toutes les autres lignes américaines et européennes, c'est-à-dire 4 pieds $8\frac{1}{2}$ pouces ($1^{m}.44$) avait cessé ; la bataille avait été gagnée par la petite largeur de voie ; mais maintenant le défi a été jeté à cette dernière par une ligne lilliputienne de 3 pieds, qui lui demande de prouver son droit à rester maîtresse du champ de bataille en se fondant sur des motifs d'économie et de capacité. Il ne m'appartient pas, non plus qu'à aucun autre, de trancher cette question dès maintenant. Je puis seulement parler de ses particularités, et décrire les progrès de l'expérience, qui ici, presque dans les plaines sauvages de l'Amérique centrale, a si soudainement soulevé la question, fait aussi incroyable et unique qu'aucune des nombreuses innovations et révolutions singulières, jetées par l'Amérique à la face d'un monde marchant méthodiquement. On me permettra de confesser la profonde impression produite sur moi par ce que j'ai vu et entendu de ce qui se rapporte à cette entreprise.

La voie et ses trains en premier lieu paraissent comme un jouet de

chemin de fer, contrastant avec les voies plus larges et plus pesantes, et les véhicules plus grands des autres lignes ; de construction délicate, tous les deux semblent presque trop faibles pour un travail dur et actif, et paraissent surtout incapables de soutenir la grande lutte qu'ils ont cependant sollicitée. Néanmoins, tous deux accomplissent certainement leur tâche, en présentant confort, célérité et succès. La chaussée de la voie présente 10 à 12 pieds de large ($3^m.05$ à $3^m.66$), au lieu de 15 pieds ($4^m.62$) ; la distance entre les rails est de 3 pieds ($0^m.915$), au lieu de 4 pieds 8½ pouces ($1^m.44$) ; les traverses ont 6½ pieds ($1^m.98$), au lieu de 8 pieds ($2^m.44$) ; le poids par yard des rails est de 30 livres (16½ k. par mètre), au lieu de 56 (31) ; les machines pèsent de 12 à 16 tonnes, au lieu de 25 à 30 tonnes, et n'ont sur leurs roues motrices que presque la moitié du poids qui repose sur celles des locomotives plus grandes ; les voitures (cars) à 8 roues, portant 32 voyageurs, pèsent 6 tonnes, au lieu de 18 tonnes sur 8 roues et pour 50 personnes ; les wagons pèsent 2 tonnes, sont à 4 roues, et portent de 4 à 5 tonnes, comparés aux autres de 9 tonnes, à 8 roues, et susceptibles de porter 10 tonnes. Quatre personnes étaient assises dans le car ordinaire ; trois seulement le sont dans les cars étroits, deux d'un côté et une de l'autre côté du couloir ; le couloir du car présente au milieu de sa longueur une porte de séparation ; les siéges pour deux ou une personne respectivement, sont opposés dans les deux parties, de manière à équilibrer la voiture. Les cars introduits dans le principe avaient 7 pieds de large ($2^m.13$) et 10½ pieds ($3^m.20$) de hauteur du rail à leur sommet. On a trouvé qu'ils étaient un peu trop ramassés de forme et ne se prêtaient pas tout-à-fait suffisamment au confortable voulu pour les voyageurs, et l'on est en train de remédier à cet inconvénient dans les nouveaux cars en voie de construction. Des cars à lit, ou avec salon, peuvent être construits pour les voies étroites, et donner place à encore plus de personnes, en proportion de leur grandeur et de leur poids, que ne le font actuellement les cars ordinaires de ce genre.

Les nouveaux wagons à marchandises sont à 8 roues, pèsent 3¼ tonnes et portent 9 tonnes.

Les frais de construction de ces 76 milles (120 kilom.) et de leur équipement, *y compris stations, abris contre la neige, palissades, ballast complet, ateliers pour wagons et machines, hôtels, bureaux, et les accessoires de l'exploitation*, se sont élevés à 14,000 dollars *par mille* (46,000 fr. environ par kilom.), pendant que la ligne du Kansas-Pacific, passant à travers un pays semblable, construite par les mêmes ingénieurs, et presque par les

mêmes entrepreneurs, a coûté 22,000 dollars (environ 69,000 fr. par kilom.). La nouvelle route, il est vrai, présente quelques avantages, la main-d'œuvre était moins coûteuse, l'expérience plus acquise, et la proximité plus grande pour les traverses et plusieurs autres matériaux.

La différence réelle entre les dépenses des deux lignes dans un pays ouvert comme celui-ci serait, il me semble, inférieure aux chiffres cités ; mais si l'on pénètre dans une région montagneuse, où de profondes excavations, ainsi que des tunnels sont nécessaires, où il faut grimper le long des collines, et contourner les escarpements difficiles, les avantages seraient beaucoup plus marqués. Ainsi, par exemple, on travaille actuellement à une ligne montant le long du "Clear Creek Canyon" jusqu'au centre de la montagne formant le district minier du Colorado ; *on avait fait une estimation se montant à* 90,000 *dollars par mille pour la grande largeur de voie, et la voie étroite a coûté seulement* 20,000 *dollars.* Si l'on prend la moyenne de la construction des chemins de fer, il n'est probablement que juste de dire que les voies étroites peuvent être construites et équipées *pour environ les trois cinquièmes du prix d'une voie ordinaire.* Considérez aussi le grand avantage qu'obtient la voie peu coûteuse et étroite sur la voie large dans sa plus grande facilité de payer la charge des intérêts du capital. Ce compte est "le vieil homme de la mer," qui s'attache aux épaules de chaque nouvelle compagnie de chemins de fer, et l'on pourrait raconter mainte fâcheuse histoire de la manière dont certaines entreprises ont échoué peu à peu malgré leur énergie, et ont été à la fin absorbées par les obligataires. Mais comme la voie étroite ne coûte que les trois cinquièmes du prix de la voie large, elle n'a que les trois cinquièmes de l'intérêt à payer ; elle présente en même temps une *égale capacité* pour rapporter *autant d'intérêt* que la voie large, attendu qu'elle transporte *à des prix rémunérateurs toutes les marchandises et les voyageurs que recevrait la voie large.* En d'autres termes, toutes choses égales d'ailleurs, la sécurité de l'argent placé en obligations de la ligne à voie étroite est comme *cinq est à trois,* comparativement à un placement semblable pour une ligne à voie large.

Partant de Denver, la ligne qui nous occupe parcourt la vallée de la Platte et de ses tributaires jusqu'au sommet de ce qu'on appelle "le Colorado divide," * qui est une crête de plateau élevé formant angle droit avec la chaîne de montagnes, et séparant les eaux de la Platte et de l'Arkansas. Il y a 8,000 pieds (2,400 m.) d'altitude s'élevant de 2,000 pieds (600 m.)

* Faîte du Colorado.

[illegible] graduellement et [illegible] La route descend ensuite avec la même [illegible] d'une altitude de [illegible] pieds [illegible] des affluents [illegible] de l'Arkansas [illegible] ne prétend à aucun avantage sur la voie large [illegible] si ce n'est que ses trains ont [illegible] *une forte rampe* [illegible] de la flexibilité pour contourner [illegible] *double avantage*.

[illegible] ensuite la question la plus importante [illegible] [illegible]lation. Les véritables avantages [illegible] en partie [illegible] et des capacités de [illegible]

en marchandises ; il y a toujours beaucoup de place vide. Il est probablement très-rare qu'un train ordinaire de marchandises porte autant de tonnes de poids payant qu'il en a de poids mort ; tandis que lorsque nous considérons combien est plus grand le nombre de marchandises sur une voie que sur l'autre en général, et par conséquent, combien de wagons vides ou à moitié remplis doivent être remorqués dans un sens, de plus, quand nous considérons les nécessités du trafic local, et le nombre de wagons remplis à moitié ou au quart, exigés pour desservir ce trafic, nous pouvons croire sans peine que la moyenne de l'excès de poids mort considéré est très-élevée.

On affirme actuellement que pour les voies étroites, et en vertu du principe posé, il y a, par leur emploi, certitude absolue de réduction de cette grande différence ; et l'on assure que dans l'expérience actuelle où les véhicules doivent être souvent à moitié chargés, ou faire dans un sens un parcours entièrement à vide, *l'avantage des vehicules plus petits et plus légers, accroîtra encore le gain sous le rapport de la puissance ou du matériel.* Ces assertions reposent en majeure partie sur la théorie, il est vrai ; il n'y a pas encore eu de grande ni de complète expérience avec les lignes à voie étroite, desservant un trafic général et mises en comparaison directe avec la voie ordinaire ou large ; mais la théorie est certainement plausible, et le peu d'expérience acquise l'appuie ; la théorie et l'expérience ont fait naître une certaine foi dans la supériorité de la voie étroite, et elle va acquérir rapidement et sur une grande échelle la faveur du public et une sanction pratique.

Le gouvernement russe a adopté la voie de 3 pieds 6 pouces (1m.06) pour de nouveaux et importants chemins de fer dans ce pays. Dans l'Inde, après une grande lutte entre les partisans des vieux principes et des nouveaux, on a adopté une voie de 3 pieds 3 pouces (1m.00) pour le grand réseau des chemins de fer, et l'on va commencer la construction de plusieurs milliers de milles de cette voie.

On remarquera par ces indications de différentes largeurs de voie, que les partisans de la voie étroite ne paraissent pas encore fixés sur une largeur déterminée. La voie du Festiniog (pays de Galles), chemin qui a été le commencement pratique des voies étroites, a seulement 2 pieds (0m.60) de largeur, mais son trafic consiste dans le transport d'ardoises seulement, et presque partout on la regarde comme trop étroite pour le trafic général. Les voies norwégiennes, qui semblent être venues après la précédente, ont 3 pieds 6 pouces (1m.06), mais elles parcourent un pays agricole et peu habité, et le titre de modèle leur est refusé par les

principaux partisans de la voie étroite. Les Russes ont adopté la même largeur, en partie par la force de l'exemple de leur voisin, mais plus encore peut-être comme compromis avec les ingénieurs du vieux système qui défendent la voie large.

Le choix fait par l'Inde d'une largeur de 3 pieds 3 pouces vient probablement de ce que cette mesure correspond au mètre français, regardé dans les cercles scientifiques comme l'étalon futur des mesures. M. Fairlie, cependant, l'ingénieur civil anglais, qui s'est identifié le plus complètement avec les intérêts des lignes étroites, pense que la largeur de 3 pieds (0m.91) est la véritable mesure. Elle donne, selon lui, une capacité suffisante, tout en réduisant le poids mort au minimum convenable; si l'on adopte une largeur plus petite, la capacité décroît outre mesure; si l'on en choisit une plus grande, le poids mort augmente semblablement. D'après cet argument et l'exemple de l'expérience acquise ici, la voie de 3 pieds est généralement adoptée comme type de voie étroite en Amérique; et ceux qui ne sont pas familiers avec les questions et les discussions touchant aux chemins de fer, qui ont eu lieu ces derniers six mois, seront surpris de constater avec quelle intensité et dans quel large rayon l'idée de la voie étroite s'est emparée du développement des chemins de fer en Amérique.

Il y a en vérité une sorte de contagion dans notre pays, et la plupart des nouvelles lignes projetées à l'Ouest ont adopté le principe de la voie étroite ou bien examinent sérieusement s'il n'est pas de leur intérêt de l'adopter. *La ligne du Colorado central, tracée dans les montagnes à partir de Denver, est en train de diminuer la largeur de sa voie, et son extension projetée à l'Est avec un raccordement sur l'Union-Pacific à "Pine Bluff," sera de la même largeur. La ligne* en voie de construction *de Ogden vers le nord de l'Utah*, dirigée vers Montana, et connue sous le nom de ligne du nord d'Utah, est à voie étroite; on a déjà commandé le fer pour quelques-unes de ses premières sections. Une nouvelle ligne, traversant les plaines qui s'étendent du fleuve du Missouri jusqu'à Denver, et partant de Leavenworth, nommée "*Leavenworth et Denver*" (600 milles, soit 960 kilomètres, de longueur) est non seulement projetée avec voie étroite, mais encore la chaussée sur 100 *milles* (160 kilom.) de long est préparée, le fer est acheté, et l'équipement est en voie de construction. Le grand roi des chemins de fer de Leavenworth, "Len" Smith, qui passe pour avoir acheté à M. Caldwell sa place au sénat des États-Unis, est le père de cette entreprise, tandis que l'appui et l'encouragement viennent du remuant et

entreprenant " Tom " Scott, du cercle de la ligne centrale de Pennsylvanie. *La compagnie du Grand-Pacific du Sud, commençant au Texas*, a voté l'adoption de la voie étroite, mais pour construire, elle a besoin de la sanction du gouvernement à Washington. *Une ligne à voie étroite a été* commencée *entre Terre-Haute et Cincinnati. Un embranchement à voie étroite de la ligne centrale de Pennsylvanie, situé dans la région des charbons semi-bitumeux, est en cours de construction ; la ligne centrale d'Arkansas, allant d'Hélena à " Little Rock,"* avec un embranchement sur " Sulphur Springs " est en train d'établir un chemin à voie étroite, et a commandé ses véhicules. *En même temps, presque tous les états, depuis le Massachusetts jusqu'à la Californie* présentent des projets naissants de lignes principales ou de branches locales devant être construites sur le nouveau principe. St-Louis s'est beaucoup occupé d'un nouveau chemin construit sur un large plan et devant être *à voie étroite ; ce sera une route directe allant à New-York*, et ayant des embranchements allant à l'intérieur de New-England, et à Philadelphie et Washington. Tout est étudié sur le papier, les frais sont calculés, et les dépenses sont réparties entre les comtés des divers états au travers desquels ce chemin est appelé à passer. Un autre grand projet de voie étroite est celui de quelques propriétaires de terrain houiller de Pennsylvanie, *pour une ligne directe allant de leurs mines de houille jusqu'au cœur de New-England*, dans le but de fournir aux régions manufacturières le matériel générateur de la vapeur, au plus bas prix possible. Quant au Colorado, il a la voie étroite " au cerveau." *Les chemins de fer des rues de* Denver *sont à voie étroite.* Un langage spécial à la voie étroite enrichit ou abaisse, comme vous le voudrez, le langage local ; ainsi, par exemple, une des meilleures dénominations est celle de " jackass," attribuée à un " entêté comme une mule en faveur de la voie étroite."

Naturellement la possession d'une grande quantité de chemins de fer à voie large est un obstacle pratique au développement de la nouvelle idée. L'impossibilité de faire des raccordements, c'est-à-dire de transférer des wagons d'une voie d'une largeur, à une autre d'une autre, influera sur beaucoup de projets, et empêchera l'extension rapide des nouveaux chemins de fer, avant que leur supériorité ne soit absolument prouvée. Mais, dans l'esprit public, les frais de transbordement d'un wagon dans un autre ont été exagérés. Avec des combinaisons mécaniques les dépenses de cette sorte peuvent être réduites à une fraction minime des frais de transport ; et du moins sur ce point il n'y a pas de raison suffisante contre l'introduction de la voie étroite pour les lignes d'embranchement des lignes existantes,

lorsque ces embranchements ont à parcourir une contrée montagneuse ou une contrée agricole, peu peuplée, n'ayant pas les fonds nécessaires pour construire la voie plus large et plus coûteuse, mais qui est arrêtée dans son développement et souffre dans son délaissement parce qu'elle n'a pas de chemin de fer la reliant aux affaires et au monde social. N'importe, la voie étroite jette hardiment son gantelet dans l'arène et défie les vieilles lignes à un combat à armes égales, ne faisant pas d'apologie pour elle-même, n'acceptant aucune restriction, mais insistant sur ce que dans une contrée en plaine, comme en pays de montagnes, pour un grand comme pour un petit trafic, elle a tous les avantages pour beaucoup de raisons, et elle compte seulement sur le temps et sur l'opportunité des circonstances pour prouver ce qu'elle avance.

Il y a en outre quelque chose de plus de dû à l'impulsion donnée à cette grande question de la voie étroite en Amérique. Les principaux promoteurs sont les habitants de Philadelphie et du Colorado ; le capital vient en partie de Philadelphie, mais principalement d'Angleterre et de Hollande. Le général William J. Palmer, qui est un "graduate" * de la guerre et qui appartient au chemin de fer central de Pennsylvanie et au chemin de fer du Kansas-Pacific, est l'ingénieur pratique et le président de cette affaire ; et MM. J. Edgar Thomson, S. M. Felton, R. H. Lamborn, de Philadelphie, et A. C. Hunt, ancien gouverneur du Colorado, sont ses habiles collaborateurs. Les emprunts pour la route s'élèvent à 16,000 dollars par mille, et l'argent a été réalisé pour sa construction jusqu'à Puebla, 119 milles au-dessous de Denver, tandis que des négociations se font pour obtenir les moyens de pousser activement les travaux au travers du Nouveau-Mexique et jusqu'aux "Halls of the Montezumas" † même. A une distance de 86 milles plus loin que Puebla se trouve Trinidad, la dernière ville importante du Colorado. De là au fleuve Rio-Grande il y a 100 milles à peu près ; jusqu'à Santa-Fé 75 milles ; jusqu'à Albuquerque, sur le 35e cercle de latitude, il y 100 milles ; en ce point la ligne traversera le chemin de fer de l'Atlantique et du Pacifique allant à l'Ouest, vers la Californie ; à 260 milles d'Albuquerque on trouve El Paso, sur les confins du Mexique, et la ligne du Texas-Pacific, qui est à 260 milles plus loin ; on atteint Chihuahua 350 milles plus loin ; et finalement de cette ville à la capitale du Mexique il y a 650 milles. Ainsi la distance de Denver au Mexique est à peu près de 750 milles (1,200 kilom.), et de là à la capitale du Mexique il y a 1000 milles (1,600 kilom.).

---

* Gradé. † Palais de Montézuma.

Il paraît probable aujourd'hui que cette distance sera parcourue et ces places atteintes par ce chemin avant qu'elles ne le soient par aucune autre ligne des Etats-Unis. Le Nouveau-Mexique, avec son commerce important, ses ressources agricoles aussi bien que minérales, si riches, si variées, sera tout d'abord desservi par la ligne du Colorado ; et l'annexion probable du Mexique aux Etats-Unis recevra sa première et grande impulsion pratique par l'émigration qui viendra par ce haut plateau qui est dans le centre du continent, — vaste région de climat tempéré, offrant les productions de la zône tempérée, salubrité et richesse, et en tous points un champ libre pour une population et sa prospérité. Ce sont là d'importantes suggestions pour l'homme politique et pour l'homme d'Etat, et elles donnent à cette route encore plus d'importance comme œuvre nationale, qu'elle n'en avait comme étant le premier début et le représentant de la voie étroite en Amérique. Par les mêmes raisons, la ligne venant du sud du Missouri et du Kansas, passant au travers du territoire indien dans le Texas, sera le signal et la source d'une nouvelle prospérité pour cette grande région, cette ligne similaire allant à Mexico à travers une contrée très-fertile et très-richement pourvue, très-saine, n'offrant pas les tentations des tropiques, non plus que les influences avilissantes des contrées de la côte, inaugurera une ère nouvelle pour le Mexique, lui donnera de nouvelles populations, une nouvelle croissance matérielle et un nouvel avenir politique.

L'on doit se rappeler que le Mexique a une population de 9,000,000 habitants, est dépourvu de toute rivière navigable et n'a encore que 200 milles de chemins de fer. D'un autre côté, la partie des Etats-Unis qui se trouve à l'ouest du fleuve Mississipi, y compris Saint-Louis, n'a pas la moitié de ce nombre d'habitants, et cependant possède le Missouri, l'Arkansas, la Colombia et le Sacramento, et tous ces fleuves sont navigables pour les bateaux à vapeur et radeaux ; en plus on y trouve à ce jour 4,000 milles de chemins de fer. Réfléchissez à ces contrastes. Pensez un moment que Mexico est à 200 milles à l'ouest de Vera-Cruz, et 600 milles à l'est du Pacifique. Pensez à la grande richesse minérale de cette contrée, principalement en argent, et vous verrez là un champ et une puissance de développement et d'amélioration dont ces simples cent milles de chemin de fer à voie étroite dans le Colorado sont le commencement. C'est à leur extension rapide que les Américains sont destinés à pénétrer les premiers dans ce pays et à l'envahir. Aucun pays civilisé n'offre, échelonnées sur un chemin de fer, une série de villes plus importantes et plus favorables pour nos entreprises modernes. Ainsi nous trouvons Queretaro, Guanajuate, San-Luiz-Potosi, Zacatecuo, Durango et Chihuahua, avec des

populations de 20,000 à 80,000 habitants chacune, et prêtes à embarquer leur argent à la tonne.

Ce qui se relie encore à ces suggestions est ce fait que le général Rosecrans et quelques associés ont obtenu récemment du gouvernement du Mexique une concession importante pour des voies ferrées allant depuis Vera-Cruz, en passant par Mexico, jusqu'à l'Océan Pacifique ; concession riche en terres et en exemptions d'impôts Pour rendre cette concession entièrement efficace, la réalisation de la ligne allant du nord au sud du Mexique est absolument nécessaire, et l'Amérique et le Mexique feront bien de joindre leurs efforts pour la favoriser ; car, en la favorisant, ils lui assureront un progrès rapide.

Réponse au Rapport de

MONSIEUR RAMSBOTTOM

CONTRE

Le Principe de la Machine Fairlie.

En 1867, trois machines basées sur mon principe furent construites par ordre des agents de la Couronne pour les colonies, et furent envoyées à Queensland pour exploiter un chemin de fer à voie étroite situé dans cette colonie (3 pieds 6 pouces). Une de ces machines seulement fut montée et essayée en Australie, et quoique les deux autres n'aient jamais été retirées de leurs caisses, toutes trois furent condamnées. Après un délai de quelques années, elles furent réembarquées pour cette contrée-ci, et, vers le mois d'octobre dernier, deux rapports séparés furent écrits à leur propos ; un de ces rapports a été préparé par M. J. Ramsbottom, l'éminent ingénieur de locomotives. Maintenant, *comme ces machines n'ont été en aucune façon construites d'après mes dessins*, et que je ne les avais jamais vues avant leur retour dans cette contrée-ci, je n'ai rien à dire contre les critiques que M. Ramsbottom fait sur certains de leurs détails. Mais comme ce rapport contient la condamnation *du principe* de la machine Fairlie, je trouve ici une opportunité favorable de répliquer à ses allégations, et de démontrer clairement quelques-uns des principaux avantages de ma locomotive comparée à celles de type ordinaire.

Dans son rapport, M. Ramsbottom allègue, en condamnant le principe de la machine Fairlie, qu'un défaut sérieux réside dans les châssis des trucks mobiles, lesquels sont libres de se mouvoir *horizontalement*, mais ne sont pas libres de se déplacer

verticalement par rapport à la chaudière,* le mode d'attelage ou d'accouplement des trucks mobiles entre eux empêchant tout jeu vertical. Dans le but d'essayer cette partie de l'arrangement, M. Ramsbottom fit établir une portion de voie temporaire surélevée en un point, comme le montre la fig. 1, et présentant un rayon de courbure minimum. M. Ramsbottom assure que le résultat du passage des machines sur le sommet de la rampe était une telle réduction de la charge reposant sur la première paire de roues, qu'il était évident que la machine ne présentait aucune sécurité sur une pareille route : et c'est sur ce point qu'il a fondé sa principale objection au principe.

M. Marshall, qui est l'autre rapporteur pour les locomotives de Queensland, répète dans un langage plus forcé les objections ci-dessus, et explique ses remarques au moyen d'un dessin (fig. 1).

Maintenant, avec tout le respect possible pour la profonde connaissance des types des machines ordinaires prises en général, que M. Ramsbottom possède, cette condamnation radicale, répétée par M. Marshall, montre certainement chez eux une connaissance imparfaite de la machine Fairlie, comme je vais maintenant le prouver.

Supposons, pour les besoins de la cause, que les deux trucks mobiles de la machine en question soient parfaitement rigides dans un plan vertical, comme le serait une poutre en fer (chose parfaitement impossible), même avec de telles conditions, lorsque la machine passe sur le sommet formé par deux rampes opposées, de 1 sur 100, l'effet qui a été indiqué ne peut se produire. Pour mieux faire comprendre mon argument j'ai introduit quelques figures représentant la machine de Queensland comme elle est, ainsi que le type de locomotive à marchandises généralement employé.

* En fait, dans les machines de Fairlie convenablement dessinées, les châssis des trucks mobiles sont libres de se mouvoir horizontalement et verticalement.

Fig.1.

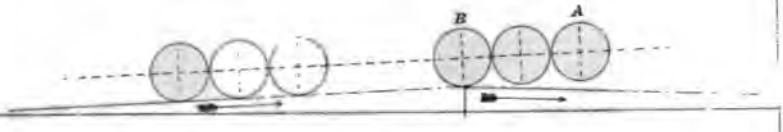


Fig.2.

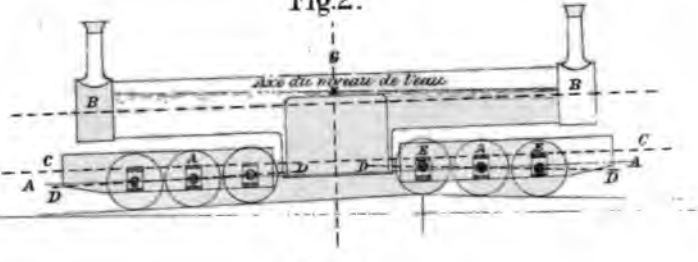


Fig.3.

Fig.4.

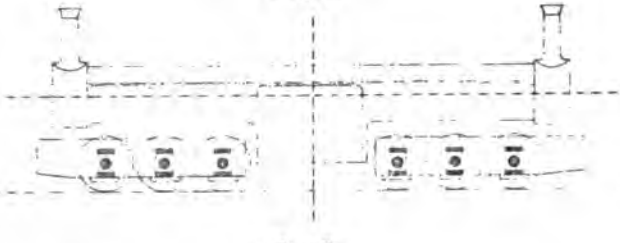


Fig.5.

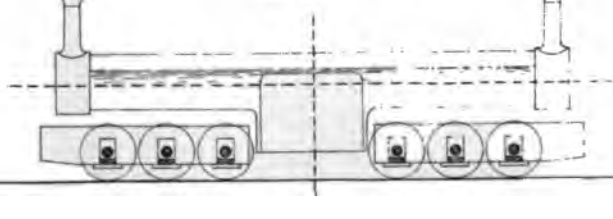


Fig. 6.

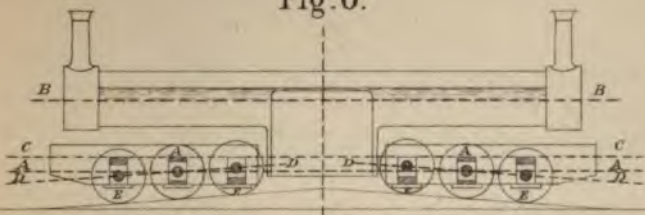


Fig. 7.

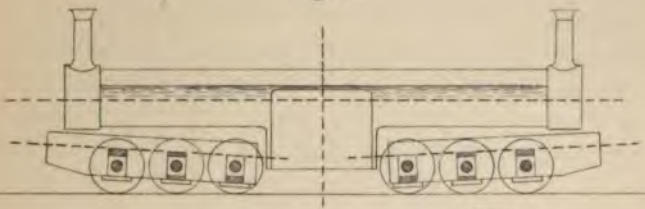


Fig. 8.

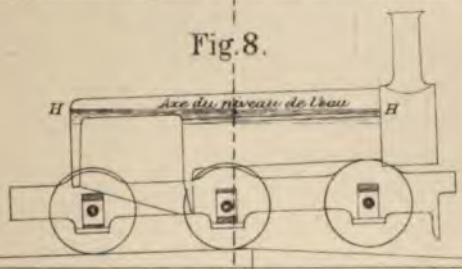
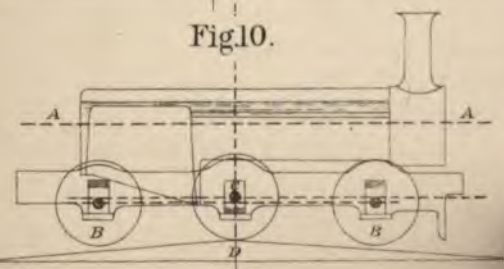


Fig. 9.

Fig. 10.



La figure 2 représente la machine de Queensland placée sur le sommet de deux rampes inversées, dans la position dont on parle ; seulement pour donner encore plus de relief, j'ai choisi une rampe de 1 sur 50, au lieu de 1 sur 100, ce qui exagère le cas à mon désavantage, parce que, s'il y a du danger dans le premier cas, ce danger sera doublé dans le second ; mais l'on verra que le poids reposant sur les roues de devant de la machine ne sera jamais réduit d'une manière assez grande pour rendre la machine dangereuse lorsqu'elle passe sur la rampe opposée de 1 sur 50, et encore moins sur celle de 1 sur 100; on verra aussi qu'il n'y a aucune portion de leur poids transportée ou supportée sur les entretoises qui sont au-dessous des glissières des boîtes à graisse du truck mobile. En fait, il reste un espace de $\frac{1}{4}$ de pouce ($0^{m}.006$), comme je le démontrerai plus loin. En conséquence, il y a non seulement le poids des roues, essieux, et boîtes à graisse, sur les rails, mais il y a en plus la pression de haut en bas des ressorts, pression correspondante à l'espace de $\frac{1}{4}$ de pouce, qui reste entre le bas de la boîte à graisse et l'entretoise des plaques de garde.

Supposant, comme je l'ai déjà dit, que les deux trucks mobiles soient aussi rigides dans le sens vertical qu'une poutre en fer, leur ligne d'axe horizontale restera parallèle au centre de la chaudière. Dans la figure 2 j'ai placé les deux trucks mobiles et la chaudière parallèles entre eux, ce qui représente la plus mauvaise position possible dans mon cas, (position que j'affirme être impossible), mais que je prends ainsi pour montrer plus clairement la fausseté de l'argument de M. Ramsbottom.

Le principe de la chaudière portée sur les essieux du milieu pourra être bien compris par un examen de la figure 3, qui représente une poutre de bois, reposant à chaque extrémité en un point situé au-dessus de l'essieu du milieu, ce point étant également relié à chaque essieu. La chaudière Fairlie est supportée d'une manière semblable, et repose sur le centre des trucks mobiles, au-dessus des roues du milieu.

Les chaudières des machines de Queensland sont supportées au-dessus des roues centrales de chaque truck A A, fig. 2 ; par suite, lorsque la machine sera dans la position représentée, la ligne d'axe de la chaudière B B sera parallèle à la ligne joignant les centres des essieux A A. Si nous supposons que la ligne de centre de chaque truck mobile, C C, est rigidement parallèle à la ligne de la chaudière B B, elle sera aussi parallèle à la ligne A A ; alors, tirant les lignes D et D au travers des axes des essieux E E, qui sont parallèles aux rails, nous trouverons que la ligne D D n'est pas parallèle aux lignes A A, B B et C C, et il s'en faut d'une quantité égale à la longueur de l'inclinaison des rails sur la moitié de la longueur de base de roue E E ; c'est-à-dire : la base de roue de chacun de ces trucks mobiles étant 6 pieds 3 pouces ($1^m.83$), et l'inclinaison de la ligne de 1 sur 50, il s'ensuit que la plus grande différence de parallélisme (représentée par la ligne D D) entre la ligne des centres des essieux E E et les lignes A A, B B et C C, serait de $\frac{3}{4}$ de pouce au-dessus et de $\frac{3}{4}$ de pouce au-dessous de la ligne de centre A A. Des précautions sont prises pour toutes les locomotives, de manière que les organes qui retiennent les roues, (les centres des essieux des roues E E seront toujours à la même distance du dessus des rails, tant que les roues auront un coussinet sur leur fusée), permettent a chaque partie du châssis du truck mobile située au droit de l'axe des roues E E d'être élevée au-dessus de la ligne d'axe des essieux, ou abaissée au-dessous de cette ligne, d'un pouce ($0^m.025$) ; ce qui veut dire aussi que le châssis peut être abaissé, sa ligne d'axe étant parallèle à celle des essieux, jusqu'à ce qu'il vienne s'appuyer sur le sommet des boîtes à graisse, voyez, figure 5 ; la distance de l'abaissement du châssis est alors d'à peu près 1 pouce ($0^m.025$) ; d'un autre côté, comme il y a de même une distance d'un pouce, et en dessous et en dessus des boîtes à graisse, on comprendra facilement qu'une extrémité du châssis peut être élevée d'un

pouce et l'autre abaissée d'un pouce, voyez figures 6 et 7 ; dans la figure 6, on voit un cas, où les axes du châssis et de la chaudière restent parallèles, tandis que les roues extrêmes sont élevées ou abaissées du jeu total laissé, soit 2 pouces (0m.05) ce qui correspond à l'inclinaison de la voie. Les figures 4, 5 et 7, ont trait à cette partie de la question et l'éclaircissent.

La figure 4 montre les châssis et les roues comme ils devraient être, c'est-à-dire sur une ligne de niveau, avec les distances convenables au-dessus et au-dessous des boîtes à graisse. La figure 5 montre le châssis abaissé au point de reposer sur les boîtes à graisse, et la figure 7 montre le châssis élevé à une extrémité et abaissé à l'autre, du jeu total usuel d'un pouce.

J'explique minutieusement cette position de la locomotive, car c'est seulement par une entière intelligence de cela que le lecteur peut déterminer les situations relatives du double truck mobile, et d'une machine ordinaire sur la rampe opposée indiquée dans le rapport de M. Ramsbottom.

Retournons maintenant à l'argument qui nous est présenté, ayant ainsi pris connaissance de l'espace qui existe entre le châssis de la machine et les boîtes à graisse des roues, et nous trouverons que la ligne d'axe du bogie C C, figure 2, quoique restant parallèle à la ligne d'axe de la chaudière B B, permettra un déplacement de la ligne d'axe des essieux D D, atteignant 1 pouce au-dessus et 1 pouce au-dessous de la ligne A A (voyez figure 6) ; par conséquent, comme il ne faut que les $\frac{3}{4}$ d'un pouce pour maintenir la position des roues sur les rails, sur la rampe opposée de 1 sur 50, il en résulte que nous avons sur la voie, et pour une des extrémités, non seulement le poids entier des roues de devant, essieux, et boîtes à graisse, (et cela dans la position de la machine choisie par M. Ramsbottom pour montrer ce qu'il appelle un grand défaut dans le double truck mobile), mais encore la force due à l'action des ressorts correspondante au jeu de $\frac{1}{4}$ de pouce qui sépare le dessous des

boîtes à graisse des entretoises du châssis ; pour l'autre extrémité ce sera le jeu entre le haut des boîtes à graisse de l'essieu d'arrière, et le châssis ; ces distances sont distinctement montrées dans la figure 2.

J'arrive maintenant à cette partie du raisonnement de M. Ramsbottom qui prouve la vérité de ce vieil adage : " Ceux qui vivent dans une maison de verre ne devraient pas jeter de pierres." Ayant montré que le principal argument de M. Ramsbottom contre la machine Fairlie n'a aucun fondement, il est naturellement assez juste que je critique dans les mêmes termes que l'a fait M. Ramsbottom, la locomotive qu'il recommande si fortement.

La figure 8 montre la position de sa machine à marchandises passant le sommet d'une rampe de 1 sur 50 dans les mêmes conditions que celles prises pour ma machine. On voit que, lorsque la roue du milieu de sa machine est distante de 5 pieds du sommet de la rampe (le même jeu étant donné au-dessus et au-dessous des boîtes à graisse dans les deux cas), les roues d'avant seront descendues aussi bas que le châssis peut le permettre, c'est-à-dire 1 pouce. En d'autres termes, l'extrémité d'arrière du châssis aura conservé la même inclinaison que la rampe tandis que les roues d'avant, après avoir passé le sommet, auront suivi la pente de la ligne, dans la limite que leur permet le jeu des boîtes à graisse, et la machine avançant toujours, tout le poids des roues d'avant sera porté par les entretoises placées au-dessous des glissières des plaques de garde, et lorsque les roues du milieu se seront approchées tout près du sommet, les roues d'avant seront suspendues dans l'air au-dessus des rails ; l'élévation de ces roues augmentera jusqu'à ce que la machine s'étant avancée assez loin pour que le poids de l'avant contrebalance le poids de l'arrière, la locomotive basculera, soulevant les roues d'arrière et les suspendant dans l'air (voyez figure 9) ; les roues d'arrière ne retomberont sur les rails que lorsque la machine sera passée

sur la pente ; en d'autres termes, les lignes d'axe du châssis et de la chaudière, restant toujours parallèles entre elles,* continuent de gravir la rampe parallèlement aux rails tandis que les roues d'avant, après avoir franchi le sommet, descendent la pente jusqu'à ce que les boîtes à graisse restent sur les entretoises placées au-dessous des glissières. Lorsque ceci a eu lieu, le châssis montant toujours, l'une des deux choses suivantes doit arriver ; ou bien les roues seront assez lourdes pour abaisser le châssis, ou bien (ce qui arrive actuellement), le châssis soulèvera les roues d'avant et les supportera jusqu'à ce que les roues du milieu de la machine s'approchant du sommet ou le dépassant, concentreront graduellement le poids entier de la machine sur elles-mêmes, et formeront ainsi un centre de rotation, comme le fléau d'une balance, jusqu'à ce que le poids des roues d'avant, contre-balançant graduellement celui des roues d'arrière, la masse bascule et vienne porter sur les roues de devant. Il ne faut pas oublier que pour la majeure partie du temps pendant lequel ce dangereux mouvement se produit, les roues du milieu portent non seulement la charge qui leur incombe, mais encore alternativement le poids entier de chacune des extrémités de la machine, et que, pendant un temps assez court, avant et après le passage des roues de milieu de la machine sur le sommet, *elles ont à supporter seules tout le poids de la machine ;* la meilleure comparaison que je puisse donner, est de dire que la machine se comporte comme une bascule pendant le temps qu'elle change de point d'appui d'une paire de roues sur une autre, tandis que ce mouvement ne peut avoir lieu dans *aucune circonstance, avec la machine Fairlie à double truck mobile*, bien que la charge doive varier un peu sur les roues E E du truck mobile, mais seulement de la différence entre la force des deux ressorts, l'un étant comprimé

* La ligne d'axe du châssis et de la chaudière de la machine de M. Ramsbottom sont forcément parallèles, soit à l'un soit à l'autre des rails inclinés, tandis qu'il en est autrement avec la machine Fairlie (fig. 3).

et l'autre détendu, un peu en dehors de leur condition normale, *tandis que la charge sur la roue du milieu reste toujours la même.*

Tout cela est si évident et si clair que véritablement il ne faut aucune connaissance technique pour le comprendre. Les figures de la machine de M. Ramsbottom aussi bien que celles de la machine de Queensland sont dessinées à une échelle exacte, mais l'inclinaison des rails est exagérée pour mieux faire ressortir la position sur les rampes. Pour compléter les preuves à ce sujet je donnerai les dimensions suivantes :

La base de roue de la machine ordinaire à marchandise (le même raisonnement s'applique à toutes les machines ordinaires, soit pour marchandises, soit pour voyageurs) est 15 pieds 6 pouces ($4^m.74$) ; placée sur une inclinaison de 1 sur 50, mi-partie sur la rampe, mi-partie sur la pente, la ligne d'axe de sa chaudière A A, figure 10, étant horizontale, la ligne d'axe des roues B B serait de 2 pouces au-dessous d'une ligne tirée par l'axe de l'essieu du milieu C, parallèlement à la ligne d'axe A A de la chaudière. Cette position est montrée par la figure 10, excepté que les roues B B ne pouvant descendre de 2 pouces, parce qu'il n'y a qu'un pouce de jeu, les roues ne sont baissées que de cette quantité, et l'autre pouce se traduit par la séparation qui se produit entre ces roues et les rails ; en d'autres termes, si cette machine s'arrêtait avec ses roues de milieu sur le sommet de la rampe, et si le poids de la machine était égal de chaque coté de l'essieu du milieu, le poids entier de la machine serait porté sur les roues du milieu C, et les roues des extrémités B B seraient suspendues au-dessus des rails à une hauteur d'un pouce. Après avoir montré clairement, je l'espère, l'entière fausseté de cette partie de l'argument de M. Ramsbottom, partie sur laquelle il compte beaucoup, je profite des diverses figures pour montrer une autre face de la question des machines du système Fairlie comparées à

celles de M. Ramsbottom : ce point, qui est de la plus grande importance, et qui semble avoir été entièrement perdu de vue par cet ingénieur, est le niveau d'eau dans les chaudières sur les rampes. On voit que dans la machine Fairlie, figure 2, le milieu de la longueur de la boîte à feu G est l'axe du plan de l'eau *en tout temps et à toute position* de la machine ; c'est-à-dire, que, si 4 pouces d'eau existent au-dessus de la boîte à feu d'une machine Fairlie à double chaudière sur niveau, la *même quantité* sera maintenue au-dessus du centre de la boîte à feu de cette même chaudière sur *une rampe quelconque.* La boîte à feu d'une machine Fairlie à double chaudière étant au centre, l'eau restera toujours au même niveau au-dessus du centre de la boîte à feu, précisément comme dans un niveau d'eau.

Voyons maintenant comment la chaudière de M. Ramsbottom se comporterait dans les mêmes circonstances.

La boîte à feu de sa machine est placée à une extrémité de la chaudière. La conséquence de ceci est que tant que la machine monte une rampe, avec la boîte à feu à l'extrémité inférieure, il y aura toujours une quantité suffisante d'eau (voyez figure 8, H H) mais sitôt que la position de la machine changera, comme en H H, figure 9, l'eau découvre le sommet de la boîte à feu qui court le risque d'être brûlée ; il est bien connu qu'une boîte à feu brûlée demande une réparation coûteuse. De plus, lorsque la machine monte la rampe, l'eau étant très-élevée au-dessus de la boîte à feu, où est placé le niveau d'eau par lequel le mécanicien s'assure de la position de l'eau dans la chaudière, ce niveau se trouve rempli bien au-dessus du point d'indication le plus élevé ; il s'ensuit que le mécanicien doit alimenter sa chaudière au jugé, et doit aussi avoir toujours présent à l'esprit pendant la remonte, que bien que son niveau soit plus que rempli, sitôt que sa machine commencera la descente, l'eau coulera du côté opposé et le tube

du niveau deviendra presque instantanément vide ;—il s'ensuit que sur des rampes prononcées, avec les machines de M. Ramsbottom, tout dépend de l'intelligence du mécanicien, tandis que le niveau d'eau étant dans le centre ou dans l'axe du plan de l'eau dans les chaudières Fairlie, on a toujours la position exacte de l'eau soit sur un niveau, soit sur une rampe.*

* Cette difficulté venant du niveau de l'eau, augmente pour tout pouce que l'on ajoute à la longueur des chaudières du type ordinaire. Prenez par exemple la machine Meyer ; les chaudières de ces machines doivent être de 3 à 5 pieds plus longues que celles de M. Ramsbottom, et par suite on les trouvera d'un emploi très-incommode, sinon impossible, sur des lignes ayant des rampes même modérées.

DIAGRAMMES
DE POIDS UTILE ET DE POIDS MORT.

Dans les diagrammes suivants on a essayé de comparer graphiquement les poids utiles (payants) et les poids morts sur les lignes de différentes largeurs de voie, aussi bien pour le trafic des voyageurs que celui des marchandises. Dans ce dessein j'ai choisi sept largeurs de voie différentes, les voici : celle de 3 pieds ($0^m.91$) et 3 pieds 6 pouces ($1^m.06$) exploitées avec le matériel Fairlie, celle de 3 pieds 6 pouces de Norwége, celle de 4 pieds 8½ pouces ($1^m.44$) de France, la même en Angleterre, celles de 5 pieds 6 pouces ($1^m.68$) et de 4 pieds 8½ pouces ($1^m.44$) employées en Amérique. Naturellement il était impossible de songer à montrer autre chose que des résultats approximatifs, mais comme les même conditions sont appliquées à chaque largeur de voie, la comparaison doit être juste.

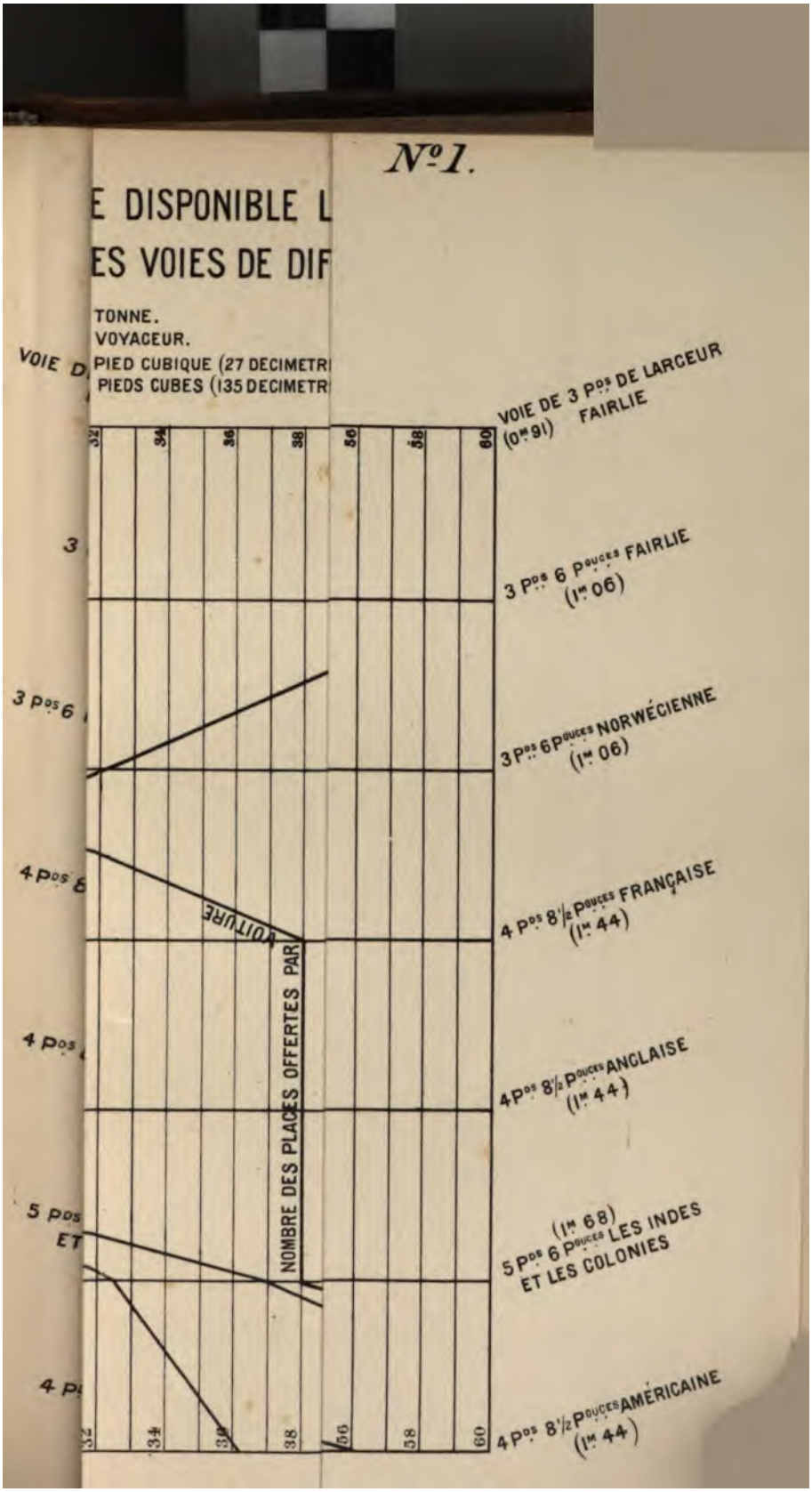
Les diagrammes ont été dressés avec les bases données par le trafic des voyageurs et marchandises sur les lignes françaises, dont les statistiques sont si complètes qu'elles laissent peu à désirer. En même temps l'on doit se rappeler qu'en prenant cette méthode pour type, on obtient pour la voie étroite un résultat bien moins favorable qu'en prenant le système plus extravagant d'exploitation employé en Angleterre ou en Amérique. J'ai préféré cependant prendre la méthode française pour base, car c'est celle de toutes les autres qui approche le plus d'une exploitation économique avec la voie large. J'ajouterai simplement que les vitesses sont supposées être les mêmes sur chaque largeur de voie ; sur celle de 3 pieds ($0^m.91$) on peut obtenir toutes les vitesses moyennes d'exploitation atteintes sur les voies plus larges. Le poids des machines n'est compris dans aucune des comparaisons.

Le diagramme I montre la capacité totale offerte en places ou en espace, le poids mort, le poids utile du matériel roulant pour voyageurs sur les différentes largeurs de voie mentionnées ci-dessus. La signification des différentes lignes est expliquée si clairement sur le diagramme, que je crois pouvoir me contenter d'une courte description. Pour éviter toute complication, les trois classes de voitures à voyageurs ont été prises

ensemble, et la moyenne seulement a été mise sur le diagramme. Le poids mort net par voiture, indiqué par la quatrième ligne du diagramme, est une approximation aussi grande que possible de la pratique actuelle, où l'on rencontre tant de types différents.

Toutefois les poids donnés pour les voitures des deux premières voies étroites indiquées, sont ceux que j'ai obtenus par ma pratique particulière. Le nombre des places offertes par voiture, donné par le diagramme, est la moyenne des trois classes, excepté pour le matérial américain qui n'a en pratique qu'une seule classe. Pour les voies les plus larges, nous supposons 24, 40 et 50 voyageurs pour les premières, secondes et troisièmes classes respectivement, soit une moyenne de capacité de 38 places par voiture comme il est montré. Sur les voies étroites une moyenne de 26 voyageurs par voiture est obtenue. La ligne qu'il faut mettre en parallèle avec celle du "nombre des places offertes par voiture," est celle du "nombre des places occupées par voiture." Ce nombre a été pris de 25 pour cent dans chaque cas. Cette ligne des "places occupées" peut être comparée avec celle du "poids mort net" qui en est très-rapprochée, et l'on verra qu'en montant à partir de la voiture américaine de 15 tonnes, où l'on a 14 places occupées, les lignes divergent vers le haut du diagramme, jusqu'à la voie de 3 pieds (0m.91) de large où l'on a 6 places occupées, pour un poids mort net de 3.25 tonnes, c'est-à-dire que dans ce dernier cas, la moitié de la capacité est utilisée conjointement avec une réduction d'un quart du poids mort. Ce résultat est montré dans la ligne "nombre de tonnes de poids mort nécessaires pour transporter une tonne de voyageurs, d'après la pratique actuelle." Par cette ligne l'on voit que le poids mort s'abaisse depuis 10 tonnes par voiture pour une tonne de voyageurs sur les lignes américaines, à 10.5 tonnes sur les chemins de fer français, et 8.5 et 7.75 sur les voies de 3 pieds 6 pouces, et 3 pieds de large respectivement. D'autre part, le matériel américain montre le plus fort résultat sur la ligne marquée "nombre de pieds cubes donnés par voyageur." Ceci est en raison de la grande hauteur et de l'arrangement moins économique des places qui existe dans le matériel américain ; cet avantage apparent n'est gagné qu'au dépens d'un grand excès de poids mort, ce qui est prouvé par la ligne marquée "nombre de pieds cubes par tonne de voiture." L'on voit par celle-ci que tandis que la voiture américaine donne à peu près 180 pieds cubes par tonne, les voitures de 3 pieds et 3 pieds 6 pouces du type Fairlie donnent 215 pieds cubes par tonne.* Or 180 pieds cubes

* L'échelle des pieds cubes sur les diagrammes est seulement cinq fois plus petite que les autres échelles, de telle sorte qu'un intervalle entre les lignes verticales représente 5 pieds cubes.


Nº 1.
E DISPONIBLE L
ES VOIES DE DIF
TONNE.
VOYAGEUR.
PIED CUBIQUE (27 DECIMETR
PIEDS CUBES (135 DECIMETR
VOIE D
3
3 Pos 6
4 Pos 8
4 Pos
5 Pos
ET
4 P
32
34
36
38
56
58
60
NOMBRE DES PLACES OFFERTES PAR
VOITURE
VOIE DE 3 Pos DE LARGEUR
(0m 91) FAIRLIE
3 Pos 6 Pouces FAIRLIE
(1m 06)
3 Pos 6 Pouces NORWÉCIENNE
(1m 06)
4 Pos 8 1/2 Pouces FRANÇAISE
(1m 44)
4 Pos 8 1/2 Pouces ANGLAISE
(1m 44)
(1m 68)
5 Pos 6 Pouces LES INDES
ET LES COLONIES
4 Pos 8 1/2 Pouces AMÉRICAINE
(1m 44)

sont plus que le résultat obtenu dans la pratique générale avec le matériel américain.

Dans le diagramme II on trouve les rapports entre les charges payantes et celles non payantes d'un train moyen à voyageurs, pour les mêmes largeurs de voie que celles qui sont comprises dans le diagramme I.

Le nombre de voyageurs est supposé être de 60, leur poids étant de 4 tonnes, et le rapport des places occupées à celles qui pourraient l'être étant de 25 pour cent, comme dans le diagramme précédent. Le même rapport par cent est aussi pris pour le nombre de milles parcourus à vide, de sorte qu'en évaluant le poids mort total du train, la proportion du parcours à vide doit être ajoutée, comme il est montré par une ligne séparée. Les lignes montrent respectivement le poids des voyageurs transportés, le nombre de tonnes de voiture requis pour transporter une tonne de voyageurs, et les poids nets et bruts du train moyen, non compris dans tous ces cas le poids de la machine, lequel diminuerait naturellement dans le même rapport que le poids total à remorquer. En fait, ces diagrammes étendent le cas d'une voiture (donné dans le diagramme I), au cas du train moyen.

Les tableaux ci-annexées donnent le nombre et le poids des voitures des différentes voies qui seraient nécessaires pour transporter un nombre quelconque de voyageurs, compris entre 1 et 100, en voitures de première ou deuxième classe, si les voitures étaient remplies à leur maximum de capacité. Si elles sont remplies seulement au degré moyen, le poids mort sera quadruplé dans chaque cas.

Tableau montrant les nombres et les poids de voiture nécessaires sur les voies de différentes largeurs, pour le transport d'un nombre donné de voyageurs de première et deuxième classe, compris entre 1 *et* 100, *les voitures étant entièrement chargées.*

Nombre de Voyageurs.	3 pieds 0 pcs. Fairlie. (0m.91)		3 pds. 6 pcs. Fairlie. (1m.06)		3 pds. 6 pcs. Norwégien. (1m.06)		4 pds. 8½ p. Français. (1m.44)		4 pds. 8½ p. Anglais. (1m.44)		5 pds. 6 p. Indien. (1m.68)		4 pds. 8½ p. Américain. (1m.44)	
Première Classe.	Nombre de Voitures.	Poids des Voitures.	Nombre de Voitures.	Poids des Voitures.	Nombre de Voitures.	Poids des Voitures.	Nombre de Voitures.	Poids des Voitures.	Nombre de Voitures.	Poids des Voitures.	Nombre de Voitures.	Poids des Voitures.	Nombre de Voitures.	Poids des Voitures.
		ton'.		ton'.		ton'.		ton'.		ton'.		ton'.		ton'.
1 à 18	1	3.25	1	3.5	1	4.6	1	6	1	7	1	8	1	15
19 à 24	2	6.50	2	7.0	2	9.2	1	6	1	7	1	8	1	15
25 à 36	2	6.50	2	7.0	2	9.2	2	12	2	14	2	16	1	15
37 à 48	3	9.75	3	10.5	3	13.8	2	12	2	14	2	16	1	15
49 à 54	3	9.75	3	10.5	3	13.8	3	18	3	21	3	24	1	15
55 à 72	4	13.00	4	14.0	4	18.4	3	18	3	21	3	24	2	30
73 à 90	5	16.25	5	17.5	5	23.0	4	24	4	28	4	32	2	30
91 à 108	6	19.50	6	21.0	6	27.6	4	24	4	28	4	32	2	30
109 à 100	6	19.50	6	21.0	6	27.6	5	30	5	35	5	40	2	30
Deuxième Classe.														
1 à 30	1	3.25	1	3.5	1	4.6	1	6	1	7	1	8	1	15
31 à 40	2	6.50	2	7.0	2	9.2	1	6	1	7	1	8	1	15
41 à 60	2	6.50	2	7.0	2	9.2	2	12	2	14	2	16	2	30
61 à 80	3	9.75	3	10.5	3	13.8	2	12	2	14	2	16	2	30
81 à 90	3	9.75	3	10.5	3	13.8	3	18	3	21	3	24	2	30
91 à 100	4	13.00	4	14.0	4	18.4	3	18	3	21	3	24	2	30

N°2.

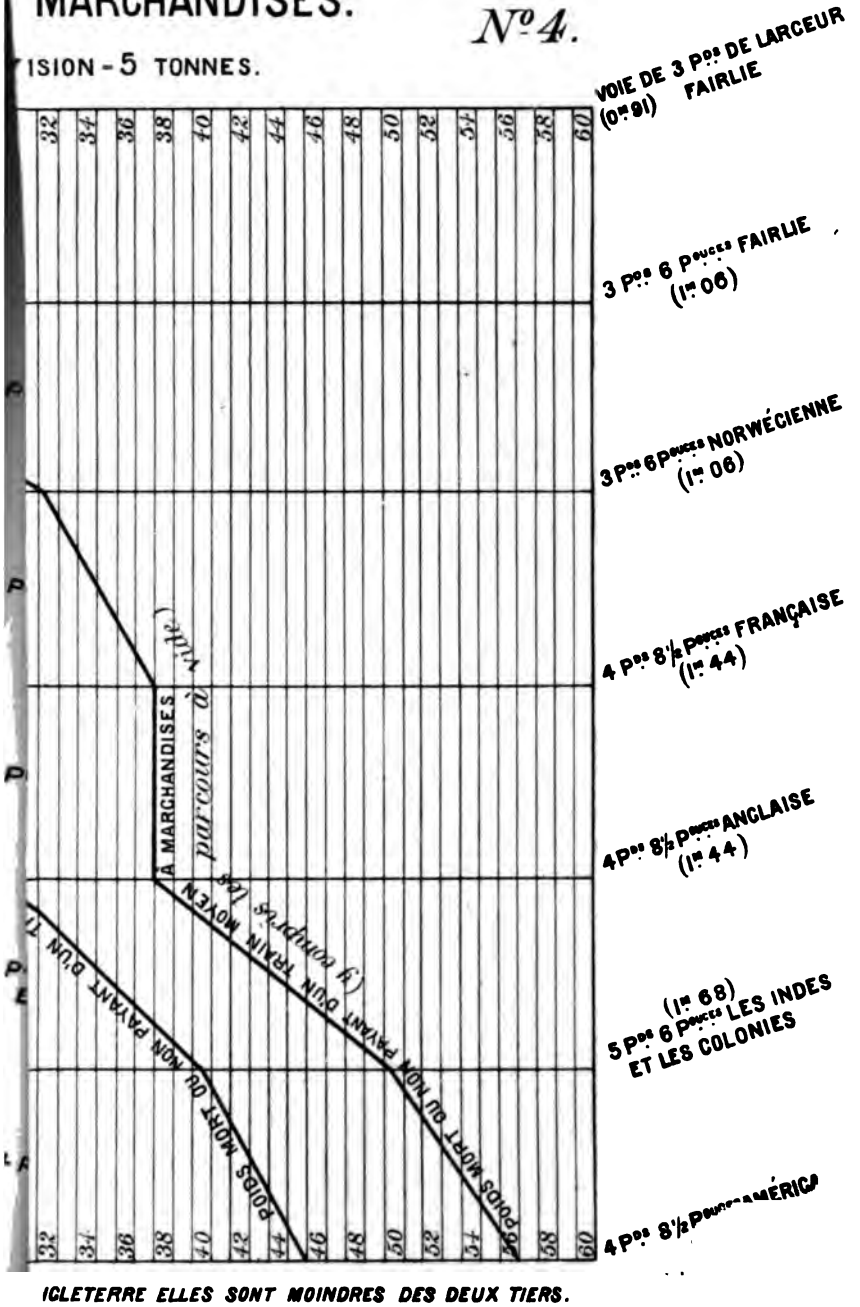
LE POIDS PAYANT
S SUR LES VOIES DE
ON COMPRIS.

UELLES, ET LE POIDS

FÉRENTES LARGEURS,

MARCHANDISES.

ISION - 5 TONNES.



ICLETERRE ELLES SONT MOINDRES DES DEUX TIERS.

Dans les diagrammes III et IV le poids mort, la capacité, etc., du matériel moyen de wagon, et d'un train moyen de marchandises, sur les différentes largeurs de voie, sont comparés entre eux, de la même manière que dans le cas des voitures à voyageurs. La ligne moyenne de poids payant est très-élevée, et dépasse de beaucoup celle qui est obtenue soit par la méthode anglaise, soit par la méthode américaine, et la même remarque s'applique à la moyenne de poids payant du train—127 tonnes. Dans la pratique anglaise, la moyenne de poids payant n'excède pas 50 tonnes, de sorte que, bien que la charge totale transportée se trouve diminuée, le poids moyen transporté par wagon est aussi tellement réduit que le poids brut du train excéderait celui qui est montré dans le diagramme, la proportion de poids mort devant être augmentée d'autant. Il est inutile d'ajouter que cet excès agirait en proportion convenable sur chaque largeur de voie, quoique ses effets se fassent beaucoup plus sentir sur les voies larges que sur les voies étroites.

Le tableau précédent montre à première vue que le poids mort est réduit sur les voies étroites, et que pour quelques cas seulement le poids mort des petites voitures égale celui des plus grandes.

DIE RICHTIGE PRAXIS

DER

SCHMALSPURBAHNEN.

DIE RICHTIGE PRAXIS
DER
SCHMALSPURBAHNE
VON
R. F. FAIRLIE.

NACH DEM ENGLISCHEN WERKE

„THE BATTLE OF THE GAUGES RENEWED"

UND MIT EINEM ANHANGE VERMEHRT

INS DEUTSCHE ÜBERTRAGEN

VON

A. BRUNNER,

INGENIEUR.

EINZIGE AUTORISIRTE DEUTSCHE AUSGABE.

MIT 4 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN UND 1 HOLZSCHNITT.

ZÜRICH,
VERLAG DER SCHABELITZ'SCHEN BUCHHANDLUNG
(CAESAR SCHMIDT).
1873.

Vorwort.

Dem Wunsche meines verehrten Freundes und ehemaligen Vorgesetzten, Herrn R. F. Fairlie, dessen neuestes Werk über den Bau und Betrieb von Schmalspurbahnen einem grösseren Kreise von deutschen Lesern zu unterbreiten, entspreche ich hiemit bereitwillig.

Die vorliegende Ausgabe weicht zwar in vielen Beziehungen von dem englischen Original ab. Dort bilden die kritischen Erörterungen der Gutachten über die Texas-Pacific-Eisenbahn einen ungleich längeren Abschnitt — hier dagegen sollte es sich vornehmlich um allgemein vergleichbare Thatsachen und Erfahrungen handeln, wesshalb nur die Hauptmomente jener Erörterungen wiedergegeben sind.

Das seitherige Erscheinen der Publication über Secundärbahnen von Freiherrn v. Weber bestimmte sodann Herrn Fairlie zu einigen Bemerkungen welche im Anhang enthalten sind. Daselbst finden sich auch neuere Mittheilungen über den erfolgreichen Betrieb von starken Steigungen welche bei den jetzigen Tendenzen des Eisenbahnwesens nicht ohne Interesse sein möchten.

Bei Beurtheilung nachstehender Schrift möge der geneigte Leser schliesslich berücksichtigen, dass dieselbe neue Constructionsprincipien entwickelt, die — gleichsam aus dem steifen Rahmen des bisher Gegebenen heraustretend — nicht unmittelbar mit dem alten, wenig geschmeidigen Richtscheit einer conservativen Kritik bemessen werden können.

Winterthur, im Januar 1873.

A. Brunner.

„The truth appears so naked on my side —
So clear, so shining, and so evident —
That any purblind eye may find it out."

Shakspeare, Henri VI.

Inhalts-Verzeichniss.

Seite

A. Einleitung 1

B. Schmal- oder Breitspur? (Kritische Erörterungen der Gutachten über die Texas-Pacific-Eisenbahn) 5

C. Die Denver- und Rio Grande-Eisenbahn. (Bericht des Herrn Samuel Bowles) 67

D. Bemerkungen zu dem Bericht des Herrn Ramsbottom. (Ueber das Constructionsprincip der Fairlie-Maschine) . . 78

Anhang.

I. Die Eisenbahn von Enghien nach Montmorency. (Bericht des Herrn Emile Level) 89

II. Bemerkungen zu der neuesten Schrift des Herrn M. M. von Weber. (Die Praxis des Baues und Betriebes der Secundärbahnen) 98

III. Graphische Darstellung der Ausnutzung des Betriebsmaterials auf Eisenbahnen von verschiedener Spurweite . 113

IV. Die Fairlie-Maschinen- und Wagenbau-Gesellschaft. (The Fairlie Engine and Rolling Stock Company) 119

Druckfehler.

Seite	6,	Zeile	15	v. o.	statt productiven Last lies Bruttolast.
„	12,	„	9	v. o.	statt Stephensohn lies Stephenson.
„	14,	„	13	v. u.	statt durch lies das durch.
„	23,	„	15	v. o.	statt 41,3000 lies 41,300.
„	24,	Zahlenzeile	3	v. o.	statt 9,150,000 lies 9,650,000.
„	24,	„	7	v. o.	statt 12,700 lies 13,200.
„	24,	„	7	v. o.	statt 9,804,400 lies 10,190,400.
„	24,	„	3	v. u.	statt 4,956,600 lies 5,249,600.
„	30,	Zeile	5	v. u.	statt worden lies werden.
„	70,	„	13	v. u.	statt 20,000 Dols. lies 22,000 Dols.

A.

Einleitung.

Die schnelle Verbreitung schmalspuriger Bahnen, d. h. solcher Linien, welche eine schmälere als die allgemein bei Eisenbahnen angenommene Spurweite von 1.435 Meter haben, ist eine Thatsache, welche in vielen Kreisen nicht günstig beurtheilt wird. Die Gegner schmalspuriger Bahnen befürchten nämlich die Entstehung eines Verkehrsmittels, welches, so materiell von einer orthodoxen Praxis abweichend, nur verhältnissmässig geringe Dienste leisten wird, welches möglicherweise directe und indirecte Verluste bedingen wird, und welches, vom volkswirthschaftlichen Standpunkte aus betrachtet, niemals die eminente Bedeutung der Schienenwege im Allgemeinen haben wird. Eisenbahntechniker, welche dieser gegnerischen Richtung huldigen, begründen ihr Misstrauen gewöhnlich dadurch, dass einerseits Spurweite und Leistungsfähigkeit einer Bahnstrecke in engem Zusammenhange stehen, dass folglich eine Verminderung der Spurweite die Grösse des Verkehrs in dem Maasse vermindere, als die Geleise einander näher gerückt werden; anderseits seien weder die Anlagekosten noch die Betriebs- und Unterhaltungskosten schmalspuriger Bahnen wesentlich geringer als diejenigen von Bahnen der normalen Spurweite von 1.435 Meter. Offenbar geleitet durch diese irrige Ansicht, erklärte denn auch kürzlich der Präsident der Gesellschaft der englischen

Civilingenieure, H. Hawksley, bei Anlass seiner Eröffnungsrede, die in Ost-Indien in Angriff genommenen Linien von blos 1 Meter Spurweite als einen grossen Fehler, um so mehr, da ja die indischen Colonien bereits ein prachtvolles Eisenbahnnetz besässen, welches, wenn vervollständigt, allen Bedürfnissen entsprechen würde.

Ostindien ist aber thatsächlich in der unglücklichen Lage allzu prachtvolle Eisenbahnen zu besitzen, und wie in Australien, sind auch dort enorm kostspielige Linien hergestellt worden, um einen verhältnissmässig sehr geringen Verkehr zu bewältigen. Auch in England machen sich autoritative Meinungen gegen die Einführung schmalspuriger Bahnen mit genügendem Nachdruck geltend, um einer wahren fortschrittlichen Entwickelung des Eisenbahnwesens in diesem Sinne entgegenzuwirken; die Motive einer solchen Handlungsweise sind nur zu oft sehr augenscheinlich.

Ganz anders gestaltet sich die Sachlage in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, woselbst die Frage der Spurweiten in technischen Kreisen auf unparteiische Weise und mit grosser Ernsthaftigkeit und Geschicklichkeit erörtert worden ist. Viele tausend Kilometer schmalspuriger Bahnen sind dort bereits in Angriff genommen worden, welche allein, wenn einmal im betriebsfähigen Zustande, über die praktische Bedeutung, die Tragweite und die Vorzüge einer solchen Constructionsweise entscheiden können. Insofern aber die Anlage schmalspuriger Bahnen die Grundprincipien einer rationellen Reform des Eisenbahnwesens im Allgemeinen enthält, wird die Welt der Initiative der Amerikaner Dank wissen, denn auf diese Weise wird eine praktische Lösung der Frage viel eher erzielt werden, als wenn sich die mehr conservativen Ingenieure dieses Landes damit befasst hätten.

Nachdem der Verfasser bereits eine Reihe von Jahren bemüht gewesen ist, die zahlreichen und grossen Vortheile des Schmalspursystems zu begründen, und nachdem diese Bemühungen auch schon von entsprechenden Erfolgen begleitet gewesen sind, benutzt er nun mit Vergnügen die jüngsthin erschienene Schrift des Hrn. Silas Seymour in New York, als eine passende Gelegenheit, auf die Frage der Spurweite näher einzutreten. Betreffende Schrift ist ein Gegengutachten über die projektirte, 2400 Kilometer lange Texas-Pacific-Eisenbahn, welche nach dem Gutachten des Oberingenieurs dieser Bahn, General G. P. Buell, mit einer Spurweite von 1.067 Meter erstellt werden soll.

In dem genannten Bericht des Herrn Seymour, welcher in dieser Angelegenheit vom Präsidium der betreffenden Bahn, Marschall O. Roberts, consultirt wurde, sind nun die Argumente zu Gunsten des Schmalspursystems in einer Weise angegriffen, welche zwar das Bestreben nach einer unparteiischen, kritischen Beleuchtung der Verhältnisse kund gibt, dagegen aber einen Mangel in der Beobachtung eigentlicher praktischer Thatsachen und Erfahrungsresultate durchblicken lässt, welcher vielfach zu blos theoretisirenden Schlüssen Anlass bietet. Hätte aber Hr. Seymour das zu seiner Disposition stehende Material benutzt, so wäre sehr wahrscheinlich dessen Broschüre nie geschrieben worden, jedenfalls aber von einem praktisch-wissenschaftlicheren Standpunkte aus Insofern jedoch das Document des Hrn. Seymour der Anschauungsweise der Schmalspurbahnen-Antagonisten im allgemeinen Ausdruck verleiht, erachtet es der Verfasser für thunlich, dasselbe hier von Paragraph zu Paragraph zu analysiren, unter Beifügung seiner eigenen Beobachtungen.

Mit diesen wenigen Vormerkungen veröffentlicht der Verfasser in nachstehender Schrift seine Antwort auf das erwähnte Gutachten des Hrn. Seymour. Schliesslich kann er nicht umhin, das weitere Publikum, welchem er getrost den Entscheid in vorliegender Polemik anheimstellt, auf folgenden, passenden Schlusssatz des Hrn. Seymour aufmerksam zu machen: „In der zu lösenden Frage der Spurweite handelt es sich nicht sowohl darum, ob eine Erweiterung derselben eine Vermehrung der Leistungsfähigkeit bedinge, sondern vielmehr um den Nachweis, welche Spurweite denjenigen Constructionsprincipien am meisten genügt, mittelst deren einerseits die Widerstände der Bahnlinie, andererseits die Gattung und Grösse des gegenwärtigen und zukünftigen Verkehrs auf die wohlfeilste Art bewältigt werden können.

Palace Chambers,
Victoria-Street, Westminster, London, S. W.
1872.

Robert F. Fairlie.

B.

Schmal- oder Breitspur?

(Kritische Erörterungen der Gutachten über die Texas-Pacific-Eisenbahn.)

In seinem Berichte über die Texas-Pacific-Eisenbahn meldet Hr. Seymour an das Directorium dieser Bahn:

Ausdehnun Verhältnis projectir Texas-Pa Eisenba

§ 1—6. „Ich habe von dem Gutachten Ihres Oberingenieurs, General G. P. Buell, Einsicht genommen, worin derselbe für den Bau der Texas-Pacific-Linie, welche vom Mississippi-Thal bis an den stillen Ocean eine Länge von 2,400 Kilometer hat, eine Spurweite von 1.067 Meter, anstatt einer solchen von 1.435, oder von blos 0.915 Meter vorschlägt."

„Er weist in seinem Gutachten darauf hin, dass Ihr Unternehmen nothwendigerweise in Concurrenz mit zwei andern grossen Pacificbahnen kommen wird, dass es aber hinsichtlich Klimas, Distanz und Erstellungskosten Vortheile gegenüber jenen Routen bietet. Ferner wird betont, dass der ganze Schwerpunkt der Frage um die drei Elemente — Geschwindigkeit, Leistungsfähigkeit, und Oekonomie, pivotirt, und dass diesen am besten entsprochen wird durch eine Abminderung von 0.368 Meter unter die Normalspurweite, nach welch' letzterer die andern beiden, grossen Concurrenzbahnen gebaut sind, und welche während eines halben Jahrhunderts als das allgemein übliche Normalmaass in allen Theilen der Welt adoptirt worden ist."

Recapitulation der Vortheile des Schmalspursystems, nach General Buell.

„Mit folgenden fünf Schlüssen wird nun die Annahme einer Spurweite von 1.067 Meter anstatt von 1.435 Meter befürwortet:

„1. Dass sich bei den Erdarbeiten eine Differenz von 30 Procent der Kosten der Schmalspurbahn ergibt.

„2. Dass sich bei der Erstellung des Oberbaus eine Differenz von 45 Procent der Kosten der Schmalspurbahn ergibt.

„3. Dass sich bei der Construction der Fahrbetriebsmittel eine Differenz von 50—55 Procent der Kosten der Schmalspurbahn ergibt.

„4. Dass bei geeigneter Construction des Fahrparkes eine Fahrgeschwindigkeit von 50—70 Kilometer per Zeitstunde mit voller Sicherheit des Betriebes erreicht werden kann.

„5. Dass beim beladenen gemischten Zuge auf der Schmalspurbahn die bewegte todte Last circa 47 Procent, auf der Normalspurbahn dagegen circa 75 Procent der productiven Last bildet.

Nach Anführung dieser Schlussfolgerungen des betreffenden Gutachtens verfolgt Hr. Seymour die kritische Beleuchtung desselben folgendermaassen:

Streitpunkte der beiden Gutachten.

§ 7. „Ich kann weder den Voraussetzungen, noch den Schlussfolgerungen Ihres Oberingenieurs beipflichten. Dennoch will ich zugeben, dass wenn unter sonst gleichen Verhältnissen ein einziges der obigen Argumente als unantastbar befunden werden kann, die Polemik zu Gunsten der Schmalspur entschieden ist."

§ 8—10. „Die grosse Schwierigkeit indessen wird in einer befriedigenden Beweisführung liegen. Nehmen wir z. B. die Construction des Unterbaues: Hätten wir zwei parallele Tracés von gleicher Länge und über gleichartiges Terrain führend, das eine für die Breitspur, das andere für die Schmalspur construirt und bei beiden gleiche Vorschriften für Grunderwerb, Drainirung, Böschungen, Bermen etc. voraussetzend, so könnten die bezüglichen Herstellungskosten genau berechnet werden. In Ermangelung eines solchen Vergleiches kann ich nicht umhin die Kostendifferenz zu Gunsten der Schmalspurbahn unter dieser Rubrik zu bezweifeln. Es bleibt also nur übrig, mittetst indirecter oder negativer Beweise die Unrichtigkeit der Behauptung nachzuweisen. Wenn ich den Wortlaut derselben richtig verstehe, so wird behauptet, dass wenn die schmalspurigen Unterbaukosten 10,000 Dols. pro Meile betragen, diejenigen einer Breitspur auf 13,000 Dols. zu stehen kommen, der Unterschied also 23 Procent beträgt."

Offenbar äussert sich Hr. Seymour in diesen letzteren Paragraphen in einem figürlichen Sinne; denn ich kann kaum glauben, dass er wirklich zwei nach verschiedenen Constructionsprincipien über dieselben Bodenverhältnisse angelegte Bahnen zuerst untersuchen müsste, um das bezügliche Kostenverhältniss zu ermitteln, da doch ein Techniker in seiner Stellung es gewöhnt sein muss, Voranschläge für die Herstellung von Eisenbahnlinien auszustellen. Handelt es sich z. B. um die bezüglichen Herstellungskosten zweier Concurrenzentwürfe für eine Brücke von gegebener Spannweite, so werden solche doch im voraus genau ermittelt werden können, ohne dass die Brücken wirklich praktisch ausgeführt werden müssten. Ich würde in der That der fachmännischen Competenz des Hrn. Seymour zu nahe treten, wenn ich obigen Paragraphen eine absolute Bedeutung beilegen würde. Da aber gesagt wird, dass solche Vergleiche in der Praxis mangeln, will ich versuchen mittelst directer und positiver Beweise aus dem Bereiche des Baues schmalspuriger Bahnen den Voranschlag des Generals zu begründen. Betreffend die von General Buell in Aussicht gestellte Ersparniss von 23 Procent der schmalspurigen Unterbaukosten sagt Hr. Seymour:

Unklar schauung des Herr mot

§ 11, 12 u. 13. „Ich kann meine Anschauungsweise nicht besser erklären als dadurch, dass ich mir den Unterbau einer gegebenen Länge der Breitspurbahn fertig erstellt denke, sodann ein 0.868 Meter weites Stück der Länge nach aus der Mitte des Erdwerkes wegnehme und die beiden Seitenstücke zusammenbringe. Dadurch erhielten wir den Unterbau der schmalspurigen Bahn und es fragt sich nun, welchen Einfluss ein solches der Länge nach weggenommenes Stück auf die Anlage des schmalspurigen Unterbaues haben würde.“

Geringe derung d kosten, Herrn S

„Die Böschungen der Durchschnitte und Dämme, welche öfters mehr Material enthalten, als das Prisma, bleiben sich natürlich gleich, ebenso die Seitendrainirungen, Bermen, Futtermauern und Mauerabdeckungen der Durchlässe. Wo Brücken vorkommen, müssten die

Mauerwerke sowohl als die Brückenconstructionen für beide Spurweiten dieselben bleiben; da die Weite der Brücken der Stabilitätsverhältnisse wegen nicht reducirt werden könnte."

„Die Kronenbreite der Normalspurbahn beträgt gewöhnlich 4 Meter, indessen glaube ich, dass bei gutem Material eine Breite von 3.60 Meter genügt. Nach Abzug obiger Section von 0.368 Meter würde sich für die schmalspurige Bahn eine Kronbreite von 3.232 Meter ergeben, oder dieses Maass auf 3 Meter reducirt, was ich als genügend erachte, eine Ersparniss der Erdarbeiten von $^1/_6$, oder ca. 16 Procent; addiren wir zu diesem reducirten Prisma die Herstellungskosten derjenigen Elemente, welche in beiden Fällen dieselben sind, und erwägen wir ferner, dass Werkstätten, Stationen, Perrons etc. sich ebenfalls ziemlich gleich bleiben, so wird sich die reelle Abminderung der Kosten im Verhältniss zur Angabe Ihres Ingenieurs so klein herausstellen, dass dessen bezügliches Argument zu Gunsten der Schmalspurbahn fast allen praktischen Werth verliert."

arichtige Vergleichung beider Systeme.

Der Wortlaut des 11. Paragraphen beweist zur Genüge, dass Hr. Seymour mit der richtigen Praxis der Schmalspurbahnen nicht vertraut ist. Er betrachtet die Frage von einem Gesichtspunkte aus, wie alle diejenigen, welche sich zum ersten Male damit befassen und wonach gewöhnlich die Schmalspurbahn als ein temporäres Betriebsmittel, nicht aber als eine wirksame Ersetzung der Normalspurbahn betrachtet wird. So glaubt er, dass die Leistungsfähigkeit einer Bahnstrecke von 1.067 Meter Spurweite gegenüber einer solchen von 1.435 Meter im Verhältniss der Abminderung der Spurweite abnimmt, während die Baukosten ziemlich dieselben bleiben; als eine natürliche Folge dieser unrichtigen subjectiven Anschauungsweise entgehen ihm die charakteristischen Vortheile der Schmalspurbahn, nämlich deren Betriebsfähigkeit und günstige Betriebsverhältnisse, während er die Frage der Baukosten in den Vordergrund drängt. Allerdings ist die Oekonomie des Baues überall von grosser Bedeutung, und wird in vielen Fällen zu einer Lebens-

arakteristische Vortheile der Schmalspurbahn.

frage, denn es sehen noch Hunderttausende von Meilen Landes der Ausführung von Eisenbahnen entgegen, befinden sich aber ohne die Mittel, den Bau breitspuriger Schienenstrassen zu bestreiten; trotz alledem bilden aber die Ersparnisse der Anlagekosten eigentlich einen mehr zufälligen als fundamentalen Vortheil der Schmalspurbahnen. Die Praxis der Eisenbahntechniker hat während des letzten Halbjahrhunderts die Welt mit einem Schienennetze versehen, welches grösstentheils eine Entfernung der Geleise von 1.435 Meter aufweist, und diesem Normalmaass proportional ist denn auch die Breite des Bahnplanums und die Anlage der Brücken, Viaducte und Tunnels. Die Raum- und Gewichtsausnutzung des Fahrparkes dieses Eisenbahnnetzes ist in Anbetracht der partiellen Ladungen, welche die Verkehrsverhältnisse mit sich bringen, sehr ungünstig; die beste Betriebspraxis stark frequentirter Linien beweist in der That, dass, wegen des bestehenden Missverhältnisses zwischen dem todten Gewichte der Fuhrwerke und der wirklich beförderten Last, die Zugkraftskosten verhältnissmässig ausserordentlich gross sind. Dieser Sachverhalt ist das charakteristische Merkmal aller Breitspurbahnen und erklärt die hohen Quoten, welche für deren Bau und Ausrüstung, Unterhalt und Erneuerung erforderlich sind. Ich werde im Nachstehenden speciell auf die Fahrbetriebsmittel eintreten, um zu zeigen, dass das allgemein verbreitete irrthümliche Princip, bestehend in der unmässigen Grösse der Fuhrwerke mit dem eigentlichen Bahnbau Hand in Hand geht.

Missverhä zwischen Gewichte Fuhrwerk der wirkli förderten auf Breit bahne

Beispiele gut rentirender Breitspurbahnen können weder als Beweise für deren Vollkommenheit, noch dafür angeführt werden, dass dieselben Linien, nach der richtigen Praxis der Schmalbahnen erbaut, nicht noch viel bessere Renditen ergeben würden. Die Ansicht, dass eine

Beispiele rentiren Breitspurb können nic Belege fü Zweckmäss des Syste Allgemein geführt v

weitgreifende Eisenbahnreform auf Basis der Schmalspur unabweisliches Bedürfniss ist, gewinnt immer mehr Anhänger, und reihen wir wirklich vergleichbare Thatsachen über diesen Gegenstand an einander, so werden wir sehen, dass das richtige Maass der Spurweite, wo die grössten Vortheile einer Schienenstrasse mit Wohlfeilheit culminiren, auf einem Punkte unterhalb der empirischen Grösse von 1.435 Meter liegt.

Aber selbst die Anschauungsweise des Hrn. Seymour wonach die Schmalbahn als eine Breitspurbahn von reducirter Scala bezeichnet wird, acceptirend, kann ich nicht umhin, auf dessen irrthümliche Behauptung in § 11 aufmerksam zu machen. Während er nämlich das Mindererforderniss des schmalspurigen Unterbaues mit dem cubischen Inhalt eines 0.368 Meter weiten und der Länge der Bahnstrecke entsprechenden Prisma vergleicht, lässt er dabei gänzlich unberücksichtigt, dass bei der Schmalbahn mit entsprechender Entwickelung die Höhe der Dämme, sowie die Tiefe der Einschnitte wesentlich vermindert werden können; auch bringt er dabei die bezüglichen Erdarbeiten auf seitlich abfallendem Terrain nicht in Rechnung. Ich räume allerdings ein, dass wenn bei derselben Entwickelung der Rampen einfach eine Reduction von 0.600, Meter der Kronbreite als das Minderbetreffniss der schmalspurigen Erdarbeiten maassgebend wäre, alsdann blos eine Ersparniss von 16 Procent resultiren würde, aber diese Annahme ist wie gesagt eine irrthümliche, denn ein Bahnkilometer der Planie einer richtig projectirten Schmalbahn kann mit einem Bahnkilometer einer Normalbahn, wovon ein Stück aus der Mitte entfernt worden ist, nicht verglichen werden.

Abminderung der Erdarbeiten bei Anlage einer Schmalspurbahn.

Bei zweckmässiger Tracirung kann sich die schmale Spur viel mehr der Terrain-Configuration anschmiegen

Einfluss der Tracirung auf die Baukosten.

als die breite Spur (ich spreche von der bisherigen Praxis, sanctionirt durch die Erfahrung eines halben Jahrhunderts); das dadurch reducirte Volumen der zu bewegenden Erdmassen ist zwar bei Thalbahnen von weniger Bedeutung, als in sehr gebirgigem und besonders in seitlich abfallendem Terrain. Die Erdwerke bedürfen ebenfalls weniger Breite, da deren Oberfläche auch weniger belastet wird und beim Betriebe geringeren Pressungen ausgesetzt ist. Durch die Anwendung kleinerer Curven können ferner grössere Erdarbeiten und Kunstbauten, wenn nicht ganz vermieden, doch viel leichter ausgeführt werden. Dasselbe gilt von allen andern Arbeiten unter demjenigen Posten der Herstellungskosten, welchen nach General Buell eine Ersparnissquote von 23 Procent zukommt. Hr. Seymour mag erwiedern, dass bei diesem Posten bei Construction einer wohlfeilen Normalspurbahn ebenfalls wesentlich gespart werden kann, aber alsdann hätte man eine liederlich gebaute Breitspurbahn, deren grössere Unterhaltungskosten schwerlich durch die Abminderung des Herstellungs-Aufwandes compensirt würden, gegenüber einer zweckmässig gebauten Schmalspurbahn; die Gründe, welche daher zu Gunsten des letzteren Bausystems sprechen, sind selbstverständlich.

Unzweckmässigkeit sogenannter „wohlfeiler" Breitspurbahn.

In Ermangelung des detaillirten Voranschlags von General Buell für die Herstellung der Texas-Pacific-Eisenbahnlinie, bin ich nicht im Stande, die bezüglichen Kosten-Rubriken einzeln zu behandeln, doch zweifle ich keineswegs, dass deren Betrag nicht unterschätzt worden ist.

Die von ihm angenommene Ersparnissquote von 30 Procent der Kosten der Schmalbahn, oder wie Hr. Seymour richtiger sagt von 23 Procent der Kosten der Breitspur für den Unterbau, ist jedoch durch Erfahrungsresul-

Ersparnissquote für den schmalspurigen Unterbau.

tate aus dem Bereiche des Baues ausgeführter Schmalbahnen hinreichend constatirt.

Als Typus einer der frühzeitigsten und erfolgreichen Schmalspurbahnen mag hier das von Hrn. Carl Pihl seit 1861 in Norwegen eingeführte Bausystem angeführt werden, welches im Verhältniss der disponiblen Mittel des Landes beständig ausgedehnt wird. Die ersten norwegischen Eisenbahnen wurden um das Jahr 1854 von Hrn. Robert Stephensohn mit einer Spurweite von 1.435 Meter angelegt, und deren Anlage kostete im Durchschnitt 172,000 Fr. per Kilometer. Die Verkehrserträgnisse konnten jedoch unmöglich solche Baukosten aushalten, und so befand sich Norwegen in einer analogen Lage wie noch viele andere Länder-Areale heutzutage, es blieb nämlich die Wahl zwischen wohlfeilen Bahnen und gar keinen! Angesichts dieser Alternative stellte sich der tüchtige Staatsingenieur Hr. Carl Pihl die Aufgabe, möglichst wohlfeile Normalspurbahnen anzulegen, und es gelang ihm auch in der That, die Bau- und Ausrüstungskosten derselben, exclusive Werkstätte-Einrichtung, auf circa 100,000 Fr. per Kilometer zu reduciren. Um weitere Ersparnisse der Anlagekosten zu erzielen, und um die Schienenwege auch in Regionen zu verbreiten, wo ein geringerer Verkehr in Aussicht stand, entschloss sich schliesslich die norwegische Staatsverwaltung zur Annahme des Schmalspursystems. Diese rationelle Reform wurde von Hrn. Carl Pihl an die Hand genommen und in der Construction einer Reihe von Schmalbahnen verwirklicht, welche dieselbe Spurweite wie die nun von General Buell vorgeschlagene, nämlich 1.067 Meter haben, und deren Baukosten, inclusive Betriebsmittel und der ganzen stabilen mechanischen Ausrüstung, zwischen 50,000 und 83,000 Fr. per Kilometer variiren. Diese Bahnen führen theilweise über sehr schwieriges

ickelungs- des norwe- hen Eisen- hnwesens.

kosten der Hrn. Carl l erbauten mmalspur- bahnen.

Terrain, dessen Beschaffenheit erhebliche Felseneinschnitte, Tunnels und Uebergänge von Wasserscheiden erforderte; einige der längsten Viaducte haben eine Höhe von über 20 Meter. Noch ist zu bemerken, dass der durch die Anlage dieses Bausystems erzielte Gewinn nicht durch eine abnorme Abminderung der Curven-Radien erreicht worden ist; denn obgleich Hr. Pihl die Vortheile erkannte, welche dem Schmalspursystem durch stärker gekrümmte Curven in vollstem Maasse gewährt sind, so weisen doch erst die später construirten Linien wirklich scharfe Curven auf. Die Differenz der Herstellungskosten zwischen den beiden Bausystemen von 1.435 und 1.067 Meter Spurweite betreffend, führt Hr. Pihl an, dass die Grösse der Einschnitte und Dämme im Verhältniss von 13 : 10 steht, und dass bei einem Damme von beispielsweise 15 Meter Höhe, mit einem Talus oder Böschungswinkel von 1 : 1, die bezüglichen Erdmassen im Verhältniss von 7 : 4 sind, und nicht (wie Hr. Seymour in einem analogen Falle annehmen würde) von 32 : 31. Wird dagegen ein grösserer Böschungswinkel, als 1 : 1 angenommen, so wird die Differenz geringer ausfallen als in obigem Beispiel.

Richtiges der Kro

Auf die Frage der Kronbreite eintretend, ziehe ich es vor, als Maass derselben die dreifache Spurweite anzunehmen; also wäre die einer Spurweite von 1.067 Meter entsprechende Kronbreite 3.2 Meter; diese Breite empfahl ebenfalls Hr. John Fowler in seinem Gutachten an die Regierung. Der Behauptung des Hrn. Seymour, dass eine Kronbreite von 3.6 Meter für normalspurige Bahnen genüge, kann ich durchaus nicht beipflichten; ich halte vielmehr 4.3 Meter als das für Haupt-Eisenbahnen normale Maass aufrecht, da in diesem Falle eine Reduction dieses Maasses die solide Bettung und Festlagerung der Schwellen beeinträchtigen würde. Es ergibt sich demnach für

die Kronbreite ein Verhältniss von 4.3 : 3.2 und für die Dammhöhe (wie oben bei den norwegischen Bahnen ersichtlich) ein solches von 13 : 10. Dämme von dieser Höhe, und mit einem Böschungswinkel von $1^1/_2$: 1 angelegt, haben einen Querschnitt von 40, beziehungsweise 24 Quadrat-Meter; der Inhalt der letzteren Fläche ist also nur 59 Procent des ersteren. Dasselbe Verhältniss ist maassgebend bei der Herstellung der Einschnitte, da die schmalspurige Bahn-Nivellette die Ausnutzung der Terrainvortheile überall anstrebt; auch können die Seiten-Drainirungen kleinere Dimensionen erhalten. Bei Tunnelbauten und Felseneinschnitten kann dagegen die Kronbreite der Normalspurbahn wesentlich abgemindert werden, wobei obiges Verhältniss weniger zu Gunsten der Schmalspurbahn spricht.

Querschnitt der Dämme und der Einschnitte.

In demselben Verhältnisse wie die Auslagen für die Dämme und Einschnitte geringer werden, werden sich auch diejenigen für die Herstellung der Durchlässe, der Wiederlager und Brückenpfeiler vermindern, einerseits wegen der geringeren Höhe dieser Objecte, andererseits wegen des kleineren Volumens derselben, durch die Verengerung der Spurweite erzielt wird. Die Hauptträger der Brücken können leichter gemacht werden, da bei gleichen Stabilitätsverhältnissen die Belastung derselben durch die Transportmasse mindestens im Verhältnisse der Spurweite leichter ist; die Behauptung des Hrn. Seymour, dass es wegen Festigkeitsrücksichten nicht wohl thunlich sei, die Weite der Brücken-Constructionen zu vermindern, ist nur dann begründet, wenn es sich um sehr lange Spannungen handelt. Den besten Beweis dafür bilden die leichten und schmalen, 20 Meter hohen Viaducte von Hrn. Pihl in Norwegen. Bezüglich der Baukosten der Brücken so sagt Hr. John Fowler in seinem ausführlichen Berichte an das

Herstellung der Durchlässe und Brücken.

Staats-Secretariat für Indien, dass bei Annahme des Schmalspursystems eine Ersparniss von 10 Procent gesichert sei, während Hr. John Hawkshaw, obgleich er ein Gegner der Schmalbahnen ist, die Abminderung der bezüglichen Baukosten noch grösser schätzt. Die Voranschläge dieser beiden bekannten Ingenieure sind mit grosser Präcision ausgearbeitet worden und stützen sich auf die wirklichen Verhältnisse einer und derselben Linie.

Ersparnissquote für die Brücken nach John Fowler.

In der That bestätigen weitere Erfahrungsresultate aus dem Bereiche bereits bestehender Schmalspurbahnen alle obigen Angaben. So sagt Hr. Charles Douglas Fox, welcher die Toronto-, Grey- und Bruce-Eisenbahn in Canada erbaute: „Die Kostendifferenz zwischen den beiden Bausystemen besteht hauptsächlich in dem geringeren Aufwande welcher für Beschaffung der Erdarbeiten, Brücken, Durchlässe, Beschotterung und Schwellen erforderlich ist; eine sehr bedeutende Ersparniss der ersten Post liegt aber in der Anwendung kleinerer Krümmungshalbmesser. Während die Anlage einer Breitspurbahn von 1.676 Meter Spurweite 72,000 Fr. per Kilometer kosten würde, kann eine Bahn von bloss 1.067 Meter Spurweite für 48,000 Fr. per Kilometer erstellt werden.“ — Diese von Hrn. Fox im Jahre 1868 gemachte Aeusserung hat sich hernach in der Praxis glänzend bewahrheitet, indem thatsächlich die Toronto-, Grey- und Bruce-Eisenbahn von 1.067 Meter Spurweite für 41,000 Fr. per Kilometer, exclusive Betriebsmittel, erbaut worden ist.

Schmalspurbahnen in Canada.

Baukosten der von Hrn. Charles D. Fox erbauten Schmalspurbahnen.

Ein ähnliches schlagendes Beispiel betreffend die relativen Ersparnisse an Baukosten bietet die Denver- und Rio Grande-Eisenbahn von 0.915 Meter Spurweite, welche von Denver, im Staate Colorado, nach der Stadt Mexico eine Länge von 2,800 Kilometer hat. Ein ausführlicher Bericht über den Charakter und die Bauverhältnisse dieser

schnit
me un
schnit

lerst
Durcl
B

dass auf jedes Treibrad eine Belastung von höchstens 60 oder 70 Centner fällt, so können selbstverständlich leichtere Dämme, Brücken und Schienen, welche überdiess kleinere Unterhaltungskosten erfordern, in Anwendung kommen. Die Frage, wie sich die totalen Bausummen des Schmal- und Breitspursystems zu einander verhalten, ist mehrmals an mich gestellt worden. In Anbetracht der Vielseitigkeit dieser Frage und des Umstandes, dass die Verhältnisse beim Baue einer jeden Bahnstrecke verschieden sind, mag ein definitiver Vergleich schwierig fallen; doch glaube ich, dass im allgemeinen die schmale Bahn um ein Drittel billiger gebaut werden kann. Hinsichtlich des Betriebes aber ist eine genauere Beurtheilung erhältlich. Wenn wir z. B. einen gemischten Zug analysiren, welcher aus 3 Personenwagen, zusammen 96 Passagiere, in Wirklichkeit aber blos 60 Passagiere fassend, und aus 14 Güterwagen besteht, so ergibt sich das bezügliche Gewicht der zu bewegenden Massen wie folgt: Die Personenwagen der norwegischen Schmalspur wiegen 80 Centner, die Güterwagen 66 Centner, und die Locomotive 320 Centner; das durchschnittliche Gewicht eines Passagiers zu 70 Kilogramm, und das Ladegewicht eines Güterwagens zu 100 Centner angenommen, stellt das totale Zugsgewicht auf 2968 Centner. Auf der Normalspurbahn dagegen beträgt das entsprechende Gewicht eines Personenwagens 128 Centner, eines Güterwagens 86 Centner und dasjenige der Locomotive 400 Centner, und in Praxis dieselbe Anzahl Fuhrwerke für obige Nutzlast vorausgesetzt, ergibt sich ein totales Zugsgewicht von 3460 Centner. Die directe Ersparniss an Zugsförderungskosten beträgt demnach im ersteren Falle 18 Procent.“

Erstellun kosten Schmalspu ein Drittel feiler, nach Pihl.

Verhältniss Zugkraftko beider Bal systeme, n Hrn. Pih

Als Belege für die Richtigkeit dieser Angaben könnten ferner die zahlreichen Beispiele der Schmalspurbahnen

in Schweden, Russland, Südamerika, Indien, Australien und Neuseeland angeführt werden. Ich erwähne jedoch hier speciell nur die 62 Kilometer lange Schmalbahn von Livny nach Vierhovia von 1.067 Meter Spurweite, welche die russische Regierung, dank der Energie und den Bemühungen des Grafen Bobrinskoy und Professors Saloff erstellen liess, und welche thatsächlich um 40 Procent billiger als eine ganz gleichlaufende Breitspurbahn erbaut worden ist.

Ersparnissquote für die Baukosten der russischen Livny-Schmalbahn.

Die vorliegenden Beispiele sollten zur Genüge constatiren, dass das von General Buell vorausgesetzte, durch Anlage einer schmalspurigen Bahn anstatt einer breitspurigen zu ersparende Capital nicht zu gross angeschlagen wurde; dagegen ist es ganz unzulässig, wenn, wie Hr. Seymour in § 13 verfährt, die Erstellungskosten der Werkstätten, Stationen und Perrons in den Unterbau-Voranschlag mit eingerechnet werden. Betreffend die bei Erstellung des Oberbaus zu erzielenden Ersparnisse äussert sich derselbe folgendermaassen:

Oberbaukosten nach Hrn. Seymour.

§ 14, 15 und 16. „Ebenso bin ich der Ansicht, dass die vorangeschlagene Ersparniss von 45 Procent der Oberbaukosten nicht erreicht werden kann."

„Eine absolute Verminderung dieses Postens, dasselbe Gewicht der Schienen vorausgesetzt, kann nur wegen der geringeren Länge der Querschwellen angenommen werden, welche bei der Schmalspur um 0.368 Meter kürzer sind."

„Das erforderliche Gewicht der Schienen ist von der Belastung der Treibräder der Maschine abhängig; da aber diese Belastung das Adhäsionsvermögen der Locomotive und somit die Zugkraft derselben regulirt, so folgt, dass bei einer gegebenen Zugkraftsäusserung die Belastung bei beiden Spurweiten dieselbe sein muss. Die Anordnung einer grössern Anzahl Züge und die Anwendung leichterer Maschinen, wodurch die Förderkosten geringer sein sollen, ist auf der Breitspur ebenso zulässig, ohne dass stärkere Schienen erforderlich wären."

Bei Erörterung dieser Aeusserungen des Hrn. Seymour

muss ich die Bemerkung vorausschicken, dass General Buell nicht eine Ersparniss von 45 Procent an den Oberbaukosten der Breitspurbahn, sondern eine Differenz von 45 Procent der Schmalspurbahn voraussetzt, oder, was auf dasselbe hinausläuft, er nimmt für die bezüglichen Kosten beider Bausysteme das Verhältniss von 100 : 145, also eine absolute Ersparniss von circa 32 Procent, an. Dass aber dieser Procentualsatz nicht zu hoch gegriffen ist, wird aus Nachfolgendem klar werden. Die Hauptelemente des Oberbaus bilden erstens die Schienen, zweitens die Schwellen, und drittens das Bettungsmaterial. Wie Hr. Seymour ganz richtig bemerkt, ist das Gewicht der Schienen von der Belastung der Treibräder der Maschine abhängig; nun ist aber der jeweilige Druck auf ein Treibrad einer Fairlie'schen Locomotive um volle 30 Procent geringer, als bei einer, auf der Breitspur verkehrenden Locomotive von derselben Zugkraft. Bei gleicher Tragfähigkeit des Oberbaues kann also die Gewichtsersparniss an Schienen in demselben Verhältniss auftreten, d. h. anstatt Schienen von 32 Kilogramm werden solche von 22 Kilogramm Gewicht per laufenden Meter genügen. Beim Querschwellen-Oberbau der Schmalbahn können die Dimensionen der Schwellen ebenfalls verhältnissmässig abgemindert werden; die betreffenden Maasse bei Normalspurbahnen sind gewöhnlich 2.70 Meter Länge, 0.23 Meter Breite und 0.12 Meter Dicke, während bei einer Bahn von 1.067 Meter Spurweite Schwellen 1,8 Meter lang, 0.2 Meter breit und 0.1 Meter dick verwendet werden können. Ferner kann an dem erforderlichen Schotterquantum erspart werden, indem das Schotterbett sowie das Bankett, welches die Bettung aufnimmt, viel geringere Pressungen auszuhalten hat; die Bettungsstärke der Normalspurbahnen beträgt gewöhnlich 0.23 Meter

Maximall lastung des baues mit Fa Maschin

Gewichtser niss an Sch der Schmal

Reduction Schwell Dimension Schmalba

Ersparniss Schotterqu der Schmal

unterhalb der Schwelle, und bei der Bahn von 1.067 Meter Spurweite 0.15 Meter. Die Ersparnisse an Oberbau-Materalien betragen demnach bei der Wahl des letzteren Bausystems:

a) Schienen 30 Procent
b) Schwellen 48 „
c) Schotter 44 „

pproximative sten der Ober- -Materialien.

Die Kosten für die Schienenbefestigungsmittel und für das Legen des Oberbaues bleiben jedoch ziemlich dieselben für alle Spurweiten. Unter obigen Verhältnissen wären die approximativen Kosten der Schienen 29,700 Fr., der Schwellen 4,700 Fr. und der Beschotterung 9,400 Fr. per Kilometer der Normalspurbahn; bei der Schmalspur von 1.067 Meter Spurweite dagegen nur 20,790 Fr., beziehungsweise 2,444 Fr. und 5,264 Fr., was einer totalen Ersparniss von 34 Procent gleichkommt.

Ich habe hier bei der Schwellenbeschaffung nur eine directe Ersparniss im Verhältniss der reducirten Länge der Schwellen angenommen; in Wirklichkeit sind jedoch die Stärkenverhältnisse von noch grösserem Einfluss auf den Schwellenpreis, weil für die leichteren Schwellen kleineres und daher billigeres Werkholz verwendet werden kann. Als Beweis hiefür mag angeführt werden, dass ich zur Zeit von demselben Lieferanten Schwellen für eine Normalspurbahn, und zugleich für eine Linie von 1.067 Meter Spurweite beziehe, wovon erstere 3.33 Fr., letztere blos 1.04 Fr. per Stück kosten. Da auf den Bahn-Kilometer 1320 Querschwellen fallen, so ergibt sich das bezügliche kilometrische Kostenbetreffniss:

rsparnisse an wellenpreis in Praxis.

Für die Spurweite von 1.435 Meter (1320 Schwellen à 3.33 Fr.) = 4396 Fr.

Für die Spurweite von 1.067 Meter (1320 Schwellen à 1.04 Fr.) = 1372 Fr.

Nach diesen Erörterungen betreffend die Anlagekosten von Unterbau und Oberbau, wird es nun am Platze sein, die relative Leistungsfähigkeit der beiden Systeme zu untersuchen. Die Zweckmässigkeit einer Bahn von 0.368 Meter geringerer Spurweite, kleinerer Kronbreite, stärkeren Steigungen, schärferen Curven und leichteren Schienen mag hinsichtlich der Verkehrs-Capacität bezweifelt werden, und dieser Zweifel ist auch begründet, wenn die Schmalspur einfach als eine reducirte Copie der Normalspur angesehen wird, und wenn die Fahrbetriebsmittel, wie z. B. bei der Broehlthalbahn, nach dem orthodoxen Muster verkleinert werden. Ich behaupte jedoch, dass eine zweckmässig betriebene Schmalbahn ganz ebenso leistungsfähig, wie irgend eine Normalspurlinie sein kann. Zu diesem Zwecke müssen aber Maschinen verwendet werden, deren Zugkraft nicht von der Spurweite abhängig ist. Mit einer solchen Locomotive deren Construction im Nachfolgenden erläutert werden wird, verschwinden alle die Nachtheile, welche die Angreifer der Schmalspur so sehr bemüht sind derselben beizumessen; dagegen tritt zu gleicher Zeit der grosse Vorzug der besseren Ausnutzung des Fuhrwerkgewichtes, welches die Schmalbahn im vollsten Maasse gewährt, in den Vordergrund.

Rel Leistun keit de Bausy

Die Angreifer der Schmalspur, welche jedoch die Kostspieligkeit des dominirenden Systems einräumen, sind indess eifrig bestrebt à tout prix die Vorzüge der Normalspur zu proclamiren, und um den Zeitströmungen der Gegenwart Rechnung zu tragen, empfehlen sie als Aushülfsmittel die Anlage möglichst leichter und wohlfeiler Normalspurbahnen, wobei auch starke Steigungen und kleine Curven vorkommen dürften. Aber die Differenz der effectiven Herstellungskosten zwischen den wohlfeilsten bekannten normalspurigen Bahnen und zweckmässig angelegten

Letztes A mittel d theidig Norma

Schmalbahnen ist bei Gleichheit der Leistungen immerhin gross genug um die Wahl des letzteren Systems in allen Fällen zu motiviren; abgesehen davon, dass dabei das Verhältniss der sogenannten todten Last zur Nutzlast viel günstiger ist als unter den Belastungsverhältnissen der Normalspurbahn. Im Nachfolgenden wird dies bei Erörterung der Construction der Fahrbetriebsmittel zur Evidenz klar werden; doch wage ich jetzt schon die anticipirte Behauptung aufzustellen, dass durch Combination des Fairlie- und Schmalspursystems das Maximum dessen geleistet wird, was im Eisenbahnbau und Betriebe überhaupt geleistet werden kann.

Differenz der Herstellungskosten zwischen einer Schmalbahn und einer sogenannten wohlfeilen Normalbahn.

Hinsichtlich der genauen Differenz der Herstellungskosten zwischen einer solid gebauten Schmalbahn und einer sogenannten „wohlfeilen" Normalbahn kann ich wohl nicht besser thun, als wenn ich wirkliche Erfahrungsresultate, sowie ausgearbeitete Projecte und Ansichten hervorragender Eisenbahn-Fachmänner anführe. Ich habe bereits darauf hingewiesen, dass in Norwegen leichte Normalspurbahnen von Hrn. Carl Pihl für 100,000 Fr. per Kilometer hergestellt worden sind, und dass die Toronto-, Grey- und Bruce-Eisenbahn in Canada von 1.067 Meter Spurweite 41,000 Fr. per Kilometer kostete, während der Voranschlag für eine gleichlaufende Breitspur 72,000 Fr., exclusive Betriebsmittel, betrug. Die Ausrüstung mit Betriebsmaterial ist in beiden Fällen zu 6,250 Fr. per Kilometer angenommen worden.

Zusammenstellung der Herstellungskosten einer Linie nach der Schmalspur und Breitspur.

Die folgende Zusammenstellung der relativen Herstellungskosten der 772 Kilometer langen Linie von Kotree nach Moultan, welche dem ausführlichen Berichte des Hrn. John Fowler an die indische Regierung entnommen ist, zeigt, dass der Bau dieser Linie nach der Spurweite von 1.067 Meter um 14 Procent billiger ist, als jener einer

möglichst billigen Breitspur, obwohl in beiden Fällen dasselbe Gewicht der Schienen, nämlich 21 Kilogramm per Meter vorausgesetzt ist. Das normale Maass der indischen Breitspurbahnen ist allerdings 1.676 Meter und obige Ersparniss-Procente würden demnach unter Voraussetzung der allgemeinen gebräuchlichen Normalspur von 1.435 Meter noch eine Reduction erleiden; immerhin würde selbst im letzteren Falle das durch die Anlage einer schmalspurigen Bahn zu ersparende Capital circa 10 Procent, unter ähnlichen Verhältnissen, betragen. In der folgenden Tabelle ist für die Fuhrwerke beider Bahnsysteme dieselbe Beschaffungsquote vorausgesetzt, nämlich 1,200 Wagen à 5,000 Fr. für die Breitspur, und 2,000 Wagen à 3,000 Fr. für die Schmalspur. Die Locomotiven der ersteren sind à 41,3000 Fr. und diejenigen der letzteren à 40,000 Fr. per Stück angeschlagen.

Vergleichende Zusammenstellung
der
Herstellungskosten der Linie Kotree-Moultan von 772 Kilometer Länge.

Post No.	Kosten-Rubriken	Breitspurig		Schmalspurig	
		per Kilometer	Ganze Bahn	per Kilometer	Ganze Bahn
		Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
1.	**Unterbau.**				
	Erdarbeiten	4,700	3,628,000	4,000	3,088,000
2.	**Oberbau.**				
	Schienen (à 350 Fr. per Tonne)	15,750	12,159,000	15,750	12,159,000
	Schwellen	12,500	9,150,000	7,680	5,928,960
	Beschotterung	5,470	4,222,840	3,280	2,532,160
	Legen des Oberbaues . . .	1,410	1,088,520	1,250	965,000
	Für Weichen u. Nebenlinien	3,500	2,661,600	2,650	2,045,800
3.	**Kunstbauten.**				
	Indus-Brücke	12,700	9,804,400	11,390	8,793,080
	Sutlej- „				
	Narra- „				
	Kleinere „				
4.	**Signalwesen etc.**				
	Telegraphen	2,450	1,891,400	2,450	1,891,400
	Wegübergänge				
	Einfriedigungen				
5.	**Hochbau.**				
	Werkstätten	9,760	7,534,720	8,720	6,731,840
	Vier Haupt-Stationen . . .				
	Vier Neben-Stationen . . .				
	32 kleine Stationen . . .				
6.	**Vorarbeiten, Administration etc.**				
	In England und Indien . .	8,480	6,546,560	7,140	5,512,000
7.	**Verschiedenes.**				
	10 pCt. des bisherigen . .	7,600	5,888,000	6,800	4,956,000
8.	**Fahrbetriebsmittel etc.**				
	100 Locomotiven	15,090	11,649,500	14,900	11,500,000
	1200 Wagen für Breitspur .				
	2000 Wagen für Schmalspur				
	Unvorhergesehenes 15 pCt.				
9.	Summe der Herstellungskosten (rund) .	100,000	77,200,000	86,000	66,400,000

Die Gegner des Schmalspursystems führen gewöhnlich die Nothwendigkeit des Umladens der Güter als einen Haupt-Uebelstand an, und ziehen desshalb die Anlage billiger Normalspurbahnen vor, weil damit die Kosten des Umladens beseitigt werden. Was diesen Einwurf anbelangt, so werde ich denselben späterhin auf sein wahres Maass zurückführen; es mag hier nur erwähnt sein, dass Herr Seymour den Preis des Umladens zu 0.35 Fr. per Tonne berechnet, während auf verschiedenen Schmalspurbahnen des Continentes der Umladepreis nur 0.20 Fr. und selbst 0.15 Fr. per Tonne beträgt. Dieser Preis — auch bei Annahme von 0.35 Fr. per Tonne — ist jedoch von so geringem Einfluss auf die Betriebskosten, dass er gegenüber den belangreichen Ersparnissen der Anlagekosten fast gänzlich ausser Acht gelassen werden kann, jedenfalls aber kein Hauptmotiv gegen die Anlage von Schmalspurbahnen constituirt. Umladung Güter.

Aber selbst wenn die Anlagekosten der beiden Bausysteme dieselben wären, so würde der Umstand des geringeren Eigengewichtes der Fuhrwerke, sowie die vortheilhaftere Ausnutzung derselben genügen, um eine Entscheidung zu Gunsten der Schmalspur zu rechtfertigen. Weder die Bau- noch die Betriebsverhältnisse einer „wohlfeilen“ Normalbahn sind desshalb so günstig, wie jene einer zweckmässig gebauten und betriebenen Schmalbahn, und diess aus dem einfachen Grunde, weil letztere den Verkehrserfordernissen viel besser angepasst werden kann. Ein namhafter Vortheil der schmalspurigen Bahnen gegenüber normalspurigen Secundärbahnen besteht ferner darin, dass die Unterhaltungskosten des Oberbaues bei gleicher Masse des Verkehrs kleiner sind, weil die zu bewegende todte Last ebenfalls geringer ist. Immanente Vorzüge der Schmalspurbahnen

Ich habe bereits die Denver- und Rio Grande-Eisen-

bahn von 0.915 Meter Spurweite angeführt, um die Frage der Kostendifferenz zwischen der Anlage einer schmalspurigen Bahn und einer ganz gleichlaufenden breitspurigen zu erläutern. Diesem Beispiele werden sich binnen Kurzem zahlreiche andere anreihen, denn die schmale Spur hat in Amerika tiefe Wurzel gefasst — die Ramificationen dieses neuen Stammbaumes werden sich bald über die ganze Union, von der östlichen bis zur westlichen Meeresküste erstrecken. Der mächtige Einfluss dieser neuen Linien auf die Entwickelung jener ausgedehnten reichen Territorien, über welche sich die Fluth der Emigration unaufhaltsam ausgiesst, kann kaum geschätzt werden, und da diese Unternehmungen verhältnissmässig bescheidene Capitalien zu deren Realisirung erfordern, so wird ihnen auch die finanzielle Unterstützung — stimulirt durch die in sicherer Aussicht stehenden grossen Renditen — im vollsten Maasse zu Theil.

Rasche Verbreitung der Schmalspur in Amerika.

Auf die Construction der Fahrbetriebsmittel übergehend, äussert sich Hr. Seymour folgendermaassen:

Beschaffungskosten der Fahrwerke, nach Hrn. Seymour.

§ 17. „Die Ersparnisse bezüglich der Kosten der Fuhrwerke werden nur der Verminderung der Wagenbreite um 0.368 Meter proportional sein; vielleicht werden die Kosten der Wagenconstruction wegen des geringeren Aufwandes an Material und Arbeit noch etwas reducirt. Dagegen behaupte ich, dass die grössere Anzahl der Wagen, welche auf der Schmalspur erforderlich ist, um die gleichen Transportmassen von Gütern und Passagieren zu befördern, ebenso grosse, wenn nicht grössere Beschaffungskosten bedingt, als dies bei der Breitspur der Fall ist.“

Irrige Meinung über die Fahrbetriebsmittel der Schmalspurbahnen.

Diese Ansicht ist aber ebenso irrthümlich, als sie vielfach auf sehr oberflächliche Weise verbreitet worden ist; denn es liegt auf der Hand, dass bei einem kleineren Wagen ebenfalls die Stärke-Dimensionen aller Theile der Wagenconstruction reducirt werden können. So wird z. B. die Ersparniss bei den Dimensionen der Achsen nicht bloss einer Verkürzung um 0.368 Meter proportional sein, sondern

eine kürzere Achse kann auch einen kleineren Durchmesser erhalten, und wird dennoch die gleiche Torsionsfestigkeit wie eine längere Achse besitzen. Die Meinung aber, dass bei gleicher Leistungsfähigkeit beider Bausysteme die Schmalbahn einer grösseren Anzahl Fuhrwerke bedarf, ist nur dann gerechtfertigt, wenn erstens angenommen wird, dass jeder Wagen stets mit dem vollen Ladegewicht nach jeder Richtung verkehrt, und zweitens, dass das Verhältniss der Wagenbreite zur Spurweite dasselbe ist, wie es jetzt in der Schmalspur-Praxis adoptirt worden ist.

Ausnutzung des Wagengewichtes auf amerikanischen Breitspurbahnen.

Hinsichtlich der ersten dieser Voraussetzungen zeigt aber die Betriebspraxis der bestbetriebenen amerikanischen Breitspurbahnen, dass die zahlende Last im Durchschnitt blos die Hälfte der todten Last beträgt, während sich das Eigengewicht der Wagen zu ihrer Ladefähigkeit wie 1 : 1.4 verhält; die Ausnutzung der Amerikanischen Wagen ist demnach nur 35 Procent ihrer Ladefähigkeit, d. h. anstatt mit 10 Tonnen, ist das Fuhrwerk in Wirklichkeit bloss mit 3.5 Tonnen belastet. Dieses auffallend ungünstige Verhältniss ist grösstentheils eine Folge des Verkehrs, welcher eine möglichst rasche Manipulation der Güter auf Zwischenstationen erheischt. Nach dem Vorhergehenden, was noch in erhöhtem Maasse für den Personentransport gilt, wird der kleinere Fassungsraum der Fahrbetriebsmittel auf der schmalspurigen Bahn viel besser ausgenützt werden, ohne dass desshalb bei gleicher Leistungsfähigkeit eine grössere Anzahl Fuhrwerke erforderlich wäre.

Verhältniss der todten Last zur Nutzlast in England.

Der Verfasser hielt im August 1870 bei Anlass der Sitzung der britischen Gesellschaft in Liverpool einen bezüglichen Vortrag, welcher, auf Grundlage statistischen Materials, darauf hinwies, dass im vereinigten Königreiche das wirkliche Verhältniss der todten Last zur Nutzlast

beim Gütertransport 7:1 (exclusive Materialien-Transporte) und beim Personentransport sogar 29:1 ist.

Verhältniss der todten Last zur Nutzlast beim Personentransport in Frankreich.

Auf den französischen Hauptbahnen ergiebt sich mit Bezug auf den Personentransport folgendes Verhältniss zwischen den wirklich besetzten Plätzen und dem Fassungsraum der Personenwagen:

Nord-Bahn	22.3	Procent	durchschnittlich 24 Procent.
Ost-Bahn	20.3	„	
Lyoner-Bahn	26.9	„	
West-Bahn	27.7	„	
Orléans-Bahn	23.4	„	
Süd-Bahn	27.7	„	

Nach dieser Tabelle entfallen pro Passagier folgende entsprechende Wagengewichte:

Nord-Bahn	16.3	Centner	durchschnittlich 14.8 Centner.
Ost-Bahn	16.5	„	
Lyoner-Bahn	14.5	„	
West-Bahn	12.6	„	
Orléans-Bahn	15.2	„	
Süd-Bahn	12.6	„	

Bei Besetzung sämmtlicher Sitzplätze beträgt dagegen das pro Passagier zu bewegende Wagengewicht nur 4.7 Center*).

---

*) Die technischen Experten der Gotthardcommission äusserten sich bei Berechnung der Brutto-Lasten folgendermaassen: „Auf der schweiz. Nordostbahn kamen in den letzten Betriebsjahren auf jede Achse 5.75 Personen, auf der Centralbahn 5.30; auf den preussischen Bahnen findet man 5.2; auf der französischen Westbahn 5.85 u. s. w. Gestützt hierauf wird man bei der Gotthardbahn, wo ein sehr grosser Theil des Personenverkehrs im Transit über die ganze Linie stattfinden wird, pro Achse wenigstens 6 Personen annehmen dürfen. Das Taragewicht der Personenwagen beträgt pro Achse bei dem amerikanischen System 55—65 Ctr., bei dem englischen Wagen-

Die französischen Lastwagen für den Transport von Kohlen wiegen im Durchschnitt 90 Centner und können 200 Centner fassen; die Coke-Wagen haben bei derselben Ladefähigkeit ein Eigengewicht von 84 Centner, so dass bei voller Ladung das minimal todte Gewicht 0.45 Centner, beziehungsweise 0.42 Centner pro Centner Nutzlast beträgt. In der Praxis jedoch ist die durchschnittliche Ladung nur circa die Hälfte der obigen Ladefähigkeit, so dass auf einen Centner Nettolast nahezu 2 Centner Bruttolast kommen. Die gewöhnlichen Güterwagen wiegen 100 Centner bei einer Tragfähigkeit von 200 Centner, welch letztere jedoch in Wirklichkeit nur zu 42 Procent durchschnittlich ausgenützt wird, wonach auf einen Centner Nettolast $\frac{100}{84} + 1 = 2.2$ Centner Bruttolast fallen*).

Ausnutzung d französische Güterwagen n ihrer Bruttola

Zur Erörterung über das Verhältniss der Wagenbreite zur Spurweite müssen einige Bemerkungen vorausgeschickt werden. Für den Güter- und Personenverkehr auf amerikanischen Bahnen sind allgemein die langen — nach dem sogenannten amerikanischen System construirten — Wagen im Gebrauch, welche mit zwei drehbaren Untergestellen (bogies) versehen sind. Diese Disposition gestattet das Befahren kleiner Radien, und gewährt überdiess den Vortheil, dass die Unebenheiten der Bahnlinie (welche

Construction Wagen nach d amerikanisch System.

---

system 60—65 Ctr. Man kann daher als Durchschnitt füglich 60 Ctr. annehmen oder 10 Ctr. pro Person. Einschliesslich des eigenen Gewichts der Reisenden sammt Gepäck wird man auf eine Person mindestens 12 Ctr., oder 0.6 Tonnen und folglich auf jede Personenwagenaxe 72 Ctr. oder 3.6 Tonnen Bruttolast rechnen müssen."

*) Nach der vorhin angeführten Quelle kommen auf einen Centner Nettolast bei den schweiz. Bahnen 3.0 Centner Bruttolast; in Preussen durchschnittlich 2.8 Centner, und bei Bahnen mit starkem Transit 2.3—2.5 Centner; in Frankreich 2.1—2.3 Centner. A. B.

in Amerika nicht immer mit der wünschbaren Solidität erbaut ist) wegen des grossen Radstandes der Wagen weniger fühlbar werden. Die Gewichtausnutzung ist jedoch bei dieser Construction keineswegs so günstig wie bei dem gewöhnlichen, zweiachsigen englischen Wagensystem; bei dem letzteren ist die durchschnittliche Verhältnisszahl zwischen dem Eigengewicht und der Tragfähigkeit der Fuhrwerke 1 : 1.9, bei dem amerikanischen System aber bloss 1 : 1.4. Dieser Uebelstand, verbunden mit schwierigerer Manipulation des Ein- und Ausladens bei den langen Wagen, wird jedoch durch die vorhin angegebenen, eigenthümlichen Vortheile aufgehoben; sonst hätte sich das englische zweiachsige Wagensystem auch in Amerika jedenfalls schon eingebürgert.

Vergleichung des amerikanischen und englischen Wagensystems.

Mit Rücksicht auf den ruhigen Gang der Wagen ist ein möglichst grosser Radstand erforderlich; mit Rücksicht auf das leichte Befahren kleiner Radien soll derselbe aber möglichst klein gewählt werden. Beide Vorzüge gewähren die Wagen nach dem amerikanischen Muster, da bei dieser Anordnung jedes Gestelle für sich als ein unabhängiges Fuhrwerk gehen und in jedem beliebigen Bogen sich immer in die der Achsenentfernung entsprechende Sehne einstellen kann. Ein vierräderiges Fuhrwerk mit zwei festen Achsen und mit dem gebräuchlichen Buffer- und Kuppelungssystem versehen, ist aber kein so gegliedertes Fahrzeug, daher kann der Radstand auch nicht willkürlich verkleinert werden, sondern muss — mit Rücksicht auf die Sicherheit gegen eine Entgleisung — der Spurweite entsprechend angenommen worden, so dass die Entfernung der Achsen wenigstens das doppelte derselben betragen sollte.

Die vorstehenden Beobachtungen weisen darauf hin, dass für Schmalspurbahnen das zweiachsige Betriebs-

Material — besonders bei Anwendung des Centralbuffer — mit mehr Vortheil verwendet werden kann, als für Breitspurbahnen. Aus diesem Grunde gestatten denn auch die allgemein günstigeren Stabilitäts-Verhältnisse der Schmalbahn eine grössere Wagenbreite im Verhältniss zur Spurweite, wobei besonders hervorgehoben werden muss, dass diese Erweiterung der Kastenbreite weder grössere Stärke-Dimensionen der Theile der Wagenconstruction, noch einen unvortheilhafteren Stabilitätswinkel bedingt. Es ist Thatsache, dass auf Schmalbahnen von 0.915 Meter Spurweite Wagen mit einer Kastenbreite von 2.1 Meter, d. h. von 2.3 mal die Spurweite, mit sehr bedeutenden Fahrgeschwindigkeiten verkehren; ebenso ist es Thatsache, dass Fuhrwerke von dieser Grösse den allgemeinen Verkehrs- und Transporterfordernissen auf die bequemste und wohlfeilste Weise Genüge leisten. Dagegen ist es gänzlich unzulässig für die Breitspur Wagen zu verwenden, deren Kastenbreite sich zur Spurweite verhält, wie 2.3 : 1, denn eine solche Dimension würde gewiss eine höchst unvortheilhafte Ausnutzung des Wagengewichts hervorrufen.

Verhältniss Wagenbreite Spurweite

Dass die leichteren Fahrbetriebsmittel einer schmalspurigen Schienenstrasse die Bahn und sich selbst weniger abnutzen — abgesehen davon, dass die Förderkosten geringer sind — bedarf wohl keiner speciellen Beweisführung. Zur weiteren Rechtfertigung der im Vorhergehenden angeführten Vorzüge der schmäleren Fuhrwerke mag hier jedoch das competente Urtheil eines erfahrnen Fachmannes besonders angeführt werden. Es ist dies ein Schreiben des bekannten Directors der Gloucester Waggonfabrik, Hrn. Slater, an den Verfasser und lautet wie folgt:

Geringere A nutzung d leichteren F betriebsmit

Ansichten Hrn. Slater treffend die züge schmäl Fuhrwerk

„Unter Bezugnahme auf unsere Unterredung betreffend die relativen Vortheile breit- und schmalspuriger

Bahnen mit Rücksicht auf die Beschaffungskosten des Fahrparks kann ich meine Ansicht nicht besser präcisiren als wenn ich meine vor circa acht Jahren gemachten Aeusserungen gegenüber Hrn. Potter — zur Zeit Präsident der Grand-Trunk-Eisenbahn von Canada, und damals zum Präsidenten der Great-Western-Eisenbahn gewählt — wiederhole.

„Damals empfahl ich Hrn. Potter die Umänderung der Breitspur auf die normale Spur sehr eindringlich. Ich führte beispielsweise an dass, falls mich der Eigenthümer eines Kohlenlagers um die Miethe von zehn Breitspur-Wagen und zehn solcher für die schmale Spur angehen würde, er für die ersteren 450 Fr. per Jahr und für die letzteren 300 Fr. zu bezahlen hätte, und würde ich jedenfalls die schmäleren Wagen als vortheilhafter bezeichnen. Diess gilt von Wagen, welche immer mit voller Ladung verkehren; für den allgemeinen Güterverkehr aber ist die Differenz noch auffallender, besonders mit Berücksichtigung des Verhältnisses der todten Last zur Nutzlast. Auf Normalspurbahnen, welche in industriellen Districten verkehren, beträgt die durchschnittliche Ladung eines Lastwagens höchstens 30 Centner (wobei zudem angenommen ist, dass Hin- und Rückfracht sich annähernd gleich sind); wenn aber in gewerbsreichen Gegenden ein solches Missverhältniss auftritt, wie wird sich dasselbe erst in Agricultur-Districten gestalten, welche von Breitspurbahnen bedient werden? Das Resultat ist ganz einfach folgendes: Die Beschaffungs- und Unterhaltungskosten des breitspurigen Fahrparks sind sehr bedeutend höher, als für die schmälere Spur; während im ersteren Falle ein todtes Gewicht von 100—140 Centner

gegenüber 30 Centner Nutzlast — im letzteren Falle aber bloss ein solches von 70—80 Centner für dieselbe Nutzlast maassgebend ist."

Fahrgeschwindigkeit a Schmalbahn

Herr Seymour macht bezüglich der Fahrgeschwindigkeiten auf Schmalbahnen keinerlei Einwendungen, indem er einräumt, dass bei genügender Zugkraft der Maschine die Förderung mit derselben Geschwindigkeit und Sicherheit stattfinden kann wie auf Breitspurbahnen. Im nun folgenden Paragraphen seines Gutachtens findet sich aber eine Aeusserung, welche eigentlich bloss ihrer Absurdität wegen erwähnt werden sollte.

Beschaffung kosten der L motiven, na Hrn. Seymo

§ 18. „Ich behaupte, dass die Beschaffungskosten der Locomotiven von gleicher Leistungsfähigkeit für die Breitspur nicht grösser sind, als für die Schmalspur. Wenn eine Differenz bestehen sollte, so wäre dieselbe jedenfalls zu Gunsten der grösseren Maschine."

Es sind also in beiden Fällen Locomotiven von derselben Zugkraft vorausgesetzt. Nehmen wir nun die stärkste Maschine, welche nach der gebräuchlichen Construction für eine Bahn von 1.067 Meter verwendet wird, und setzen wir denselben Kessel, Cylinder etc. auf das breitere und schwerere Gehwerk der Normalspurbahn, so ist selbstverständlich, dass dadurch das Gewicht des Motors vergrössert wird. Wie ich bereits gezeigt habe, so hängt die Zugkraft einer Maschine nach dem Fairlieschen Princip nicht von dem Maass der Spurweite ab, und kann, bei gleicher Leistungsfähigkeit wie eine gewöhnliche Maschine, leichter und desshalb im Verhältniss billiger erstellt werden.[1]

Geringere schaffungsko der leichte Locomotive

Betreffend die von General Buell Eingangs erwähnten Percentualsätze der zahlenden Last zur nichtzahlenden, welche schliesslich von Hrn. Seymour mit so viel Vehemenz angegriffen werden, muss zur Verständigung derselben bemerkt werden, dass die Berechnungen des ersteren durch

Erfahrungsresultate aus der amerikanischen Schmal- und Breitspurpraxis begründet sind.

Dimensionen der amerikanischen Personenwagen.

Die mit zwei drehbaren Untergestellen ausgerüsteten Personenwagen der amerikanischen Breitspurbahnen haben 56 Sitzplätze bei einer Länge von 13—14.6 Meter und einer Breite von 2.4—3 Meter; das Eigengewicht derselben ist 300 Centner, d. h. vier mal grösser, als die Nutzlast bei voller Ladung. In Praxi ist jedoch nur die Hälfte der Plätze besetzt, wodurch das todte Gewicht gegenüber der Nutzlast noch verdoppelt wird. Die Wagen der norwegischen Schmalspurbahnen neuester Ausrüstung dienen zur Accommodation von 32 Passagieren und wiegen 92 Centner, was bei Annahme von 15 Personen pro Tonne eine Verhältnisszahl von 2.15 : 1 zwischen der nicht zahlenden und der zahlenden Last ergibt. Obgleich diese Wagen nicht besonders günstig proportionirt sind, so zeigt dennoch eine Vergleichung derselben mit dem Gewichte der amerikanischen Wagen, dass die Voraussetzung des General Buell vollständig gerechtfertigt ist.

Dimensionen der amerikanischen Güterwagen.

Die Güterwagen der amerikanischen Breitspurbahnen haben folgende durchschnittliche Dimensionen und Gewichte:

Gattung der Wagen	Länge	Breite	Gewicht	Tragfähigkeit	Verhältnisszahl
	Met.	Met.	Ctr.	Ctr.	
Bedeckte Wagen	9.15	2.3	200	260	1 : 1.3
Offene „	10.9	2.8	180	260	1 : 1.4
Kohlenwagen	3.66	2.0	120	200	1 : 1.6

Wagengewicht und Ladefähigkeit auf Schmalbahnen.

Bei zweckmässig construirten Güterwagen für Schmalspurbahnen ergibt sich dagegen eine durchschnittliche Verhältnisszahl zwischen Eigengewicht und Ladefähigkeit von 1:2—1:3, wovon die Bröhlthalbahn, die Novgorod-

bahn, die Festiniogbahn, die Livnybahn etc. thatsächlich Beweise liefern. Ein weiterer Vorzug des Schmalspursystems, bestehend in der Förderungsweise in schmäleren Wagen, wird aus den nun folgenden Betrachtungen über die relative Composition der schmal- und breitspurigen Wagenzüge klar werden.

Composition Wagenzüg

Setzen wir den Fall, es handle sich um den Transport von 200 Passagieren, so sind nach dem oben angegebenen amerikanischen Wagensystem 4 Personenwagen erforderlich, wovon jeder 56 Sitzplätze hat und 300 Centner wiegt; von diesen Wagen, welche also zusammen ein Taragewicht von 1200 Centner aufweisen, sind drei Wagen vollständig besetzt, der vierte dagegen würde mit 24 leeren Plätzen fahren. Um dieselbe Anzahl Personen auf einer Schmalbahn zu befördern, bedarf es nach dem angeführten Beispiel der norwegischen Wagen 7 Personenwagen, wovon jeder 32 Passagiere aufnehmen kann, und 92 Centner wiegt, was zusammen ein Taragewicht von 644 Centner ausmacht. Bei diesem Zuge wären 6 Wagen vollständig besetzt, und der letzte würde wieder mit 24 leeren Plätzen fahren, welchen ein todtes Gewicht von $\frac{24}{32} \times 92 = 69$ Centner entspricht, während beim ersteren Wagenzuge das überzählige todte Gewicht $\frac{24}{56} \times 300 = 128$ Ctr. beträgt. Unter Voraussetzung einer Förderung von 180 anstatt 200 Personen würde sich eine noch grössere Abminderung des todten Gewichts zu Gunsten der Schmalspur ergeben; ich glaube indessen, dass obiges Beispiel betreffend den Personentransport auf Breitspurbahnen genügt, um das bestehende, auffallend ungünstige Verhältniss zwischen der zahlenden Last und der nicht zahlenden nachzuweisen.

Einfluss der Förderung in schmäleren Wagen auf die Betriebskosten.

Die Vertheidiger der Normalspur, oder vielmehr die Gegner der Schmalspur, vergleichen gewöhnlich die beiden Systeme nur in Bezug auf Bahnanlage und Betriebsmittel-Construction, und übersehen desshalb die günstigen Betriebsverhältnisse der Schmalspurbahnen. Die grosse Ersparniss der Betriebskosten, welche die Förderung in schmäleren, möglichst voll beladenen Waggons, combinirt mit einer möglichst vollständigen Ausnützung der kräftigen Fairlie-Locomotive gewährt, bildet einen so wirklich immanenten Vorzug des Schmalspursystems, dass er von keiner vorurtheilsfreien, leidenschaftlosen Opposition angefochten werden wird noch kann.

Schmalspurbahnen das rationellste Concurrenz-Mittel.

So lange Bahnen nach dem gegenwärtigen System erbaut und betrieben werden, so lange wird das enorme Missverhältniss zwischen der zahlenden und nichtzahlenden Last schlechterdings fortbestehen, obschon die allgemeine Tendenz stets dahin gehen wird, dieses Verhältniss zu verbessern; da aber, wo neue Linien Concurrenzen zu schaffen haben, sind Schmalspurbahnen weitaus das rationellste Mittel.

Verhältnisse beim Kohlentransport.

Ein schlagendes Beispiel hiervon gibt der Kohlenverkehr, wobei — wenigstens nach einer Richtung — ein constanter Massentransport bei möglichst voller Beladung der Wagen stattfindet. Die gebräuchlichen Kohlenwagen der Normalspur haben ein Eigengewicht von 80 Centner, und eine Tragfähigkeit von 160 Centner. Die 2 Meter breiten Kohlenwagen einer Schmalbahn von 1.067 Meter wiegen dagegen 40 Centner bei einer Ladefähigkeit von 120 Centner, so dass in letzterem Falle das Verhältniss zwischen todter Last und Nutzlast um 50 Procent günstiger auftritt. Einen wesentlichen Einfluss auf die Förderkosten übt ferner der Rücktransport der leeren Wagen aus, indem auf der Schmalspur bei ganz gleichen Förderquantitäten ein viel kleineres Taragewicht zurückgesendet werden muss.

In Frankreich, wo die grossen Bahngesellschaften praktisch ein Verkehrs-Monopol besitzen, gehen die Güterzüge mehr an die äusserste Belastungsgrenze, als in den meisten andern Ländern; die Ausnutzung des Bruttogewichts der Güterwagen gestaltet sich desshalb in Frankreich verhältnissmässig günstiger. Die Verkehrs-Statistik des Betriebsjahres 1868 ergiebt für die sechs Hauptlinien dieses Landes folgendes Resultat: Verkehrs-Statistik auf französische Bahnen.

Total 4,800,000 Zug-Kilometer,
„ 1,414,000,000 Tonnen-Kilometer.

Das durchschnittliche Bruttogewicht eines Güterzugs wäre demzufolge 294.7 Tonnen, wovon nach obiger eisenbahnstatistischen Uebersicht 127.5 Tonnen, d. h. 43.2 Procent, Nettogewicht sind. Das entsprechende todte Gewicht war also 167.2 Tonnen pro Zug, bestehend in circa 33 Lastwagen von je 5 Tonnen Eigengewicht und einer Tragfähigkeit von 10 Tonnen, in Praxis jedoch bloss mit $\frac{127.5}{33} = 3.86$ Tonnen beladen.

Nehmen wir an, es wären dieselben Förderquantitäten mittelst richtig angeordneter Schmalspurbahnen zu bewältigen, so ergibt sich Folgendes: Dieselben Förderquantitäten mittelst Schmalspurbahnen bewältigt.

Das Eigengewicht der Güterwagen ist durchschnittlich 51 Procent ihrer Nutzlast in Praxis; es kommen demnach auf obigen Zug von 127.5 Tonnen Nettolast 65 Tonnen todte Last, oder 33 Wagen von je 2 Tonnen Eigengewicht und 6 Tonnen Ladefähigkeit, welche aber, wie vorhin, ebenfalls nur mit 3.86 Tonnen beladen sind. Das Verhältniss der zu bewegenden todten Last zwischen Schmal- und Breitspur ist also 65:167 = 39 Procent. In demselben Verhältniss werden sich aber auch die Förderkosten abmindern. Angenommen, die jährlichen Ausgaben für den Zugkraftdienst betragen auf den sechs französischen

Bahnen für obige Förderquantitäten in runder Summe 24 Millionen Fr., so ergibt sich eine betreffende Ersparniss von wenigstens 9 Millionen Fr. zu Gunsten der Schmalspurbahnen.

Ersparniss der Zugkraftskosten auf Schmalbahnen.

Diese Bemerkungen alle beziehen sich zum Theil auf die zwei zuletzt erwähnten Paragraphen, zum Theil auf die nun folgenden Aeusserungen des Hrn. Seymour.

Hr. Seymour über Bau und Ausrüstung von Schienenstrassen.

§ 19—41. „Gestützt auf meine Erfahrungen im Bereiche des Baues und der Ausrüstung von Schienenstrassen verschiedener Spurweite, will ich keineswegs bestreiten, dass bei der Anlage von Bahnen mit schmälerer Spur etwelche Ersparnisse erhältlich sind, dagegen bin ich der ganz bestimmten Ansicht, dass diese Ersparnisse in der Regel von den Vertheidigern der Schmalspur weit überschätzt werden."

„Als es sich im Jahre 1847 darum handelte, die New York- und Erie-Eisenbahn von 1.830 Meter Spurweite auf die Normalspur von 1.435 Meter umzubauen, trat die Frage der relativen Bau- und Ausrüstungskosten allerdings nicht in den Vordergrund der Debatten; ich erinnere mich, dass beide Parteien blos einen Gewinn von 5—10 Procent zu Gunsten der schmäleren Spur voraussetzten."

Fahrgeschwindigkeiten auf Schmalspurbahnen.

„Die Schlussfolgerung Ihres Ober-Ingenieurs, dahin gehend, dass auf der Schmalspur Fahrgeschwindigkeiten von 50—70 Kilometer pro Zeitstunde mit voller Sicherheit des Betriebs erreicht werden können, ist wohl kaum als ein specifischer Vorzug des Schmalspursystems zu bezeichnen; ganz abgesehen davon, dass der Ausdruck „volle Sicherheit" eigentlich für keine Bahn und für keine Spurweite absolut anwendbar ist."

„Bei gutem Zustande der Bahn indessen, und zweckmässige Stabilitäts-Verhältnisse der Fahrzeuge vorausgesetzt, sehe ich keinen Grund, warum eine genügend starke Maschine auf der Schmalspur einen Zug nicht mit derselben Schnelligkeit und Sicherheit bewegen sollte, als auf der Breitspur, obschon die letztere gewöhnlich als sicherer bezeichnet wird."

„Die fünfte und letzte Schlussfolgerung Ihres Ober-Ingenieurs bildet das eigentliche Haupt-Argument aller Vertheidiger der Schmalspur. Und doch bin ich der festen Ueberzeugung, dass es das schwächste, und desshalb am leichtesten auf sein wahres Maass zurückzuführen ist."

Rationelle Vergleichung der verschiedenen Bausysteme.

„Eine richtige Beobachtungs-Grundlage wären einzig und allein zwei nach den verschiedenen Bausystemen, im Uebrigen aber ganz

gleich angelegte Bahnen, welche überdiess dieselbe Gattung und Masse des Transports in demselben Zeitraume zu bedienen hätten: das Problem der relativen Betriebs-Oekonomie wäre alsdann leicht zu lösen. Dieser Vergleich mangelt leider in Praxis, wesshalb subjective Ansichten und Entstellungen ohne Gefahr vor erfolgreicher Widerlegung geäussert werden können."

„Immerhin finde ich es auffallend, dass im betreffenden Gutachten die Frage der Fahrbetriebsmittel nicht durch Vergleiche aus der Praxis, sondern durch blosse Voraussetzungen begründet ist, wie z. B. angeführt wird, dass die Gewichtsausnutzung der Wagen auf der Spur von 1.067 Meter günstiger sei, als auf der weiteren Spur von 1.435 Meter. Ich glaube jedoch, dass bezüglich der Ausnutzung pro Flächeneinheit des Wagenbodens gerade das Gegentheil der Fall ist."

„Ein einfacher Versuch würde die ganze Frage praktisch lösen; man könnte sich alsdann die Millionen ersparen, welche für das gewagte Experiment der schmalen Bahnen verwendet werden sollen. Selbst wenn alle die Meinungen, welche für die Spurweite von 1.067 Meter plaidiren, thatsächlich begründet wären, so könnten — bei Verwendung ähnlicher Fahrbetriebsmittel — dieselben Vorzüge mit mehr Oekonomie und Sicherheit auf der Normalspur erreicht werden. Es ist gezeigt worden, dass die grösseren Anlagekosten der weiteren Spur von keiner grossen Bedeutung sind; um alsdann für die Normalspur denselben Fahrpark anzupassen, welchen Ihr Ober-Ingenieur so nachdrücklich befürwortet, wäre einfach eine Verlängerung der Achsen um 0.386 Meter erforderlich. Das entsprechende Mehrgewicht der Achsen wäre aber in der That das einzige extra todte Gewicht zu Lasten der Normalspur."

Allgemeine wendung Fuhrwerke den Con tionsprin der Sch bahne

Ich glaube, bereits den Gegenbeweis zu vorstehenden Aeusserungen geleistet zu haben, und komme nun auf die Vortheile zu sprechen, welche nach der Ansicht des Hrn. Seymour die Verwendung kleinerer Fuhrwerke auf der Normalspur gewähren, und welche wesentlich in Folgendem bestehen würden:

Vortheile Fuhrwerk der Norm bahn

1. Beseitigung des Umladens der Güter,
2. Anwendbarkeit grösserer Räder für die Fahrzeuge,
3. günstigere Stabilitätsverhältnisse,
4. kleinerer Luftwiderstand,
5. Reduction der todten Last.

General Mc. Callum über den Uebergang der Fahrzeuge von Bahn zu Bahn.

Ueber die Frage des Umladens bemerkt der Oberinspector der New York- und Erie-Eisenbahn, General Mc. Callum, Folgendes: „Es ist gesagt worden, dass ein „ökonomischer Gütertransport Gleichförmigkeit der Spur„weite bedingt, und dass eine Abweichung von der bis „jetzt gebräuchlichen Spur den Uebergang der Betriebs„mittel von Bahn zu Bahn hemmen, also Umladung der „Verkehrsmassen erfordern würde.

„So berechtigt auch diese Einwendung auf den ersten „Blick scheinen mag, so ist sie dessenungeachtet von einem „ökonomischen Gesichtspunkt aus unzulässig; denn die „Umladungskosten beim Anschluss einer schmalspurigen „an eine normalspurige Bahn sind geringer als die Mehr„kosten, welche die Rücksendung leerer Wagen da, wo ein „constanter Gütertransport nach Osten vorherrscht, er„fordert. Letzteres gilt aber nicht von beiden Bahnen im „gleichen Maasse; die Fahrzeuge der einen Linie werden „auf ihrer Rückkehr noch den Localverkehr auf Zwischen„stationen bedienen können, während im andern Falle die „Wagen möglichst rasch an ihre Eigenthümer zurückge„sendet werden müssen.

„Der Austausch von Wagen ist ohne Zweifel für kurze „Bahnstrecken von Vortheil, dagegen werden grosse Bahnen „durch dieses System oft gezwungen, fehlerhaftes Betriebs„material zu miethen und verhältnissmässig grosse Summen „für den Unterhalt desselben zu beschaffen; ja es kann „vorkommen, dass der Zustand solcher fremden Fahrzeuge „ein Loskuppeln derselben vom Zuge und Umladung der „Güter nothwendig macht, bevor dieselben ihre Bestim„mungsstation erreichen können. Eine solche Erfahrung „ist auf unserer Linie gemacht worden, denn wie unsere „Buchung aufweist, betragen die Kosten pro Zugskilometer „für Unterhalt und Reparatur fremder Wagen beinahe das

„doppelte der bezüglichen Auslagen für die eigenen Fuhr-„werke. Dieser Uebelstand wurde von so ernstlicher Natur „befunden, dass schliesslich das System des Wagenüber-„gangs beinahe gänzlich beseitigt wurde, obschon unsere „Anschlussbahnen mit ein und derselben Spurweite an-„gelegt sind.“

Herr W. von Nördling, Hofrath im österr. Handels-Ministerium, hat dieselbe Frage genauer präcisirt, und gibt in einem Schreibeu an den Verein der franz. Civilingenieure folgende rationelle Beantwortung:

Hr. Hofrath Nördling fü die Argume gegen das laden auf wahres Ma zurück.

„Um mit der Seeschlange des gezwungenen Umladens „einmal fertig zu werden, möchte ich ihr den Zauber „nachstehender Formel entgegenhalten. Dieselbe dürfte „die ziffermässige Behandlung der Frage erleichtern, ob-„wohl sie im Grunde nicht mehr besagt, als was jeder „Laie auch weiss, nämlich, dass die schmale Spur dann „den Vorzug verdienen könne, wenn die Interessen des „ersparten Baukapitals mehr betragen als die jährlichen „Umladungskosten, oder:

$$0.05\ l.\ e > p\ (1 - t)\ T$$

wobei 0.05 der Zinsfuss,

- l die Länge der Schmalbahn,
- e die auf die Längeneinheit in Folge der Annahme der schmalen Spur zu machende Bauersparniss,
- p die Umladungskosten der Gewichtseinheit,
- t derjenige Antheil der Transportmasse, der auch bei gleicher Spurweite dennoch freiwillig umgeladen würde, (erfahrungsmässig $^1/_4$ oder $^1/_5$)
- T die jährlich von der schmalen auf die breite Spur und umgekehrt übergehende Transportmasse.

Wenn $e = 20{,}000$ Fr.,
$p = 20$ Centim die Tonne,
$t = {}^1/_4$,
$T = 20{,}000$ Tonnen,

„so ist die schmale Spur ökonomisch gerechtfertigt, so-„bald die Schmalbahn über drei Kilometer lang werden soll.

„Die Formel lässt die eigentlichen Betriebskosten unberücksichtigt, oder vielmehr sie setzt voraus, sie seien „gleichhoch für die schmale wie für die normale Spur, „was offenbar eine die letztere begünstigende Hypothese ist."

Diese treffenden Erörterungen ergänze ich nur noch dadurch, dass im Grunde kein Eisenbahnverkehr ohne Umladung stattfindet, indem die auf gewöhnlichen Strassen-Fuhrwerken an der expedirenden Station ankommenden Güter ebenfalls ab- und aufgeladen werden müssen, und zwar gestalten sich dabei die Manipulationskosten bedeutend ungünstiger, als bei der Umladung von Bahn zu Bahn verschiedener Spur. Diese Thatsache scheinen die Angreifer der Schmalbahn, welche den Umladepreis als ein Hauptmotiv handhaben, vollständig zu ignoriren*).

Den Vorzug der Anwendbarkeit grösserer Räder für die breitspurigen Fahrzeuge motivirt Hr. Seymour also: „Ein Eisenbahnzug, sowie ein einzelner Wagen, kann auf grösseren Rädern leichter, als auf solchen von kleinerem Durchmesser bewegt werden. Die breitere Spur gestattet aber bei gleicher Höhe der Wagenkästen die Verwenduug

---

*) Es liessen sich ohne Zweifel auch Einrichtungen treffen, welche — wenngleich immer in beschränkten Grenzen — den Uebergang eines schmalspurigen Fuhrwerks auf eine weitere Spur gestatten würden (z. B. verschiebbare Räder). Dieses, wie noch vieles Andere mehr, muss der Fortentwicklung des Schmalspursystems anheimgestellt bleiben. A. B.

grösserer Räder, wodurch ein bedeutend kleinerer Widerstandscoefficient angenommen werden kann.“ Nun beträgt auf den amerikanischen Breitspurbahnen der Raddurchmesser gewöhnlich 0.76 Meter; dieselbe Dimension ist auch von Hrn. Pihl für die norwegischen Bahnen adoptirt worden, und alle meine Fuhrwerke für die Spurweite von 0.915 Meter haben ebenfalls denselben Raddurchmesser. Die Personenwagen der Denver und Rio Grande haben eine Gesammthöhe von 3.2 Meter und einen Raddurchmesser von 0.61 Meter. Untersuchen wir daher, welchen Einfluss diese Differenz auf den Widerstandscoefficient ausübt.

Raddurchmesser der Eisenbahn-Fuhrwerke.

Berechnung des Reibungs-Widerstandes von Wagen mit verschiedenem Raddurchmesser.

Auf einer geraden, horizontalen Linie besteht derselbe aus den folgenden zwei Elementen:

1. Reibung der Räder,
2. Widerstand der Luft.

Bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten kann das zweite Element füglich vernachlässigt werden; der Reibungswiderstand aber wird nach der bekannten Formel berechnet:

$$R = (p + p') f + (p. f'. \frac{d}{D})$$

wobei p das Gewicht eines Wagens ohne Räder,
p' das Gewicht der Räder,
d der Durchmesser der Achsenlager,
D der Durchmesser der Räder,
f der Coefficient der rollenden Reibung der Räder,
f' der Coefficient der Reibung in den Achsenlagern.

Nach Wood, sowie nach Vuillemin, Guébhard und Dieudonné ist $f = 0.001$ und $f' = 0.018$ für Achsenlager mit Oel.

Bei den Wagen der Denver- und Rio Grande-Bahn ist:

$p = 5{,}300$ Kilogramm,
$p' = 1{,}500$ „
$d = 0{,}083$ Meter
$D = 0{,}610$ „

Also ist $R = (5{,}300 + 1{,}500).\ 0.001 + (5{,}300.\ 0.018.\ \frac{0.083}{0.610})$
$= 19.7$ Kilogr.

Die Anordnung derselben Wagen mit breitspurigem Gehwerk würde ein Mehrgewicht von 400 Kilogramm für die Gestelle, und von wenigstens 500 Kilogramm für die Räder und Achsen ergeben, demnach ist:

$p = 5{,}700$ Kilogramm
$p' = 2{,}000$ „
$d = 0.083$ Meter
$D = 0.760$ „

Also $R = (5{,}700 + 2{,}000).\ 0.001 + (5{,}700.\ 0.018\ \frac{0.083)}{0.760}$
$= 18.9$ Kilogr.

Der Widerstandscoefficient der gezogenen Wagenlast ist folglich nur um 0.8 Kilogramm oder 4 Procent geringer, als oben; bei grösseren Fahrgeschwindigkeiten ist diese Differenz sogar noch viel weniger.

Günstige Stabilitätsverhältnisse der norwegischen Schmalspur-Wagen.

Mit Bezug auf die Frage der Stabilitäts-Verhältnisse mag es genügen, hier anzuführen, dass Hr. Pihl für die norwegischen Wagen solche Dimensionen gewählt hat, wobei der Stabilitätswinkel annähernd derselbe wie auf Normalspurbahnen ist; in der That variirt dieser Winkel auf den norwegischen Bahnen von 1.067 Meter Spurweite von 40.5° — 38.5°, je nach der Position der Ladung und der entsprechenden Schwerpunktshöhe. Das Verhältniss der Schwerpunktslage zur Basisbreite ist kaum so günstig bei den amerikanischen Bahnen von 1.435 Meter Spurweite.

Die Proposition des Hrn. Seymour, wonach die Betriebsmittel der Schmalspurbahnen für die Normalbahnen anzupassen wären, ist ein schlagender Beweis für die Richtigkeit der Constructionsprincipien der ersteren, vermöge welcher eine vortheilhafterę Ausnutzung des Gewichts, sowie des Fassungsraums der Fahrzeuge erreicht wird.

Richtigkeit der Constructionsprincipien der schmalspurigen Fuhrwerke.

In den nun folgenden Paragraphen seines Berichts erörtert Hr. Seymour die Grösse der statthaften Radien bei verschiedenen Spurweiten.

§ 42—54. „Der Aufwand an Zugkraft, welchen die Förderung einer gegebenen Transportmasse erheischt, hängt nicht allein von den Gravitationsverhältnissen der Bahnlinie, sondern ebensowohl von dem Widerstand ab, welchen die Krümmungen der Bahn der Bewegung der Fuhrwerke entgegensetzen. Dieser Widerstand wird einerseits durch das Anlaufen des Spurkranzes der äusseren Räder, und anderseits durch das Schleifen der Räder auf dem äusseren Schienenstrang verursacht.“

Widerstand in Curven, nach Hr. Seymour.

„Das Anlaufen der Räder wird bei kleineren Radien vermehrt, weil der tangentiale Angriff der Zugkraft und der Anlaufwinkel der Fuhrwerke ebenfalls vermehrt werden.“

„Die Abminderung der Zugkraft, welche durch das Schleifen der einen Hälfte der Räder erfolgt, ist zwar dieselbe bei der schmalen wie bei der breiten Spur; doch steht der Zeitraum, während welchem dieser vermehrte Widerstand erfolgt, im Verhältnisse zur Differenz der Weglängen der äusseren und der inneren Schiene, und diese Differenz vermindert sich bei Verringerung der Spurweite.“

Die Möglichkeit des leichten Befahrens kleiner Krümmungen ist ein Vortheil des Schmalspursystems, welcher einen ebenso günstigen Einfluss auf die Anlage der Bahn, als auf die Betriebskosten ausübt. Die Widerstände aber, welche die Curven verursachen, hangen hauptsächlich und in erster Linie von der Constructionsart der Fahrzeuge, sodann vom Krümmungshalbmesser und von der Fahrgeschwindigkeit ab. Wenn die Curven der Bewegung der Fuhrwerke keinen grössern Widerstand entgegensetzen sollen als eine gerade Bahnlinie, so müssten

Kleinerer Curvenwiderstand auf Schmalbahnen.

die Fahrbetriebsmittel so construirt sein, dass ein radiales Einstellen der Achsen ermöglicht ist, und dass ferner je eines der zwei Räder der Achse eine von dieser unabhängige Umdrehungsbewegung haben kann*). Endlich müsste die Erhebung des äusseren Schienenstranges über den inneren eine solche sein, dass bei jeder Grösse der Fahrgeschwindigkeit die Centripetal- und Tangentialkraft einander das Gleichgewicht halten.

Berechnung der Centrifugalkraft.

Bei dem einer Centralbewegung unterworfenen Körper wächst bekanntlich die Centrifugalkraft mit dem Gewichte des Körpers, dem Quadrate seiner Umdrehungsgeschwindigkeit und der Abminderung des Krümmungshalbmesser, oder

$$P = \frac{G \cdot V^2}{r \cdot g}$$

wobei G das Gewicht des Körpers;
V die Umdrehungsgeschwindigkeit;
r der Krümmungshalbmesser;
g die Fallbeschleunigung (9.81 Meter).

*) Um diesen Bedingungen zu entsprechen, sind zu wiederholten Malen und von verschiedenen Technikern Ideen — theils mehr theils minder complicirt — zu Tage gefördert und praktisch ausgeführt worden. So die Zergliederung des Gehwerkes der Locomotive in zwei bewegliche Untergestelle, welche der höchst sinnreichen Anordnung der früheren Semmering-Maschinen, und der im Jahre 1861 erbauten Locomotive „Steierdorf" zu Grunde liegt. Dieselbe Grundidee tritt beim amerikanischen Locomotiven- und Wagenbau in verschiedenen Modificationen auf, und ist in neuester Zeit besonders von Fairlie und Andern auf sehr rationelle Weise verwerthet worden.

Ferner müssen hier erwähnt werden: Adam's radiale Achsenlager, Clark's Construction der Mont-Cenis-Wagen etc. Um das Schleifen der Räder bei der Durchfahrung scharfer Curven zu beseitigen, proponirte seiner Zeit Robert Stephenson jedes Wagenrad auf eine unabhängige Achse zu montiren. Ein ähnlicher Vorschlag rührt von Eugen Flachat her und findet sich seinen Betriebsprojecten für die Ueberschienung der Alpenpässe einverleibt. Bei den älteren Güterwagen der Festiniogbahn drehen sich die Räder lose auf der Achse. A. B.

Die Neigung der Bahnebene soll demnach so gross sein, dass die Mittlere aus dem Gewichte des Zuges und der Centrifugalkraft senkrecht auf der Ebene der beiden Schienen ist. Wenn die Centrifugalkraft $= {}^1/_{10}$ G, so muss die Bahn im Verhältniss von 1 : 10 nach innen geneigt sein. Eine solche Erhöhung der äusseren Schiene wird aber nur einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit entsprechen; bei Vergrösserung derselben wird das Anlaufen der äusseren Räder — bei Verminderung der Geschwindigkeit aber das Anlaufen der inneren Räder vermehrt werden.

Zweckmässig Neigung der g krümmten Bah

Bei diesen Erörterungen kommt die Spurweite unmittelbar in Berücksichtigung, wenn bedacht wird, dass die schmale Spur die Anwendung eines kürzeren Radstandes gestattet, und dass — bei Wagen mit festen Achsen — der Widerstand welchen das Anlaufen der Räder verursacht, von der Grösse des Radstandes abhängt. Dieser Widerstand nimmt annähernd im quadratischen Verhältniss des Radstandes zu, denn bei zwei Fuhrwerken von beispielsweise 4 Meter und 2 Meter Radstand ist bei ersterem der Sinus versus der entsprechenden Sehne der Achsenstellung vier mal grösser als bei letzterem.

Curvenwiderstand, welche durch das An laufen der Räd entsteht.

Um den Widerstand zu bestimmen, welcher durch das Schleifen der Räder auf dem äusseren Schienenstrang einer Curve entsteht, wollen wir uns einen Eisenbahnzug von 200 Tonnen Gewicht vergegenwärtigen, welcher sich mit einer Geschwindigkeit von 32 Kilometer pro Zeitstunde in einem Bogen bewegt, dessen Länge ${}^1/_8$ oder 45 Grad der ganzen Peripherie, und dessen Radius 200 Meter — bis zur inneren Schiene gemessen — beträgt. Die Bogenlänge ist demnach, nach der Formel

Berechnung d Curvenwiderstandes, welch durch das Schle fen der Räde entsteht.

$L = d. \pi. \frac{n}{360} = 157$ Meter, und wenn die Spurweite 1.435 Meter beträgt, so ist die äussere Bogenlänge oder

der Schienenstrang L′ um $\pi . (2 . 1.435) \frac{n}{360} = 1.13$ Meter länger. Auf diese Weglänge müssen aber die äusseren (mit der Hälfte des Zugsgewichts oder mit 100 Tonnen belasteten) Räder schleifen, während dem die inneren Räder einen Weg gleich der Bogenlänge L zurücklegen. Wenn der Reibungs-Coefficient zwischen Rad und Schiene $^1/_5$ der Belastung, d. h. 20 Tonnen oder 20.000 Kilogramm beträgt, so entspricht diess einer, durch Ueberwindung genannter Reibung absorbirten dynamischen Arbeit von

1.13 Meter $\times$ 20,000 Kilogramm = 22,600 Kilogrammetern.

Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 32 Kilometer pro Zeitstunde wird die Weglänge der Curve in $\frac{157 \times 3,600}{32,000}$ = 18 Sekunden zurückgelegt; demnach erfordert die Bewältigung des obigen Widerstandes, in Pferdekräften von 75 Km. pro Sekunde ausgedrückt eine Arbeit von

$$\frac{22,600}{18 . 75} = 16.7 \text{ Pferdekräfte.}$$

Bei der Spurweite von 1.067 Meter beträgt dieser Curvenwiderstand — theils zufolge geringerer Differenz der Weglängen der äusseren und der inneren Schienen, theils wegen reducirten todten Gewichtes — etwa die Hälfte des obigen; oder, wenn bei der Bewegung gleiche Widerstände vorausgesetzt werden, so sind auf der Schmalbahn von 1.067 M. wenigstens doppelt so kleine Krümmungen wie auf der Normalspur vollständig gerechtfertigt.

Die Hauptmomente, welche bei Beachtung der Curvenwiderstände in Frage kommen, nämlich das Anlaufen und Schleifen der Räder, sprechen nach Vorstehendem äusserst günstig für die Schmalbahnen. Die geringere

Reibung zwischen Schienen und Radkränzen ist aber gleichbedeutend mit entsprechender Abminderung der Abnützung derselben und Ersparniss an Zugkraft.

Die folgenden Paragraphen des vorliegenden Berichts enthalten mehrere bemerkenswerthe Mittheilungen, welche jedoch nur eine mittelbare Beziehung zu unserer Polemik haben.

Verschiedene Aeusserungen des Herrn Seymour.

§. 55–71 „Als Schüler der Breitspur-Schule — denn ich habe meine technische Laufbahn auf der Erie-Eisenbahn und deren Verzweigungen begonnen — mag meine vorurtheilsfreie Behandlung der vorgeschlagenen Principien in Frage gestellt werden; mein einziges Bestreben ist indessen auf eine gänzlich parteilose und sachgemässe Lösung der Polemik gerichtet."

„Sie haben mir die Frage zur Begutachtung überwiesen, ob eine in jeder Beziehung vorzügliche Schienenverbindung, bei besonderer Berücksichtigung der Schnelligkeit und der Accommodationsverhältnisse derselben mit einer schmäleren Spurweite vereinbar sei, und welche Spurweite als die zweckmässigste bezeichnet werden dürfe."

„Bei Erörterung dieser hochwichtigen Zeitfrage sollte aber nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Wahl der in Amerika und Europa fast allgemein adoptirten Normalspur von 1.435 Meter nicht lediglich ein Spiel des Zufalls ist. Schon als George Stephenson die Dampfkraft für den Transport zu Lande dienstbar machte, bestanden Schienenwege von derselben Spurweite, über welche die Fuhrwerke mittelst Pferden bewegt wurden, und welche den Bedürfnissen am besten entsprachen. Stephenson acceptirte und befürwortete diese Spurweite während seines ganzen thatenreichen Lebens. Da die ersten Locomotiven für die Vereinigten Staaten ebenfalls in England construirt worden sind, so wurde auch hier die Distanz der Schienen nach dem in England allgemein üblichen Normalmaass von 1.435 Meter bemessen."

„In einer späteren Entwickelungsperiode des Eisenbahnwesens in England wurde die Frage der Spurweite Gegenstand reiflicher Erörterungen und Debatten. Hervorragende Fachmänner, wie ein Brunel, sprachen für eine Vermehrung der üblichen Spur; doch behaupteten am Ende Stephenson und seine Anhänger den Platz für die Normalspur, welche denn auch vom Parlament sanctionirt wurde."

„Mit gleicher Intensität wurde hernach dieser Streit auch nach Amerika verpflanzt, und vor der Gesellschaft der New York- und

Erie-Eisenbahn mit ebenso viel Geschicklichkeit als Beharrlichkeit von beiden Parteien verfochten. Es blieb jedoch bei der vorher angenommenen Spurweite von 1.830 Meter. (6 Fuss englisch).“

„In vielen südlichen Staaten der Union, wie auch in Canada, sind Bahnen von 1.525 Meter und 1.676 Meter Spurweite angelegt, und mit Erfolg betrieben worden.“

„Die ursprünglichen Concessionsbedingungen der Union-Pacific-Eisenbahn erforderten betreffend die Spurweite einen Entscheid von Seiten des Präsidenten der Vereinigten Staaten. Damals im Dienste der Regierung in Washington wurde ich vom Staats-Secretariat in dieser Angelegenheit consultirt und empfahl eine Spurweite von 1.525 Meter, (5 Fuss englisch), welche vom Präsidenten gutgeheissen wurde. Der Congress indessen änderte — durch speciellen Beschluss — dieses Maass auf dasjenige der Normalspur von 1.435 Meter ab; und zwar geschah dies vornehmlich desshalb, weil alle östlichen, mit der Pacific-Eisenbahn in Verbindung stehenden Linien bereits dieselbe Spur hatten und eine Abweichung davon am Missouri nicht rathsam erschien.“

Launische Präcisirung der „extremen“ Schmalspur-Theorie.

„Wenn aber diese extreme Schmalspur-Theorie wirklich wohlbegründet sein sollte, so entsteht unwillkürlich die Frage, ob es denn nicht ebenso thunlich wäre, alle unsere anderen Transportmittel, sowie unsere vielfachen Nutzbarmachungen der Natur- und mechanischen Kräfte nach ähnlichen Principien zu modificiren — ob unsere schweren Zugpferde und plumpen Strassen-Fuhrwerke nicht besser durch diminutive Ponies und leichte Wagen ersetzt würden; ob unsere Canäle und Strassen nicht enger anstatt breiter gemacht werden sollten; ob unsere Dampfer und Segelschiffe nicht die ursprünglichen Dimensionen beibehalten sollten; ob fünf Hotels, je für 100 Personen eingerichtet, nicht zweckmässiger wären, als ein einziges Hotel und 500 Personen fassend; und ob 20 stationäre Dampfmaschinen je zu 5 Pferden nicht mit mehr Oekonomie zu verwenden wären, als eine einzelne Maschine von 100 Pferdekräften.“

„Ich halte dafür, dass technische Phrasen, Kunstausdrücke und blendende Trugschlüsse viel dazu beigetragen haben, den Streit um die Spurweiten zu verwirren; ohne diese Zuthaten ist es einzig und allein eine Frage des klaren, gesunden Menschenverstandes.“

„Jeder einsichtsvolle Bauer versteht ganz gut warum ein Wagen mit Heu eher umwirft, als ein solcher mit Steinen beladen; man spreche ihm aber von Schwerpunktslage, Stabilitätswinkel, Equilibrium-Gesetzen etc., so wird er sehr bald in Confusion gerathen.“

„Dasselbe gilt von einem intelligenten Fuhrmann, der gewiss lieber eine gegebene Last über eine gegebene Distanz mit einem

kräftigen Doppel-Gespann und einem einzigen Wagen, anstatt mit zwei Einspännern führen wird."

Mit diesen launischen Aeusserungen steht aber der Bericht insofern in Widerspruch, als Herr Seymour selbst kurz vorher vorschlug, die Dimensionen der Eisenbahn-Fuhrwerke zu reduciren. Und wie stünde es mit dessen Gewährsmann — dem „intelligenten Fuhrmanne", wenn derselbe mit seinem „kräftigen Doppel-Gespann" nur ein Viertel oder die Hälfte der vollen Wagenladung zu befördern hätte? Er würde sich in diesem Falle ohne Zweifel mit dem Einspänner begnügen, und einen zweiten Wagen eben nur dann gebrauchen, wenn es die Förderquantitäten verlangten. Widerspru Berichtes Herrn Se

Die Schlussfolgerungen des Berichterstatters sind in nachstehenden Paragraphen kurz zusammengefasst, welche ohne weitere Erörterungen meinerseits hier folgen mögen.

§ 72—111. „Das Endresultat meiner Untersuchungen geht somit dahin, dass die Annahme einer schmäleren Spur, als 1.435 Meter, die Leistungsfähigkeit der Schienenverbindung beeinträchtigen würde, und dass den Hauptmomenten derselben — d. h. Schnelligkeit und günstigen Raumverhältnissen — auf der Normalspur leichter und billiger Genüge geleistet werden kann, als auf der Schmalbahn." Schlussfo rungen des Seymour Endresu seines Beri

„Vor der Antwortertheilung auf die mir von Ihnen gestellte Frage habe ich dieselbe in folgende vier Haupt-Abtheilungen zerlegt:

„ 1. Comparative Herstellungskosten;
„ 2. „ Ausnutzung des Betriebsmaterials;
„ 3. „ Oekonomie der Zugkraft;
„ 4. „ Vortheile einer einheitlichen Spurweite.

„Betreffend die Herstellungskosten erfordert die schmalspurige Bahn — ich wiederhole es aufs Neue — Capitalien, welche nicht viel unter denjenigen der Breitspurbahn stehen."

„Die comparativen Vortheile unter dem zweiten der vorstehenden Capitel sprechen so sehr zu Gunsten der Breitspurbahn, dass die Mehrkosten der Anlage dadurch gänzlich aufgehoben werden."

„Bei Vergleichung der beiden Bausysteme untereinander, setzen die Advokaten der extremen Schmalspur-Theorie auf sehr ungerechte Weise voraus, dass die, für die Schmalbahnen speciell angepassten Betriebsmittel stets bis auf die äusserste Grenze ihrer Ladefähigkeit

verkehren — dass die Fuhrwerke der Breitspurbahnen aber bald voll, bald nur theilweise, bald gar nicht beladen sind."

„Ich räume gerne ein, dass ein erheblicher Theil unnützer d. h. nicht zahlender oder sogenannter todten Last beständig über unsere Schienenstrassen bewegt wird, und hege die Hoffnung, dass die kritische Beleuchtung dieser Frage dazu beitragen möge dem Uebelstande einigermaassen abzuhelfen. Dies allein dürfte schon als ein schöner Erfolg des gegenwärtigen Conflictes bezeichnet werden. Wir verwenden zur Zeit Salon- und Schlafwagen, deren Eigengewicht — ganz ausser allem Verhältniss zur Anzahl der beförderten Passagiere stehend — zuweilen demjenigen der Locomotive gleichkommt, und aus diesem Grunde bei Anordnung des Zuges unmittelbar hinter dieselbe gekuppelt werden müssen."

„Betreffend die comparativen Kosten der Zugkraft auf Eisenbahnen von verschiedener Spurweite, lege ich diesem Gutachten einen Bericht des Generals Mc. Callum über die New York- und Erie-Eisenbahn von 1.830 Meter Spurweite, und einen zweiten Bericht über die Lehigh-Thal-Eisenbahn von 1.435 Meter Spurweite bei. Ich bedaure dagegen, dass mir mit Bezug auf Schmalspurbahnen keine vergleichbaren Erfahrungsresultate, sondern blosse theoretische Voraussetzungen zur Seite stehen."

„Die Wahl der Spurweite einer neuen Linie mit Berücksichtigung des Uebergangs der Fuhrwerke auf oder von anschliessenden Bahnen ist mehr eine commercielle, als eine vorwiegend technische Frage; unter den gegenwärtigen Verhältnissen empfiehlt sich wohl eine Spurweite von 1.435 Meter am besten für die Normalspur dieses Landes. Dabei möchte ich jedoch bemerken, dass ich eine einheitliche Normalspur nicht aus Furcht vor dem Umladen der Güter befürworte."

„Es möge mir nun gestattet sein zu erklären, warum ich seiner Zeit das Mass von 1.525 Meter für die Spurweite der Union-Pacific-Eisenbahn anempfohlen habe. Ich war und bin noch der Ansicht, dass die Fassungsräume, welche die Fuhrwerke der 1.435 Meter weiten Bahn darbieten, keineswegs zu gross sind; im Hinblick ferner auf unsere zuweilen sehr unsolid angelegten Schienenstrassen erschien mir eine Verbesserung der Stabilitätsverhältnisse der Wagen, durch Erweiterung der Spurweite, wünschenswerth. Da ich endlich annehmen durfte, dass dieser Schienenweg wohl während vieler Jahre der alleinige Träger des grossen Verkehrs zwischen den zwei Weltmeeren sein würde, und dass ähnliche, späterhin folgende Bahnen dieselbe Spurweite wählen würden, so entschied ich aus allen diesen Gründen für eine Spurweite von 1.525 Meter."

„Ihre projectirte Linie, die Texas-Pacific-Eisenbahn, wird mit Bezug auf den transcontinentalen Verkehr in unmittelbare Concurrenz mit den nun bereits im Betrieb stehenden Central-, Union- und Kansas-Pacificlinien zu treten haben. Die Nord-Pacificbahn, welche vom Puget Sund — am stillen Ocean — nach unsern grossen Binnenseen und von dort mittelst zahlreicher Verbindungen an die Küsten des atlantischen Meeres führt, ist ebenfalls im Bau begriffen, und eine fünfte Pacificbahn ist vom stillen Oceane nach dem St. Lorenzostrom in Canada projectirt. Alle diese grossen Concurrenzlinien haben von Meer zu Meer eine ununterbrochene Spurweite von 1.435 Meter."

„Nach diesen Erwägungen halte ich dafür, dass beim Bau der Texas-Pacific-Eisenbahn von der gewöhnlichen Spurweite nicht abgewichen werden sollte; nicht bloss desshalb weil die Zweckmässigkeit dieser Spurweite durch wissenschaftliche Untersuchungen nachgewiesen ist, sondern auch, weil die allgemeinen Tendenzen des amerikanischen Eisenbahnwesens für dieselbe sprechen, und aus diesem Grunde die Beschaffung der erforderlichen Capitalien mit weniger Schwierigkeiten verbunden sein wird."

„Indem ich Ihnen schliesslich für Ihr Zutrauen danke und hoffe, dass obige Darstellungen Sie zu einem, für die Wahrung Ihrer Interessen und den Erfolg Ihres wichtigen Unternehmens günstigen Entschluss bestimmen mögen

verbleibe ich etc.

(sig.) **Silas Seymour.**

Nachstehende kurze Beschreibung einer der charakteristischesten Schmalspurbahnen wird für meine Leser nicht ohne Interesse sein, und dürfte zur richtigeren allgemeineren Beurtheilung des Gegenstandes wesentlich beitragen. Es ist diess die sogenannte Festiniog-Bahn in Wales — weitaus das interessanteste Beispiel einer mit Locomotiven betriebenen Schmalbahn, die zugleich dem Güter- und Personentransporte dient. Beschreibu Festiniogb Wale

So viel ist indessen schon über die Bau- und Betriebsverhältnisse dieser berühmten kleinen Bahn geschrieben worden, dass nachstehende Notizen mehr als eine Vervollständigung und Berichtigung früherer bekannter Mittheilungen anzusehen sind.

Ausdehnung und Steigungs-Verhältnisse der Bahn.

Die Bahn führt von der kleinen Hafenstadt Portmadoc durch eine sehr schöne Gebirgsgegend nach den grossen Schieferbrüchen zu Dinas, bei Festiniog, von wo sie sich mittelst einer kurzen Verzweigung bis nach Duffws erstreckt. Betreffend die Ausdehnung der Bahnstrecke mag hier wiederholt werden, dass dieselbe bis nach Dinas 21 Kilometer beträgt; die Erhebung des letzteren Punktes über Portmadoc ist 213 Meter, die durch continuirliche aber variable Steigungen überwunden werden. Die Maximalsteigung beträgt 1 : 80 oder 12.5 Promille.

Horizontalrichtung der Bahn.

Die lichte Distanz der Schienen dieser Bahn ist nur 0.597 Meter (1 Fuss $11^1/_2$ Zoll engl.) die Bahn führt fast ihrer ganzen Länge nach über scharfe Curven von 160 bis herab zu 35 Meter Radius und da die Krümmungsverhältnisse der Bahn unmittelbar in einander übergehende Curven sowie zahlreiche Schleifen und Gegencurven aufweisen, so erhielten alle Curven statt einer kreisförmigen eine parabolische Krümmung. Die Sorgfalt, welche auf die Herstellung dieser Krümmungen verwendet wurde, und die äusserst solide Construction des eisernen Oberbaus gestatten es, dass die Bahn mit grossen Geschwindigkeiten befahren werden kann, ohne dass der ruhige Gang der Fuhrwerke dadurch im Mindesten beeinträchtigt wird.

Kronbreite und Tunnels.

Die Kronbreite der Dämme beträgt 3 Meter, welches Maass jedoch in Einschnitten zuweilen auf 2.5 Meter reducirt worden ist. In den zwei vorkommenden Tunnels von 55 und 667 Meter Länge — wovon der erstere durch die Schiefer-Formation des Gebirges, der letztere durch Syenit-Gestein führt — ist die lichte Durchfahrtsweite sehr beschränkt und fast zu enge für die Fahrbetriebsmittel.

Betriebs-Charakter der Festiniogbahn.

Im Jahre 1832 wurde die Bahn ursprünglich als sogenannter Tramway (Pferdebahn, Grubenschienenbahn) angelegt, und derart betrieben, dass die mit Schiefer

beladenen Wagen vermöge der Schwerkraft von selbst zu Thal rollten, und die leeren Wagen mittelst Pferden wieder bergaufwärts gingen. Erst vom Jahr 1863 an wurde auf Anregung des dirigirenden Ingenieurs der Bahn, Herrn Spooner, die Dampfkraft für den Betrieb verwendet, und zwar zunächst nur zur Förderung der Lastwagen. Im darauf folgenden Jahre wurden versuchsweise auch Personen transportirt; und erst später — nachdem die erforderlichen Verbesserungen an Oberbau etc. vorgenommen worden — wurde die Bahn für den allgemeinen Personenverkehr eröffnet.

Die Bahn ist jetzt mit doppelköpfigen Schienen, 25 Kilogramm per Meter wiegend, belegt, während die ursprünglichen Schienen nur ein Gewicht von 8 Kilogramm per Meter hatten. Die Schienen sind mittelst äusserst starken Laschen verbunden und ruhen in soliden Stühlen auf Querschwellen von 0.225 Meter Breite, 0.115 Meter Dicke und 1.370 Meter Länge. Die Querschwellen liegen in Zwischenräumen von 0.915 Meter mit Ausnahme der dem Stosse zunächst liegenden Schwellen, welche eine Distanz von nur 0.61 Meter haben, und überdiess mittelst unterlegten Langschwellen steif verbunden sind. Eine vorzügliche Entwässerung der Bettung wird durch ein besonderes Drainirsystem erzielt. Constructio Oberbau

Das Signal- und Telegraphenwesen der Festiniog-Bahn ist ebenso complet wie dasjenige der Normalspurbahnen. Zur Sicherung der Fahrt dient das gewöhnliche „Staff-System.“

Auf die Construction der Fahrbetriebsmittel übergehend, müssen zuerst die Locomotiven welche diese kleine Bahn bedienen, näher beschrieben werden. Die ersten zwei Maschinen, welche im Jahre 1863 auf die Bahn kamen, haben zwei gekuppelte Achsen mit Rädern Constructio Locomoti nach dem wöhnlich System

von 0.61 Meter Durchmesser, und einem Radstand von 1.5 Meter. Die aussenliegenden Dampfcylinder haben einen Durchmesser von 0.203 Meter und eine Hublänge von 0.305 Meter. Diese Maschinen, sowie drei späterhin erbaute, wiegen im ausgerüsteten Zustande 8 Tonnen; dazu wurden schliesslich noch zwei Maschinen beschafft, welche zum Dienste fertig 10 Tonnen wiegen. Eine dieser letzteren Maschinen schafft gewöhnlich einen Zug von 55 Tonnen Bruttogewicht aufwärts; die Composition eines solchen Zuges ist im Durchschnitt folgende: Maschine und Tender, ein Wagen I. Classe, ein Wagen II. Classe, ein Wagen III. Classe, ein Gepäckwagen mit Bremse, vier Güterwagen und vierundzwanzig leere Schieferwagen. Bei der Thalfahrt gehen die Güterwagen leer und die Schieferwagen beladen; das durchschnittliche Bruttogewicht eines solchen Zuges ist alsdann 93 Tonnen, wovon 54 Tonnen Nutzlast sind.

Zugkraft der gewöhnlichen Maschinen.

Im Jahre 1869 wurde auf der Festiniog-Bahn eine nach meinem System construirte Locomotive in Betrieb gesetzt. Die auffallend günstigen Resultate, welche mit dieser Maschine erreicht wurden, sowie der Umstand, dass ähnliche Maschinen nachbestellt sind, sprechen wol am deutlichsten für die Zweckmässigkeit der Constructionsprincipien meiner Maschinen. Betreffend die zur Zeit unter dem Namen „Kleines Wunder“ (little wonder) rühmlichst bekannte Fairlie-Maschine der Festiniogbahn ist zu erwähnen, dass dieselbe mit zwei drehbaren Dampf-Gestellen versehen ist, wovon jedes zwei gekuppelte Achsen, Räder von 0.71 Meter Durchmesser, und einen Radstand von 1.5 Meter hat. Die vier Dampfcylinder haben 0.208 Meter Durchmesser und 0.33 Meter Hublänge. Das Gewicht der Maschine im ausgerüsteten Zustande beträgt 20 Tonnen. Im gewöhnlichen Dienste bewegt diese Maschine bergauf 128 Tonnen brutto, nämlich vorerst ihr Eigengewicht,

Construction der Fairlie-Maschine „Kleines Wunder.“

Zugkraft der Fairlie-Maschine.

sodann drei Personenwagen (I., II. und III. Classe), einen Gepäckwagen, sechs Güterwagen, und einhundertundzwölf leere Schieferwagen, wobei Passagiere und Güter circa 21 Tonnen zahlende Last ausmachen. Der mit derselben Maschine und mit den beladenen Schieferwagen bergab gehende Zug wiegt dagegen im Durchschnitt 336 Tonnen brutto, wovon circa 230 Tonnen Nutzlast sind. Im Laufe der Versuche, welche im Februar 1870 vor einer russischen Commission auf der Festiniogbahn angestellt worden sind, bewegte meine Maschine bei der Bergfahrt eine Maximallast von 206 Tonnen brutto. Ein solcher Zug hat aber eine Gesammtlänge von über 360 Meter, und steht zufolge der eigenthümlichen Horizontalrichtung der Bahn, zuweilen auf drei und mehr Curven zu gleicher Zeit.

Neben dieser grossen Leistungsfähigkeit gehört der ausserordentlich sanfte und ruhige Gang der Fairlie-Maschinen zu den charakteristischen Vorzügen dieses Systems. Die Fahrgeschwindigkeiten auf der Festiniogbahn sind vom englischen Handels-Ministerium ursprünglich zu 19 Kilometer per Zeitstunde festgesetzt worden, denn die kleinen vierrädrigen Locomotiven konnten nur bei dieser Maximalgeschwindigkeit ein genügendes Maass von Sicherheit beibehalten. Mit der Fairlie-Maschine aber ist die Bahn zeitweise mit dreifacher Geschwindigkeit befahren worden, ohne dass die Sicherheit der Fahrt in Frage gestellt worden wäre. Fahrgeschwindigkeit.

Die Personenwagen dieser Bahn sind von verschiedener Construction. Die neuesten Wagen haben zwei Coupées mit Quersitzen zu je drei Sitzplätzen; andere Wagen haben Langsitze, wobei die Personen Rücken gegen Rücken in zwei Reihen von je sechs Personen in der I. Classe und sieben Personen in der II. Classe sitzen. Die Constructions-Verhältnisse dieser zwei Wagengattungen sind folgende: Construction der Personenwagen.

Wagengattung.	Kastenlänge.	Kastenbr.	Kastenhöhe.	Radstand.	Gewicht.	Fassungsraum.		
						I. Classe.	II. Classe.	III. Classe.
	Met.	Met.	Met.	Met.	Ctr.	Pers.	Pers.	Pers.
Langsitz-Wagen . .	3.05	1.9	1.5	1.6	26	12	14	14
Coupée-Wagen . .	3 0	1.5	1.5	1.6	23	12	12	12

Construction der Lastwagen.

Die Lastwagen der Festiniogbahn sind ebenfalls sehr verschiedener Art. Die grösseren Wagen für Schiefertransport tragen 60 Centner, die kleineren 40 Centner Schiefer. Die Kohlenwagen haben eine Tragfähigkeit von 60 Centnern, und die Güterwagen eine solche von 50 Centnern. Es sind überdies auch bedeckte Güterwagen, Gepäckwagen und Langholzwagen mit drehbaren Untergestellen vorhanden. Folgendes sind die Constructions-Verhältnisse der Haupt-Wagengattungen:

Wagengattung.	Kastenlänge.	Kastenbreite.	Kastenhöhe.	Radstand.	Gewicht.	Tragfähigkeit.
	Met.	Met.	Met.	Met.	Ctr.	Ctr.
Kohlenwagen	2.2	1.2	0.9	1.6	19	60
Güterwagen	2.2	1.2	1.2	1.6	18	50
Kleine Schieferwagen	1.8	0.9	0 5	0.9	13	40
Grosse Schieferwagen	2.5	0.9	0 5	1.6	19	60

Ausnutzung des Wagengewichts.

Die Ausnutzung des Gewichts dieser Wagen ist eine äusserst günstige. In Praxis variirt die Verhältnisszahl zwischen dem Eigengewicht der Schieferwagen und ihrer Tragfähigkeit von 1 : 2 bis 1 : 3 und beträgt im Durchschnitt 1 : 2.5. Die Schieferwagen sind ungefedert; dagegen sind alle Fahrbetriebsmittel mit den sehr zweckmässigen Centralbuffern und Kuppelungen versehen, wodurch einerseits das Wagengewicht (die Stärke der Tragrahmen etc.) bedeutend abgemindert werden kann, anderseits die Curvenwiderstände auf die unterste Grenze gebracht werden.

Der Verkehr auf der Festiniogbahn ist beständig im Wachsen begriffen. Schon im Betriebsjahr 1869 beförderte die Bahn 97,000 Personen, 18,600 Tonnen Güter und 118,132 Tonnen Mineralien; wobei die Züge 73,400 Kilometer und die Locomotiven 80,950 Kilometer zurücklegten. In demselben Betriebsjahre betrugen die Bruttoeinnahmen Fr. 592,000 und die Gesammtbetriebskosten Fr. 326,330; die Reineinnahme war also Fr. 265,670. Das ursprüngliche Baukapital betrug Fr. 904,630, ist jedoch durch beständige Verbesserungen im Bahnbau und Betrieb — welche gänzlich aus den Betriebseinnahmen gewonnen wurden — auf Fr. 2,153,400 angewachsen; der obige Netto-Ertrag entspricht also einer Verzinsung des gegenwärtigen Kapitals mit 12.3 Procent. Frequenz und finanzielle Verhältnisse.

Eine ausführliche Beschreibung der Festiniogbahn ist in der technischen Zeitschrift „Engineering“ vom 29. December 1871 enthalten; die jener Beschreibung beigefügten Ansichten, welche nach photographischen Aufnahmen reproducirt worden sind, geben ein getreues Bild dieser überaus interessanten Schmalspurbahn.*)

Die Festiniogbahn beweist also, dass selbst auf nur zwei Fuss weiten Geleisen eine sehr bedeutende — aus verschiedenen Elementen zusammengesetzte — Massenbewegung, sowie eine sichere und verhältnissmässig sehr schnelle Personenbeförderung stattfinden kann. Dessenungeachtet ist die irrige Ansicht vielfach verbreitet worden, dass das schmalspurige Bausystem nur da zweckmässige Das Schmalspursystem kann einem sehr bedeutenden Verkehr Genüge leisten.

*) Herr Fairlie citirt ferner die schätzbaren Mittheilungen, welche Herr Wilhelm von Nördling, Hofrath im österr. Handels-Ministerium in einer Schrift „Stimmen über schmalspurige Eisenbahnen“ zusammengestellt hat. Diese vortreffliche Schrift dürfte jedoch zur Zeit dem deutsch lesenden Publicum so bekannt sein, dass hier von einer Wiederholung derselben abgesehen werden kann. **A. B.**

Anwendung finden kann, wo es sich darum handelt, mittelst wohlfeiler kleiner Schienenstrassen einen leichten und einfachen Verkehr zu bewältigen. Von diesem Gesichtspunkte aus wird vielen Orts das Schmalspursystem als ein blosser Miniatur-Typus der breitspurigen Bahnanlage betrachtet. Es ist dies lediglich Schuld einer oberflächlichen, unreifen Behandlung der Frage, denn es hat absolut keinen Sinn, eine zweckmässig betriebene Schmalbahn mit einer breitspurigen Anlage von reducirter Scala, geringerer Leistungsfähigkeit, Schnelligkeit und Sicherheit zu vergleichen.

Anwendung des Schmalspursystems.

Ich bin demnach der Ansicht, dass in allen Ländern, arm oder reich — und handle es sich nun um die Anlage von Hauptbahnen, Secundär- oder Localbahnen — die Schmalspur allein im Stande ist, zur Belebung und Erleichterung des Verkehrs auf die wohlfeilste Art und Weise beizutragen. Eine alleinige Ausnahme hievon sind jene exceptionellen Verhältnisse, wo sehr grosse Fahrgeschwindigkeiten (90—100 Kilometer per Stunde) verlangt werden, und wobei die Frage der Oekonomie nicht als ein Hauptmoment auftritt. Als Maximalgeschwindigkeit, mit welcher der Personendienst auf der Spurweite von 1.067 Meter durchgeführt werden dürfte, empfehle ich circa 70 Kilometer per Zeitstunde.

Schlussfolgerungen über die Vortheile der Schmalbahnen.

Die Schlussfolgerungen welche nach den vorstehenden kritischen Erörterungen zu Gunsten der Schmalbahnen von 0.915 Meter bis 1.067 Meter Spurweite sprechen, sind in nachstehenden Sätzen zusammengestellt:

a) Die schmale Spur bietet gegenüber der normalen Spur den grossen Vortheil, dass sie neben der geringeren Terrainbreite, deren sie bedarf, den Boden-Verhältnissen viel besser folgen kann, und aus diesem Grunde nur circa zwei Drittel der Anlagekosten erfordert.

b) Den Fahrzeugen können Constructions-Verhältnisse

gegeben werden, welche eine günstigere Proportion zwischen Nutzlast und todter Last gestatten. In Praxis wird die Last, welche nur einen kleinen Theil der vollen Tragfähigkeit des Breitspurwagens bildet, den geringeren Fassungsraum des schmalen Fuhrwerks fast gänzlich ausfüllen, so dass letzteres viel häufiger bis zur Grenze seiner Ladefähigkeit verkehren wird. Der schmalspurige Fahrpark kann ferner per Tonne Tragfähigkeit leichter gebaut werden, und das Verhältniss der Wagenbreite zur Spur kann ein viel günstigeres sein, als bei dem auf den breitspurigen Bahnen sich bewegenden Fahrpark.

c) In demselben Maasse, wie die Förderkosten der beladenen schmalspurigen Wagen geringer sind, wird auch die Rücksendung der leeren Wagen billiger zu stehen kommen. Die Handhabung der schmäleren und leichteren Fuhrwerke ist im Allgemeinen eine viel leichtere, und die Reparatur- und Unterhaltungskosten derselben geringer, als jene der schweren breitspurigen Fuhrwerke.

d) Die Abnutzung der Schienen ist in Folge der kleineren Belastung, des kürzeren Radstandes der Wagen, und der verminderten Curvenwiderstände viel geringer als auf der Breitspurbahn.

e) Die Zugkraft der Locomotive welche zur Bewältigung einer gegebenen Nutzlast erforderlich ist, kann auf der Schmalspur geringer als auf der Breitspur angenommen werden.

f) Die Reparatur- und Unterhaltungskosten des gesammten Bahnbaues, sowie der Locomotiven sind im Verhältniss der Abminderung des todten Zuggewichts kleiner. Dieser letztere wichtige Vortheil des Schmalspursystems übt daher auf die Kosten des Betriebes einen eben so günstigen Einfluss aus, wie auf diejenigen des Baues und der Ausrüstung.

Bei Anwendung der Fairlie-Locomotive ergibt sich die beste Bahnausnutzung die im Eisenbahnbetrieb erreicht werden kann. Die Leistung einer solchen Maschine auf der schmalen Spur mit starken Rampen und scharfen Curven ist ebenso gross als jene der gewöhnlichen Locomotiven auf der breiten Spur, und bedenkt man ferner, dass im ersteren Falle die zu bewegende todte Last geringer ist, so gestattet die schmale Spur — bei Verwendung der Doppelmaschine — sogar eine grössere Massenbewegung als die Breitspurbahn.

Vortheile der Fairlie-Maschine.

Die wichtigsten, unbestreitbaren Vortheile, welche ich für die Fairlie-Maschine beanspruche, bestehen in Folgendem:

I. Die Fairlie-Maschine stellt das Problem der Schmalspurbahnen auf eine neue und äusserst günstige Grundlage, indem dadurch solche Bahnen den grössten Leistungen der Breitspurbahnen entsprechend betrieben werden können.

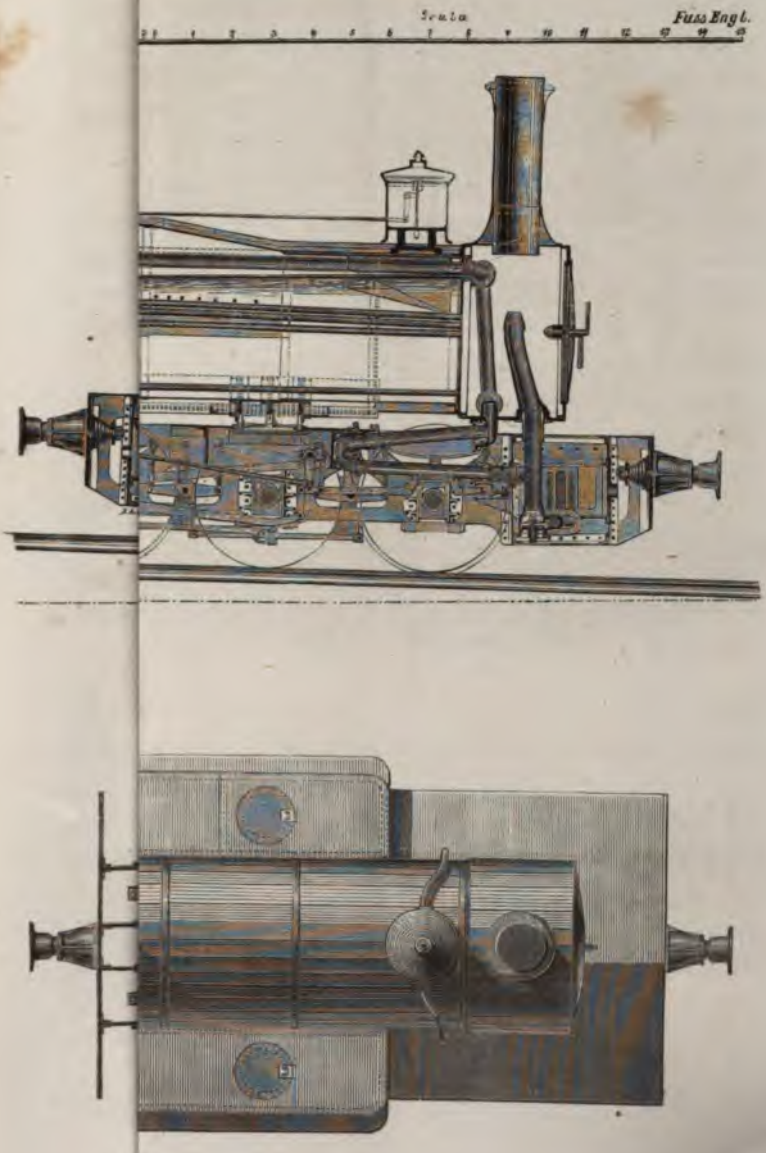
II. Das Gesammtgewicht der Maschine wird für die Adhäsion verwendet, während diese vortheilhafte Anordnung bei den gewöhnlichen Maschinen mit festen Achsen einen sehr grossen Radstand bedingen würde.

III. Die Fairlie-Maschine, mit zwei drehbaren Untergestellen ausgerüstet, kann leicht durch Curven von kleinem Radius gehen, und es ist dabei eine vollständige Articulation der Untergestelle nach jeder Richtung gesichert.

IV. Während das Gesammtgewicht des Motors für die Adhäsion benutzt wird, ist dennoch die Belastung per Rad eine so geringe, dass leichtere Schienen-Profile als gewöhnlich verwendet werden können.

V. Vermöge der grossen Heizflächen, welche mit meinem System erhältlich sind, kann die Maschine mit Leichtigkeit lange und steile Rampen ersteigen. Dabei ist die Disposition des Dampferzeugers eine solche, dass sowohl bei der Berg- als bei der Thalfahrt die Decke des

ahnen.



theile
-Mas

Vortheile
Fairlie-Ma

Feuerkastens stets mit Wasser bedeckt bleibt. Dieser wichtige Vortheil kann mit der Verwendung von zwei gewöhnlichen, zusammengekuppelten Tender-Locomotiven nicht verknüpft werden, denn der Feuerkasten je einer Maschine — gleichviel ob zu Berg oder Thal gefahren wird — würde vom Wasser unbedeckt sein.

VI. Die Brennmaterial-Oekonomie ist bei der Fairlie-Maschine sehr bedeutend. Nach angestellten Beobachtungen beträgt die relative Ersparniss, gegenüber zwei gewöhnlichen Maschinen von derselben Gesammt-Zugkraft, circa 25 Procent.

VII. Durch eine lange Erfahrung ist constatirt worden, dass selbst auf primitiven, unebenen Schienenstrassen der Gang der Fairlie-Maschine ein äusserst ruhiger ist, gleichviel ob eine schmalspurige oder eine breitspurige Bahn befahren wird.

Gegenüber diesen Vortheilen der Fairlie-Maschine werden derselben in der Regel folgende Uebelstände beigemessen: Nachtheile d. Fairlie-Maschi

1) Die Zugkraft der Maschine wird unter Umständen grösser sein, als der Verkehr erfordert. Zwei kleinere Maschinen sind deshalb vortheilhafter, indem solche bald zusammen, bald getrennt, verwendet werden können, je nachdem eine entsprechende Last zu fördern ist.

Diese erste Einwendung ist in ihrer Allgemeinheit ein starkes Argument zu Gunsten der Schmalspurbahnen; denn wenn eine einzelne kleinere Maschine zuweilen den Verkehr auf der schmalen Spur bewältigen kann, wie ungerechtfertigt ist alsdann die Breitspurbahn mit ihrem schweren Betriebsmaterial! Ich behaupte indessen, dass bei zweckmässiger Organisation des Betriebes immerhin genügend schwere Züge expedirt werden können, um eine möglichst grosse Ausnutzung der Fairlie-Maschine zu erhalten.

2) Die Dampfleitung vom Kessel zu den Cylindern gibt bei diesem System zu öfteren Störungen Anlass, indem die Stopfbüchsen der beweglichen Röhren schwierig dicht zu halten sind.

Diese Ansicht ist aber durch vielseitige Erfahrungen als unbegründet zurückgewiesen worden.

3) Die Fairlie-Maschine bedingt einen weit grösseren Reparaturaufwand als gewöhnliche Locomotiven.

Die Erfahrung hat diese Einwendung ebenfalls nicht bewahrheitet.

4) Die grosse Zugkraft der Fairlie-Maschine erfordert stärkere Kuppelungen als bei gewöhnlichen Eisenbahn-Fahrzeugen vorkommen. Bei den jetzt gebräuchlichen Dimensionen der Kuppelungs-Vorrichtungen muss daher ein Theil der Zugkraft der Maschine unbenutzt bleiben.

Zur Erörterung über diesen Punkt muss ich die Bemerkung vorausschicken, dass die Fairlie-Maschine für jede Grösse des Verkehrs, und für kleine wie für grosse Zugkräfte construirt werden kann. Was aber den Widerstand der Kuppelketten anbelangt, so zerreissen dieselben hauptsächlich wegen Mangel an Zugkraft der gebräuchlichen Locomotiven, was durch folgende Ermittelungen klar werden wird: Eine Maschine nach dem gewöhnlichen System kann einen schweren Eisenbahnzug nur dann in Bewegung bringen, wenn die einzelnen Fahrzeuge lose an einander gekuppelt sind, so dass zwischen den Buffern ein kleiner Zwischenraum übrig bleibt. Auf diese Weise wird die in Gang gebrachte Maschine einen Wagen des Zuges nach dem andern in Bewegung setzen, und die Maschine wird schon einen gewissen Weg zurückgelegt haben — also lebendige Kraft besitzen — bevor der letzte Wagen des Zuges von seiner Stelle gerückt worden ist. Diese Ingangsetzung des Zuges erfordert aber grosse

Sorgfalt von Seiten des Maschinisten, weil sonst die Zugketten den momentanen heftigen Rücken nicht widerstehen würden. Ein gleichmässiger, wenn auch noch so starker Zug, welcher während der Fahrt auf die Kuppelungen ausgeübt wird, kann dieselben niemals zerreissen.

Diese ruckweise Ingangsetzung des Zuges kann bei Anwendung der Fairlie-Maschine und des Centralbuffersystems vermieden werden. In diesem Falle können nämlich alle Fahrzeuge des Zuges dicht und fest mit einander zusammengekuppelt werden, während das grosse Adhäsionsvermögen der Duplex-Maschine gestattet, den ganzen Zug auf einmal gleichmässig in Gang zu setzen.

5) Wenn die Doppel-Maschine Unebenheiten der Bahn oder eine Contre-Steigung passirt, so wird eine gewisse Tendenz zur Ausgleisung nicht verhindert werden können. Das vordere Maschinen-Gestell wird sich alsdann senken, wodurch nothwendigerweise eine entsprechende Entlastung der Vorderräder herbeigeführt wird.

Diese irrthümliche Hypothese ist von einem hervorragenden englischen Techniker aufgestellt worden, und werde ich deshalb diese Frage in einem folgenden Abschnitte dieser Schrift speciell erörtern.

Einen Hauptgegner findet die Fairlie-Maschine aber in jener Opposition, welche principiell mit dem Schmalspursystem auch das Remedium angreift, wodurch jenes entwickelt werden soll. Hauptgegn Fairlie-Ma

Hiemit enden meine kurzgefassten Erörterungen über die Expertenberichte betreffend die Texas-Pacific-Eisenbahn. Ich überlasse es nun ruhig dem betheiligten Publicum die in vorliegender Schrift gemachten Mittheilungen zu prüfen und auf diese oder jene Weise in Benutzung zu ziehen. Dabei hege ich die Hoffnung den Grundgedanken weiter geklärt und entwickelt zu haben: dass jeder Grundged bei Anlage Bahn zu achte

Zoll, welcher zu dem für den Verkehr absolut nothwendigen Maass der Spurweite hinzugethan wird, die Anlagekosten, das todte Gewicht und die Betriebskosten vergrössert, und dass in Folge der erhöhten Transport-Tarife der Nutzeffect einer Schienenverbindung in demselben Verhältniss vermindert wird.

C.

Die Denver- und Rio Grande-Eisenbahn.

(Bericht des Herrn Samuel Bowles.)

Folgenden Bericht betreffend dieses Unternehmen verdanke ich der gewandten Feder des bekannten amerikanischen Financier Herrn Samuel Bowles, dessen Aeusserungen meine bezüglichen Ansichten in vielen Beziehungen bewahrheiten:

Vor zwei Jahren, als noch keine Meile von einer Schienenstrasse in ganz Colorado bestand, und die feierliche Stille seiner weiten Ebenen noch niemals durch den Pfiff einer Locomotive unterbrochen worden, sprach Denver von einem Coloradischen Eisenbahnnetze, wovon diese Stadt der Mittelpunkt werden sollte. Die Frage wurde mit viel wissenschaftlichem Zutrauen und grosser Genauigkeit der Einzelheiten behandelt und wenn auch manche Zuhörer zum Zweifel geneigt waren, so horchten sie dennoch aufmerksam, verwunderten sich und verehrten die Kühnheit des Westens. Nun erscheint der ehemals Zweifelnde wieder und sieht das Ganze praktisch erklärt und zur Reife gelangt; ja findet noch viel grössern Erfolg, als er je nur geträumt hätte.

Denver ist nun der Mittelpunkt von fünf verschiedenen Eisenbahnen: — Die Kansas-Pacific, welche eine nächste Haupt-Verbindung mit dem Osten herstellt; die Denver-Pacific, welche circa 100 Meilen nördlich läuft, und sich mit der Union-Pacific-Zweigbahn in Cheyenne verbindet; die Boulder-Thal-Bahn, 30 Meilen lang in nordwestlicher

Richtung führend, und bestimmt die grossen Kohlenminen mit Denver zu verbinden, um später noch 20 Meilen weiter in einen District, reich an Gold und Silber, fortgeführt zu werden; die Colorado-Central-Linie, gerade westlich in die Berge gehend und 20 Meilen weit bis Golden-City bereits eröffnet; von da zieht sich die Bahn sodann nach den Bergwerken von Central-City, 40 Meilen weiter, welche im nächsten Jahre erreicht wird; und endlich die Denver- und Rio Grande-Eisenbahn in südlicher Richtung 76 Meilen über Denver hinaus bereits eröffnet. Immer südlich vorrückend wird letztere Linie bis zu der aufblühenden Stadt Pueblo am Arkansas-Fluss, 43 Meilen weiter, nächstes Frühjahr betriebsfähig sein.

Ausser diesen zahlreichen Bahnen mit ihren Verzweigungen bilden sich mehrere andere Eisenbahn-Projecte, welche eben so schnell ausgeführt werden sollen. Eines dieser Projecte ist eine Zweigbahn zur Union-Pacific, die sich von Denver nordöstlich nach Julesburg erstrekt, 100 Meilen östlich von Cheyenne, und durch eine sehr fruchtbare Gegend im nordöstlichen Colorado führt. Dieses Unternehmen ist unter dem Schutz der Union-Pacific-Linie, sowie die Denver-Pacific von der Kansas-Pacific-Linie geleitet wird. Damit ist der Union-Pacific die schönste Gelegenheit gegeben sich am Verkehr des östlichen Colorado zu betheiligen. Ein anderer Entwurf ist die Bahn von Denver, Canon-City, oder Colorado-Springs in die South Park Gegend, dem Mittelpunkt des mineralischen Reichthums, führend. Die Bahn soll ferner über den Hoosier-Pass, oder den Arkansas in das Salt-Lake-Thal fortgesetzt werden, um sich dort mit der California-Central-Pacific-Bahn zu vereinigen, wodurch letztere den Vortheil zweier Verbindungen mit dem Osten erhalten wird. Neben diesen zwei vielversprechenden und hauptsächlichsten Unternehmungen liegen mehrere Pläne vor für Zweigbahnen dieser Linien, welche den Zugang zu den Kohlenminen und den reichen Gold- und Silberregionen der Gebirgsketten eröffnen werden.

Der Hauptzweck dieses Berichtes ist indessen eine nähere Beschreibung des Denver- und Rio Grande-Unternehmens zu geben. Diese Schienenverbindung ist der Anfang einer grossen Nord- und Südbahn, welche vom Centrum der Vereinigten Staaten dem mächtigen Berggrat des Continents entlang ins Innere von Mexiko führt. Das von dieser Linie durchkreuzte Land eignet sich sowohl wegen seines herrlichen Klimas, als wegen seiner reichen Agricultur- und Montan-Producte ganz besonders für die Einwanderung, ein Hauptmoment für die Nation, das Land und die spätere Entwickelung seiner Schienenwege. Der Umstand, dass diese Linie nach dem vielgepriesenen System der Schmalspurbahnen angelegt ist, bildet an und für sich

eine besondere und unmittelbare Veranlassung, die Aufmerksamkeit aller mit dem Eisenbahnbau und Betrieb Beschäftigten auf sich zu richten. Zwei kurze Schienenstrassen ähnlichen Charakters sind bekanntlich in Canada, und führen durch Agricultur-Districte dieses Landes. Die vorhin erwähnte Linie ist dagegen unzweifelhaft die erste Schmalspurbahn, welche so kühn die Arena der freien Concurrenz betritt, und die Breitspurbahnen gleichsam zum offenen Wettstreit herausfordert. Durch sie wird ein Eisenbahnsystem vertheidigt, welches nicht nur viel billiger hergestellt wird, sondern zugleich die Gewissheit bietet, dass es für den allgemeinen, geschäftlichen Verkehr ein wohlfeiler und nützlicher Träger sein wird. Der erfolgreiche Bau und Betrieb einer 76 Meilen langen Bahn (die sich über eine flache Gegend erstreckt, und eben so günstig für die Constructinn einer Breitspurlinie wäre, als irgend eine Section der Ebenen unseres Westens) hat das Eisenbahn-Interesse der ganzen Welt erregt und wurde seitdem genauer Prüfung unterworfen, nicht nur überall in Amerika, sondern auch in Europa. Der alte Streit zwischen der Erie-Linie von 6 Fuss und fast allen andern amerikanischen und europäischen Linien von 4 Fuss 8½ Zoll Spurweite ist ausgefochten, und zu Gunsten der Letztern entschieden worden. Jetzt wird die Normalspurbahn durch ein Miniatursystem von 3 Fuss Weite herausgefordert, welches aus Gründen der Wohlfeilheit und der Leistungsfähigkeit das Feld zu behaupten wagt. Ich werde nur einige Punkte berühren, um den Fortschritt dieses Versuchs hier zu beschreiben, welcher, obgleich in den tiefsten Wildnissen von Central-Amerika entstanden, so plötzlichen und überraschenden Erfolg errungen. Es ist dies eine Thatsache, so romantisch und einzig in ihrer Erscheinung als irgend eine der vielen Erneuerungen und geistigen Revolutionen mit welchen Amerika die ruhig gehende Welt überrascht hat; endlich muss ich den tiefen Eindruck zugestehen, welcher hervorgerufen wurde durch Alles, was ich gesehen und gehört habe, und was sich unmittelbar auf dieses grossartige Unternehmen bezieht.

Die Schienenstrasse und ihre Züge zunächst sehen eher einem Eisenbahn-Spielzeuge gleich, gegenüber den breiteren und schwereren Strassen und Wagen der gewöhnlichen Bahnen; so fein und zierlich aufgebaut, scheint sie fast zu schwach für die schwere und schnelle Arbeit, und hauptsächlich einem so grossen Streit nicht gewachsen. Doch bis jetzt in der That erfüllt sie ihre Aufgabe mit Leichtigkeit, Bequemlichkeit, Geschwindigkeit und grossem Erfolg. Der Unterbau der Schmalspurbahn ist 10—12 Fuss weit statt 15 Fuss; die Entfernung der Schienen 3 Fuss statt 4 Fuss 8½ Zoll; die Schwellen sind 6½ Fuss statt 8 Fuss; die Schienen wiegen 30 Pfund pro Yard

statt 56 Pfund; die Maschinen 12—16 Tonnen statt 25—30 Tonnen, wobei ungefähr die Hälfte des Gewichtes auf die Treibräder fällt, wie bei den grössern Locomotiven. Die Personenwagen mit 8 Rädern, 32 Passagiere enthaltend, wiegen 6 Tonnen, gegen 18 Tonnen, 8 Rädern und 50 Passagieren; und die Güterwagen, soweit im Gebrauch, wiegen 2 Tonnen, laufen auf 4 Rädern und tragen 4—5 Tonnen Fracht, gegen Wagen von 9 Tonnen Gewicht, auf 8 Rädern und von 10 Tonnen Belastung. In den gewöhnlichen Wagen sitzen vier Passagiere, in den schmalspurigen dagegen drei, zwei auf einer Seite und einer auf der anderen neben dem Passage. Der Wagen ist in der Mitte durch eine Thüre abgetheilt, und die Sitze für je zwei und einen Passagier sind umgekehrt in den zwei Sectionen, so dass der Wagen das Gleichgewicht behält. Die zuerst eingeführten Wagen waren 7 Fuss weit und $10^1/_2$ Fuss Totalhöhe über den Schienen. Sie sind zwar etwas zu compact gebaut, und für die Accommodation der Passagiere etwas spärlich eingerichtet. Diesem Uebelstande ist indessen durch die jetzt neu erstellten Wagen abgeholfen worden, während Schlaf- und Salonwagen für die Schmalspurbahnen construirt werden, welche im Verhältniss zu Grösse und Gewicht noch mehr Personen accommodiren können, als die gebräuchlichen Wagen dieser Gattung. Die neuen offenen Güterwagen sind auf 8 Rädern, wiegen $3^1/_4$ Tonnen mit 9 Tonnen Belastung. Die gedeckten Lastwagen für den allgemeinen Güterverkehr haben 4 Tonnen Gewicht und tragen 8—9 Tonnen.

Die Baukosten dieser 76 Meilen sammt Ausrüstung — einschliesslich Stationen, Schneeschuppen, Einfriedigungen, Wagen- und Maschinen-Remisen, Hotels, Bureaux etc. — waren 14,000 Dols. pro Meile, während die Kansas-Pacific-Bahn, welche durch eine ähnliche Gegend führt, durch die gleichen Ingenieure erbaut wurde und fast dieselben Lieferanten hatte, 20,000 Dols. kostete. Die neue Linie bot jedoch verschiedene Vortheile; billigere Arbeit, grössere Erfahrung, leichteren Bezug der Schwellen und anderer Materialien. Die Verschiedenheit der relativen Baukosten wird aber im bergigen Terrain, wo tiefe Einschnitte und Tunnels nöthig sind, bedeutend grösser sein. Die Planirung einer Linie vom Clear-Creek-Canyon bis ins Minen-Centrum von Colorado ist zur Zeit in Ausführung begriffen, welche 90,000 Dols. pro Meile kosten würde, die aber vermittelst dem Schmalspursystem auf 20,000 Dols. zu stehen kommt. Bei Annahme eines Durchschnitt-Resultates ergiebt sich demnach, dass eine Schmalspurbahn für ungefähr $^3/_5$ der Kosten einer breitspurigen erbaut und ausgerüstet werden kann. Gestützt auf dies, welch grossen Vortheil hat die billige und schmale Bahn gegenüber der breiten und

kostspieligen Linie, mit wie viel grösserer Leichtigkeit kann sie den Erfordernissen genügen! Ein ähnlicher Sachverhalt lastet fast auf jeder neuen Eisenbahn-Gesellschaft; wie viele Unternehmen haben schon gekämpft, und sind schliesslich durch die Capitalisten absorbirt worden. Da aber für die Schmalspurbahn $^3/_5$ des Anlagecapitals der Breitspurbahn genügen, so ist sie auch nur mit $^3/_5$ der Zinsen belastet, während sie wie die Breitspurbahn die nämliche Anzahl Passagiere und Güter zu denselben Tarifen befördern kann. Mit andern Worten, die Aussichten auf Rentabilität zwischen der Schmal- und Breitspurbahn verhalten sich wie fünf zu drei.

Verlässt man Denver, so führt uns die Bahn durch die Thäler des Platte und seiner Nebenflüsse bis zum „Colorado Divide", eine Klippenreihe des Hochlandes, welche eine Verzweigung der Gebirgskette bildet, und die Wasser des Platte vom Arkansas-Fluss trennt. Ihre Höhe beträgt 8000 Fuss, eine Erhebung von 2000 Fuss über Denver; jedoch ist die Steignng eine ganz allmähliche und übertrifft niemals 1 in 70 über die ganze Länge der Bahn. Dann fällt letztere im gleichen Verhältniss bis zu den Nebenflüssen, welche vom Pike-Peak, 6000 Fuss hoch zufliessen. Was die Steigung anbetrifft, bietet die Schmalspurbahn keine grösseren Vortheile gegenüber der Breitspurbahn, nur dass die Züge weniger überflüssiges Gewicht tragen, und somit eine schwierige Steigung mit weniger Kraftaufwand überwinden können. Die Fügsamkeit jedoch, betreffend das Durchfahren scharfer Krümmungen ist ein Vortheil der Schmalspurbahn von doppelt so grossem Werth.

Die nächste und wichtigste Frage betrifft die relative Betriebs-Oekonomie. Die Vortheile des Schmalspursystems in dieser Beziehung sind theilweise in den vorhergehenden Erörterungen erwähnt, welchen folgendes Princip zu Grunde liegt: Giebt man der Schienenstrasse genügende Weite für die Fassungskraft der Wagen, so würde jede fernere Vermehrung der Weite ein ungünstigeres Verhältniss zwischen dem Gewicht der Maschinen, Wagen und deren Fassungskraft bedingen; in andern Worten, das überflüssige sogenannte todte Gewicht eines Zuges ist genau der Spurweite proportional. Mit dieser Doctrin muss dass Schmalspursystem entweder siegen oder fallen! Mit Bezugnahme auf die vorhin angegebenen Gewichte und Fassungsräume der Wagen wird der Leser ersehen, dass die Schmalspurbahn zwei Mal so viel Passagiere und mehr als zwei Mal so viel Güter pro Tonne Wagengewicht führen kann als die Breitspurbahn. Von zwei Zügen jeder zu 100 Tonnen Gewicht gerechnet, wird die Schmalspurbahn zwei Mal die Anzahl der Passagiere, oder die verdoppelte Last der Güter der Breitspurbahn tragen können. Dies ist ohne Zweifel ein

bemerkenswerther Status. Vielleicht ist es deshalb nöthig, diese aussergewöhnliche Voraussetzung damit zu qualificiren, dass die hier angeführten Fuhrwerke der Schmalspurbahn zu leicht und zu eng sind; die breitspurigen dagegen unverhältnissmässig schwer. Wird indessen nach jeder Richtung die Nothwendigkeit der Vermehrung, beziehungsweise die Möglichkeit der Verminderung eingeräumt, so würde die Regel dennoch in so weit richtig scheinen, dass bei vollen Zügen die Schmalspur im Verhältniss zur Breitspur eine viel grössere zahlende oder Nutzlast tragen kann. In der Praxis würde ferner der Vortheil noch viel eher auf der Seite der schmalspurigen sein; denn es ist eine anerkannte Thatsache, dass wenige Züge genügend Passagiere oder Güter tragen, und folglich immer viel unnützer Platz übrig bleibt. In der Praxis ist es vielleicht eine Seltenheit, dass ein gewöhnlicher Güterzug so viele Tonnen zahlender Last als todtes Gewicht enthält; das Uebergewicht wäre wohl niemals auf der Seite der zahlenden Last. Erwähnen wir ferner, wie viel mehr Güter gewöhnlich nur nach einer Richtung befördert werden, und wie viel leere oder halbgefüllte Wagen nach der entgegengesetzten Richtung zurückgehen, so ist es leicht begreiflich, dass das Gesammtübergewicht der bewegten todten Last sehr beträchtlich sein muss.

Das Schmalspursystem, gestützt auf die Richtigkeit seiner Principien, bietet dagegen die absolute Gewissheit einer Reduction dieses grossen Missverhältnisses, und ferner, dass da, wo Wagen oft nur halb gefüllt, oder einen Weg ganz leer fahren, der Vortheil der engen und leichten Wagen um so bemerkbarer wird, als die Ersparnisse an Kraftaufwand und Materialien bedeutend sind. Allerdings stützen sich diese Voraussetzungen bis jetzt auf vorwiegend theoretische Untersuchungen; man hat noch keine Erfahrung, wie und was die Schmalspurbahn in unmittelbarem Vergleich zur breitspurigen in einem grossen Verkehr leisten kann; aber die Theorie ist unstreitig annehmbar, und die schon gemachte Erfahrung unterstützt sie; also Theorie und Erfahrung zusammen werden dem Schmalspursystem ohne Zweifel das Vorrecht einräumen, und durch die öffentliche Gunst und praktische Adoption wird es sehr schnell die höchste Entwickelungsstufe erreichen.

Die russische Regierung hat die Spurweite von 3 Fuss 6 Zoll für neue und wichtige Schienenverbindungen des Reiches adoptirt. In Indien siegte ebenfalls — nach ernsthaften Debatten und Erörterungen über die alten und neuen Principien — das Schmalspursystem, und zwar wurde dort eine Entfernung der Schienen von einem Meter als Normalspur für den Ausbau eines neuen viele tausend Meilen langen Eisenbahnnetzes gewählt.

Diese beiläufig erwähnten Schmalbahnen verschiedener Spurweiten zeigen, dass bis jetzt noch keine bestimmte Geleisweite von den Vertheidigern dieses Bausystems als allgemein maassgebend festgesetzt ist. Die Festiniog-Bahn in Wales, welche als der erste einschlagende praktische Versuch bezeichnet werden kann, hat eine Spurweite von nur 2 Fuss; diese Bahn dient jedoch fast ausschliesslich zur Beförderung des Schiefers, und würde sich wohl als zu schmal für allgemeine Verkehrszwecke erweisen. In Norwegen, wo sich die schmale Spur zunächst entwickelte, wurde die 3 Fuss 6 Zoll Spurweite angenommen; die dortigen Schmalbahnen ziehen sich jedoch durch agricole und spärlich bevölkerte Gegenden und werden aus diesem Grunde auch nicht als nachahmungswerthes Modell anerkannt; Russland hat indessen die gleiche Schienenweite, theilweise nach dem nachbarlichen Beispiel — vorzüglich aber wohl als Resultat einer Vereinbarung mit den Ingenieuren des alten Systems gewählt. Indien legte seinem Systeme ein dem französischen Meter entsprechendes Maass zu Grunde, welches in wissenschaftlichen Kreisen als das künftige Weltmaass angesehen wird.

Herr Fairlie, der britische Civil-Ingenieur jedoch, welcher als einer der hervorragendsten Vertheidiger des Schmalspursystems auftritt, schlägt 3 Fuss Spurweite vor. Nach seinen Beweisgründen ergiebt sich dabei genügende Leistungsfähigkeit, während das todte Gewicht auf die unterste Grenze reducirt wird Wird die Schienenstrasse noch mehr verengert, so ist die Fassungskraft ungebührlich in Abnahme; bei Erweiterung der Spurweite aber vermehrt sich das todte Gewicht in ähnlicher Weise. Gestützt auf dieses Argument, und mit dem Beispiel eines gelungenen Versuches vor uns, hat Amerika 3 Fuss als Normalmaass für seine Schmalbahnen anerkannt. Diejenigen, welche nicht ganz au courant mit den hierortigen bezüglichen Bewegungen und Verhandlungen während der letzten sechs Monate waren, werden erstaunen, wenn sie wahrnehmen, mit welcher Sicherheit die Idee des Schmalspursystems sich der Entwicklung des amerikanischen Eisenbahnwesens bemächtigt hat.

Es herrscht so zu sagen fast eine Schmalspursystem-Manie in diesem Lande, denn für die Mehrzahl der projectirten Bahnen des Westens ist entweder dieses Princip schon adoptirt, oder man beschäftigt sich ernstlich mit dessen Annahme. Die Colorado-Central-Bahn, welche von Denver aus in die Berge führt, wird zur Zeit nach dem Schmalspursystem umgebaut, und ihre vorgeschlagene östliche Verlängerung nach Pine-Bluff, woselbst sie in die Union-Pacific-Bahn einmünden soll, wird nach derselben Spurweite erstellt. Die Schienenstrasse, welche von Ogden durch das nördliche Utah gegen Montana

führt, unter dem Namen die nördliche Utah-Bahn bekannt, ist schmalspurig, und es werden bereits die Schienen für die ersten Sectionen geliefert. Eine andere 600 Meilen lange Schmalspurbahn soll von Leavenworth über die weiten Ebenen vom Missouri Fluss nach Denver führen; von dieser Bahn sind bereits 100 Meilen mit Schienen und sonstiger Ausrüstung versehen. Der Gründer dieses Unternehmens ist „Len" Smith, der grosse Eisenbahnkönig Leavenworth's, von welchem das Gerücht geht, er habe Mr. Caldwell's Platz im Senat der Vereinigten Staaten für sich gekauft.

Die grosse südliche Pacific-Eisenbahn, welche in Texas ihren Anfang nimmt, soll nach dem Schmalspursystem erbaut werden, falls die Regierung von Washington die Genehmigung hiezu ertheilt. Ferner ist eine Schmalbahn zwischen Terre-Haute und Cincinnati in Angriff genommen worden; eine schmalspurige Zweiglinie der Pennsylvania-Centralbahn nach den Kohlen-Regionen rückt ebenfalls vorwärts; die Arkansas-Centralbahn von Helena bis Little-Rock, mit einer Verzweigung nach den Schwefel-Quellen ist schmalspurig erbaut, und hat schon die erforderlichen Wagen bestellt; während fast jeder Staat, von Massachusetts bis nach Californien, Pläne nach diesem Bausysteme ausarbeitet, seien es Haupt- oder Localbahnen. St. Louis beschäftigt sich zur Zeit mit einem grossartigen Projecte einer neuen Schmalspurbahn, welche direct nach New-York führt, mit Zweigbahnen ins Innere von New-England, nach Philadelphia und Washington. Der Voranschlag dazu ist genau berechnet, und die Ausgaben auf die Districte der verschiedenen Staaten, durch welche die Bahn führt, vertheilt worden. In Pennsylvania haben die Besitzer der dortigen Kohlenminen eine Schmalspurbahn projectirt, welche von den grossen Minen direct ins Centrum von New-England führen wird, um daselbst das nützliche Rohproduct so billig als möglich an die industriellen Werke abgeben zu können. Was aber Colorado betrifft, so ist gleichsam der ganze Staat schmalspurig geworden:

Denver's Strasseneisenbahnen sind schmalspurig; ja eine schmalspurige Nomenclatur hat sich in die gesellschaftliche Umgangssprache eingeschlichen, und bezeichnet bereits der Volkswitz den Jackass (Esel) als einen schmalspurigen Maulesel.

Die zahlreichen bestehenden Breitspurbahnen bilden zwar für die allgemeinere Verbreitung der neuen Idee das grösste praktische Hinderniss; denn die Unmöglichkeit, die Wagen von Bahn zu Bahn verschiedener Spurweite zu bringen, wird auf manches neue Project einen entscheidenden Einfluss ausüben, und dasselbe im Keime ersticken, bevor die grossen Vorzüge des neuen Systems allgemein anerkannt worden sind. Der Umladepreis wird indessen gewöhnlich

zu sehr übertrieben. Mit mechanischen Hülfsmitteln ausgestattet, werden die aus dieser Manipulation erwachsenden Ausgaben eine sehr kleine Fraction der Betriebskosten bilden, so dass die Umladekosten gewiss nicht als ein Hauptmotiv gegen die Einführung des Schmalspursystems gelten können, besonders aber nicht für Verzweigungen bestehender Bahnen, welche durch montane oder spärlich bebaute Gegenden führen, und ohne Mittel für die breite und kostspielige Bahn sind, und welche, gehemmt in ihrer Entwickelung und wegen Mangel an Eisenbahn-Verbindungen mit dem geschäftlichen Verkehr und der Gesellschaft isolirt stehen. Bemerkenswerth ist die Kühnheit, mit welcher die Schmalbahn ihren Gegner, die Breitspurbahn, herausfordert; der Kampf soll sowohl im Flachland als im Gebirge und mit grossem, wie mit kleinem Verkehr ausgefochten werden — denn alle Vortheile, so wird Zeit und Gelegenheit beweisen, stehen auf der Seite der schmalen Spur.

Noch muss etwas betreffend die Leitung dieser grossartigen Unternehmungen in Amerika erwähnt werden. Die activen Führer sind ausschliesslich Männer von Philadelphia und Colorado; die Capitalien fliessen theilweise von Philadelphia, grösstentheils aber von England und Holland zu. Der bekannte General William J. Palmer von der Pennsylvania-Central-Bahn und der Kansas-Pacific-Bahn ist praktischer Ingenieur und Präsident der Unternehmungen; J. Edgar Thomson, S. M. Felton, und Robert H. Lamborn von Philadelphia, und Vicegouverneur A. C. Hunt von Colorado sind seine thätigen Mitarbeiter. Die Strasse ist zu 16,000 Dols. per Meile angeschlagen; die erforderlichen Capitalien, um die Linie bis nach Pueblo 119 Meilen südlich von Denver zu führen, sind schon beschafft worden, während bezügliche Unterhandlungen gepflogen werden um bis nach New-Mexico, und selbst bis zu den Halls von Montezumas weiter zu bauen. 86 Meilen über Pueblo ist Trinidad, die letzte grössere Stadt in Colorado; 100 Meilen weiter fliesst der Rio Grande-Fluss; Santa Fé ist 75 Meilen weiter; nach Albuquerque, auf dem 35. Parallel, ist es noch 100 Meilen, und hier wird die Bahn über die Atlantic- und Pacific-Linie führen, welche sich westlich nach Californien erstrekt. El Paso, an der mexicanischen Grenze und an der Texas-Pacific-Bahn liegend, ist 260 Meilen von Albuquerque entfernt; Chihuahua liegt 350 Meilen weiter; schliesslich, von da bis zur Hauptstadt Mexico sind es noch 660 Meilen. Die Gesammtlänge der Bahn von Denver bis nach der Hauptstadt Mexico beträgt demnach 1750 Meilen.

Diese Schienenstrasse wird voraussichtlich die erste sein, welche diese Localitäten und Ortschaften mit den Vereinigten Staaten ver-

binden wird. New-Mexico mit seinem wichtigen Handel, seinen fruchtbaren, agricolen und minenreichen Gegenden wird demnach zuerst mit Colorado in unmittelbare Beziehungen treten, und die sehr wahrscheinliche Annexion Mexico's wird durch die Einwanderung welche sich über dieses Hochland bis ins Centrum des Continents ausgiessen wird, ihren ersten praktischen Impuls erhalten; eine ausgedehnte Region mit mildem Klima und mit den Producten der gemässigten Zone — ein Land, von Gesundheit und Reichthum erfüllt, wird so den Wohlstand seiner Bevölkerung begründen. Dies sind sehr wichtige Factoren für den Nationalökonomen wie für den Staatsmann; sie erheben diese Bahn zu grösserer nationaler Wichtigkeit, als alle andern Vortheile, welche derselben als hervorragenden Repräsentanten des nordamerikanischen Schmalspursystems zukommen. So wie die Bahn, welche südlich vom Missouri und Kansas durch das indianische Territorium nach Texas führt, das Signal und die Quelle von neuem Wohlstand für diese grosse Region sein wird, so wird diese ähnliche Linie, welche durch eine ebenso fruchtbare und reiche Region nach Mexico hinzieht, eine neue Aera für dieses so begünstigte Land einweihen — eine neue Bevölkerung, neue materielle Kräfte, und eine neue politische Zukunft schaffen.

Mexico hat bekanntlich eine Einwohnerzahl von 9 Millionen, ist ohne schiffbaren Fluss, und hat dennoch nur 200 Meilen Eisenbahnen. Anderseits hat derjenige Theil der Vereinigten Staaten, welcher westlich vom Mississippi-Fluss liegt, kaum die Hälfte dieser Einwohnerzahl, besitzt aber den Missouri, Arkansas, Columbia und Sacramento-Fluss mit ihren Dampfbooten und Flössen, und hat zudem heutzutage 4000 Meilen von Eisenbahnen. Welcher Contrast wenn bedacht wird, dass von der Stadt Mexico Vera Cruz 200 Meilen östlich, der stille Ocean 600 Meilen westlich liegt, und dass der grosse Reichthum des Landes wesentlich in Mineralien und besonders in Silber besteht. Zur Eröffnung dieses weiten, leistungsfähigen Feldes wird diese kleine 100 Meilen lange Schmalbahn in Colorado den Schlüssel bieten, und durch die weitere Entwickelung derselben wird den Amerikanern schliesslich das ganze Land eröffnet stehen. Kein civilisirtes Land weist Städte von grösserer Wichtigkeit auf, welche so empfänglich für alle neuen Unternehmungen und so zweckmässig für eine Schienenverbindung situirt sind. Hier sind z. B. Queretaro, Guanajuate, San-Louis-Potosi, Zacatecus, Durango und Chihuahua, wovon jede Stadt eine Bevölkerung von 20—80,000 Seelen hat, und in der Lage ist, ihr Silber tonnenweise zu verschiffen.

Als Vervollständigung dieser Angaben ist noch zu erwähnen, dass General Rosenkranz mit einigen Theilnehmern kürzlich von

der mexicanischen Regierung eine wichtige Eisenbahnconcession von Vera-Cruz durch die Stadt Mexico bis zum Pacific-Ocean erhalten hat. Um den praktischen Werth dieser Concession zu erhöhen, ist die Verlängerung unserer Nord- und Südbahn ins Innere von Mexico eine absolute Nothwendigkeit; Amerika und Mexico haben deshalb alle Ursache vereint das Project zu begünstigen, um damit diesen grossen Fortschritt möglichst rasch realisiren zu können.

St.

D.

Bemerkungen zu dem Bericht des Herrn Ramsbottom.

(Ueber das Constructionsprincip der Fairlie-Maschine).

Schmalspurbahnen in Queensland.

Mit der Eröffnung der Schmalspurbahnen der australischen Provinz Queensland von 1.067 Meter Spurweite wurde auch die Verwendbarkeit von Doppel-Locomotiven in Erörterung gebracht, und nachdem die Kronen-Agenten der britischen Colonien einen bezüglichen Versuch beschlossen hatten, wurden im Jahre 1867 drei solche Maschinen in England construirt. Diese Maschinen nun sind allerdings nach meinem Patent-System ausgeführt worden, dagegen wurden die Pläne für deren Bau weder nach meinen Vorschriften noch unter meiner Intervenirung ausgearbeitet.

Probefahrten mit Doppel-Locomotiven in Queensland.

Nachdem die Probefahrten in Australien Constructionsfehler constatirten, welche die Verwendung dieser Maschinen als unzweckmässig erscheinen liessen, und nachdem das eingeholte Expertengutachten sich nicht allein gegen die fehlerhafte, specielle Construction dieser drei Locomotiven — für welche ich in keiner Weise verantwortlich bin — sondern auch gegen mein System im Allgemeinen aussprach, so erachte ich einige Bemerkungen zur Rechtfertigung dieses Systems als nothwendig.

Der Expertenbericht des hervorragenden Locomotiven-Ingenieurs, Herrn J. Ramsbottom, erwähnt als einen wesentlichen Uebelstand der Fairlie-Maschine die Anordnung der zwei Drehgestelle derselben. Herr Ramsbottom, wie ein anderer Berichterstatter, Herr Marshall, ist nämlich der Ansicht, dass die von mir gewählte Verbindung dieser Drehgestelle wohl eine Drehung in einer horizontalen Ebene, aber keine Bewegung in verticaler Richtung gestatte. Die Construction der Drehgestelle ist nun thatsächlich der Art, dass deren Rahmen sich allezeit frei und vom Kessel unabhängig nach jeder Richtung bewegen können.

Expertenber des Herrn Ra bottom über Queensland Maschinen

Um diese Frage näher und auf praktische Weise zu untersuchen, erprobte Herr Ramsbottom die Queensland-Maschine auf einer temporären Bahnstrecke, welche wie in Fig. 1. der nebenstehenden Tafel ersichtlich, mit einer scharfen Contre-Steigung angelegt wurde. Das Resultat dieser Probe soll nach dem Berichte des Herrn Ramsbottom die Ansicht bestätigt haben, dass bei der Passage eines solchen Scheitels die vordern Maschinenräder wesentlich entlastet werden, wodurch eine Tendenz zum Entgleisen herbeigeführt wird. Es ist dies ein Hauptmotiv, welches von dieser Autorität, sowie von Herrn Marshall, gegen die Verwendung meiner Locomotiven aufgeführt worden ist. Ich werde im Folgenden zeigen, dass diese Einwendung mit Unrecht gemacht wird, und dass auch hier die Fairlie-Maschine unbedingte Vortheile gewährt.

Hauptmotiv Herrn Ram bottom gegen Fairlie-Loco tive.

Zur Erläuterung meiner Beweisführung ist in den Figuren der nebenstehenden Tafel das Constructionsprincip der Queensland-Maschine, sowie einer Maschine des gewöhnlichen Systems skizzirt. Fig. 2 stellt die erstere Maschine auf einer Contre-Steigung von 20 pro Mille dar, und zwar befinden sich die der Feuerbüchse zunächst

Erläuterung Figuren.

liegenden Räder des einen Drehgestelles gerade über dem Scheitel des Winkels, welchen die gegen einander geneigten Schienen bilden. (In der Praxis kommt eine derartige Gestaltung der Bahnlinie wohl nicht vor, die Einführung dieses Arguments ist daher gewiss sehr bezeichnend für die Taktik, welche meine Gegner anwenden, um alle erdenklichen Nachtheile der Fairlie-Duplex-Maschine aufzusuchen.)

In der Position der Maschine, welche Fig. 2 veranschaulicht, sind nun die Gestellrahmen so eingezeichnet, als ob keine Bewegung derselben in verticaler Richtung stattfände; die Linie *CC* ist demnach eine Parallele zur Mittellinie des Kessels *BB*. Dessenungeachtet kann eine wesentliche Entlastung der Vorderräder nicht stattfinden, weil durch die nun erfolgende Senkung der Achsbüchsen in ihren Führungen, und durch die Pression der Tragfedern von oben nach unten die Räder fortwährend auf die Schienen gedrückt werden.

Constructionsprincip der Fairlie-Maschine.

Fig. 3 zeigt, wie im Princip der Kessel einer Doppel-Locomotive auf den zwei Wagen-Gestellen der Maschine getragen wird. In ähnlicher Weise wie jener Träger, ruht nun auch bei der Queensland-Maschine der Kessel mittelst zweier Stützpunkte auf der Mitte der Wagen-Gestelle, so dass letztere eine beliebige Drehung unter dem Kessel ausführen können.

Wie schon erwähnt, sind in Fig. 2 die Linien *BB* und *CC* parallel zu einander. Die Linien *DD* dagegen, welche durch die Mittelpunkte der drei Achsen eines jeden Drehgestells gezogen sind, bilden Parallele zur Richtung der Bahnlinie. Da im vorliegenden Falle der Radstand eines Wagen-Gestells zwei Meter beträgt und die Bahn eine Neigung von 20 pro Mille darstellt, so ist die Höhendifferenz zwischen der vordern und der hintern

Fig. 1.

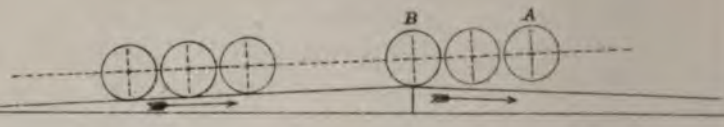


Fig. 2.

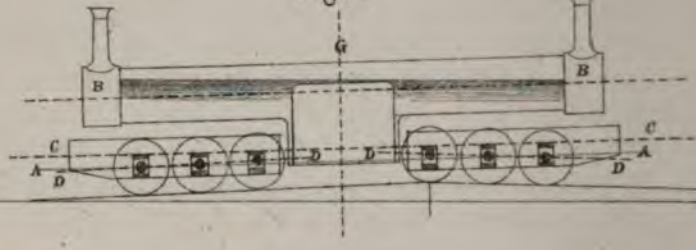


Fig. 3.

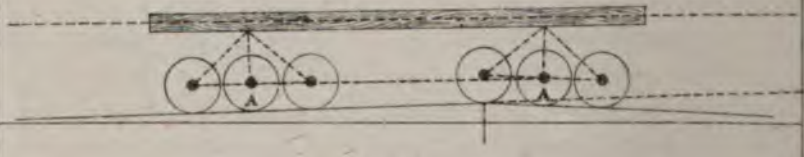


Fig. 4.

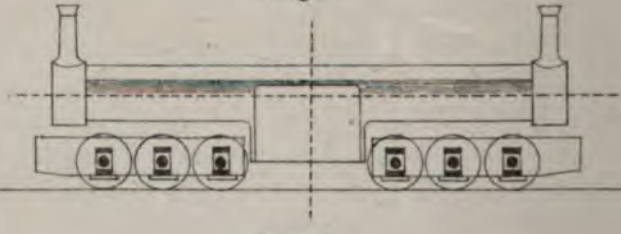


Fig. 5.

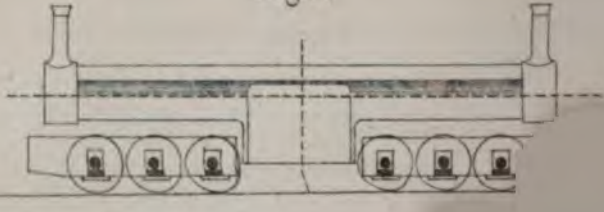


Fig. 6.

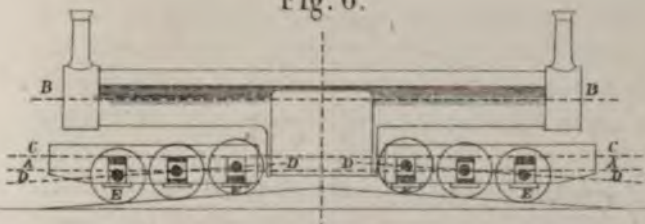


Fig. 7.

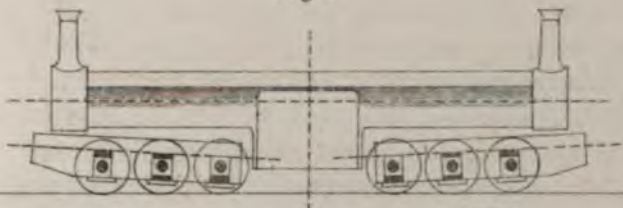


Fig. 8.

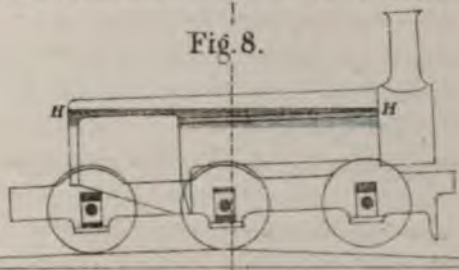


Fig. 9.

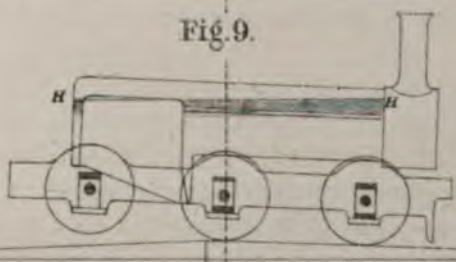
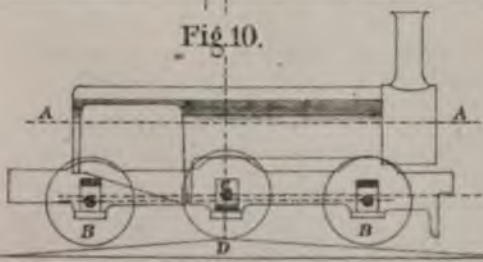


Fig. 10.



Achse eines Wagen-Gestells 40 Millimeter; oder, wenn die mittlere Achse in ihrer normalen Position im Gestellrahmen liegt, so werden sich die vorderen und hinteren Achsen 20 Millimeter gehoben, beziehungsweise gesenkt haben.

Beweglichke der Gestell-rahmen bei Fairlie-Locor tive.

Die Gestellrahmen dieser Maschinen können sich nun heben und senken wie diejenigen der gewöhnlichen Locomotiven, welche in der Regel einen Spielraum von 25 Millimeter nach jeder Richtung aufweisen. In Fig. 4 sind die Gestellrahmen in ihrer normalen Lage eingezeichnet. Die schraffirten Stellen über und unter den Achsbüchsen bezeichnen im ersteren Falle den Spielraum von 25 Millimeter bis zum Rahmen, und im letzteren Falle denselben Spielraum bis zu den Verbindungsstücken der Achsengabeln.

In Fig. 5 ist die Maximal-Senkung der Gestellrahmen eingetreten, d. h. diese ruhen auf den Achsbüchsen unmittelbar auf; folglich beträgt der durch die schraffirte Stelle angedeutete Spielraum unter der Achsbüchse 50 Millimeter.

Nach dem Gesagten ist klar, dass dieses Spiel der Achsbüchsen entweder nach der in Fig. 6 angegebenen Weise erfolgen kann, wobei die Rahmen ihre parallele Richtung zum Kessel beibehalten, oder aber nach Fig. 7, woselbst eine Bewegung der Rahmen in verticaler Richtung bezeichnet ist*).

Diesen Erörterungen mag nun eine kurze Betrachtung der Maschine des Herrn Ramsbottom unter ähnlichen Verhältnissen folgen:

Constructions princip eine Maschine nac dem gewöhn lichen Syste

Fig. 8 erläutert das Constructionsprincip einer Güterzugslocomotive des gewöhnlichen Systems, welche von Herrn Ramsbottom auf der London- und North-Western

*) Es bedingt dies eine kugelförmige Gestalt der beiden Drehzapfen, um welche die Wagen-Gestelle ihre Drehung ausführen.

A. B.

Eisenbahn eingeführt worden ist. Die Maschine befindet sich hier wieder über dem Scheitel einer ähnlichen Contre-Steigung, wie vorhin die Queensland-Doppel-Maschine, um eine richtige Vergleichung zwischen den zwei Systemen zu ermöglichen, ist für sämmtliche Figuren, welche die Tafel enthält, ein und dieselbe Reductionsscala angewendet worden.

Das Spiel des Gehwerkes der Maschine von Ramsbottom ist in den Figuren 8, 9 und 10 deutlich veranschaulicht.

Fig. 8 und 9 stellen die Stellung dar, welche die Maschine unmittelbar vor und nach dem Scheitel-Uebergang der Mittelräder einnehmen würde; in Fig. 10 aber stehen die Mittelräder gerade auf dem Scheitelpunkte der Contre-Steigung. Der Radstand dieser Locomotiven beträgt 4.7 Meter — also mehr als das Doppelte der Achsenentfernung eines Wagen-Gestelles der Queensland-Maschine — und dieser Radstand bedingt demnach auf einer Steigung von 20 pro Mille eine Höhendifferenz zwischen der vorderen und hinteren Achse von $20 \times 4.7 = 94$ Millimeter. Oder, wenn die Mittelräder der Maschine auf dem Scheitelpunkte D einer solchen Contre-Steigung stehen — wie in Fig. 10 ersichtlich ist — so müssten, wenn alle sechs Räder die Schienen berühren sollen, die Mittelpunkte der beiden Räderpaare BB um $\frac{94}{2} = 47$ Millimeter tiefer liegen, als der Mittelpunkt C der Treibachse.

Der übliche Spielraum der Achsbüchsen in den Gestellrahmen gestattet aber eine solche Senkung nicht, ohne dass die vorderen und hinteren Räderpaare gänzlich entlastet würden. Diese Erscheinung ist in Fig. 10 dargestellt, woselbst das ganze Gewicht der Maschine auf den Mittelrädern ruht. Fig. 8 erläutert die Entlastung der Vorderräder, und Fig. 9 diejenige der Hinterräder.

Entlastung der Räder bei gewöhnlichen Maschinen.

Galoppiren gewöhnlich Maschine

Eine Folge dieser auffallenden Variation der Radbelastung ist das sogenannte „Galòppiren“ — eine Erscheinung, welche bekanntlich bei dreiachsigen Locomotiven sehr häufig auftritt, und welche von ebenso verderblicher Wirkung auf den eisernen Oberbau, als auf die Maschine selbst ist.

Bei der Doppel-Maschine mit zwei drehbaren Wagen-Gestellen kann dieser anomale Zustand niemals eintreten, denn obschon unter Umständen die Radbelastung der einzelnen Gestelle etwas variiren wird, kann unter keinen Vorkommnissen die Maschine zum Galoppiren gebracht werden.

Ich komme nun zur Prüfung einer anderen wichtigen Frage, welche bei einer kritischen Vergleichung der verschiedenen Locomotivsysteme eine Hauptrolle spielen muss. Die Frage, welche indessen im Expertenbericht des Herrn Ramsbottom nicht geprüft worden ist, betrifft die relative Lage des Wasserspiegels im Kessel.

Vortheile Mittellage Feuerkastens Fairlie-Maschine

Eine charakteristische Seite der Fairlie-Duplex-Maschine bildet bekanntlich die Anordnung des Feuerkastens. Dieser liegt nämlich in der Mitte des Kessels, wie die Figuren der beiliegenden Tafel zeigen. Bei dieser Anordnung tritt der grosse Vortheil hervor, dass die Decke des Feuerkastens immer unter Wasser liegt, gleichviel ob die Locomotive auf einer horizontalen oder einer schiefen Ebene steht. Eine senkrechte, durch die Mitte des Feuerkastens *G* in Fig. 2 gezogene Linie bildet in der That die Normal-Achse, um welche der Wasserspiegel pivotirt. Ist z. B. bei der horizontalen Stellung der Maschine die Decke des Feuerkastens 100 Millimeter unter Wasser, so wird auf einer Steigung das Wasser genau dieselbe Höhe über der Mitte des Feuerkastens beibehalten.

Bei der Maschine von Ramsbottom ist dagegen der Feuerkasten am Ende des Kessels, wie gewöhnlich, angebracht. Es hat dies zur Folge, dass bei der Berg- oder Thalfahrt der Maschine die Schwankungen des Wasserspiegels über dem Feuerkasten sehr bedeutend sind. Es können also mit solchen Maschinen nur mässige Steigungen befahren werden, wenn die Decke des Feuerkastens nicht — wie es Fig. 9 andeutet — der Gefahr des Verbrennens ausgesetzt werden soll.

Bei der Fairlie-Maschine lassen sich ferner die Kessel-Armaturtheile, besonders die Wasserstandsvorrichtung auf viel rationellere Weise anbringen, als bei gewöhnlichen Maschinen. Der Apparat, mittelst welchem die Höhe des Wasserspiegels im Kessel gemessen wird, befindet sich auf der Mitte des Feuerkastens der Doppel-Locomotive; bei gewöhnlichen Maschinen dagegen auf der Rückwand des Feuerkastens. Bei Befahren von Steigungen im letzteren Falle werden daher Locomotivführer und Heizer Schwierigkeiten haben, sich vom richtigen Stande des Wassers Ueberzeugung zu verschaffen.

Folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der bis anhin gebauten Fairlie-Duplex-Locomotiven, mit Angabe der Namen und der Spurweiten der Bahnen, der Anzahl der bestellten Maschinen, sowie der Räderzahl und dem Gewichte der Maschine im dienstfähigen Zustande. Sämmtliche Maschinen sind aus den best-renommirtesten Locomotiv-Fabriken Englands hervorgegangen.

No.	Namen der Bahnen.		Spurweite.	Anzahl Maschinen.	Räderzahl der Maschinen.	Gewicht der Maschinen.
			Meter.			Tonnen.
1.	Festiniog-Bahn	(Wales).	0.597	2	8	19.5
2.	Patillos-Bahn	(Peru).	0.762	2	8	28
3.	Punental-Chicolay-Bahn	(Peru).	0.762	3	8	28
4.	Chimbote-Bahn	(Peru).	0.915	3	12	46
5.	Howland-Aspinwall-Bahn . . .	(Ver. Staaten).	0.915	2	8	35
6.	Denver- und Rio Grande-Bahn	(Ver. Staaten).	0.915	1	8	30
7.	Glasgow- und Cape Breton-Bahn	(Neu-Schottland).	0.915	3	8	32
8.	Dunedin- und Port Chalmers-Bahn	(Neu-Seeland.)	1.067	2	8	30
9.	Livny-Bahn	(Russland).	1.067	5	12	46
10.	Toronto-Grey- und Bruce-Bahn	(Canada).	1.067	1	12	36
11.	Toronto- und Nippissing-Bahn .	(Canada).	1.067	1	12	36
12.	Canto-Gallo-Bahn	(Brasilien).	1.100	1	8	40
13.	Burry-Port-Bahn	(Wales).	1.435	2	8	28
14.	Iquiqui-Bahn	(Peru).	1 435	8	12	59
15.	Pesagno-Bahn	(Peru).	1.435	6	12	64
16.	Tarapaca-Bahn	(Peru).	1.435	4	12	60
17.	Lima- und Oroya-Bahn	(Peru).	1.435	1	12	64
18.	Lehigh-Valley-Bahn	(Ver. Staaten).	1.435	1	12	65
19.	Mexikanische Bahnen	(Mexiko)	1.435	13	12	59
20.	Nassjo-Oscarsham-Bahn . . .	(Schweden).	1.435	6	8	28
21.	Luxemburg-Bahn	(Belgien).	1.435	1	12	60
22.	Poti- und Tiflis-Bahn	(Russland)	1.524	4	12	60
23.	Tamboff-Saratoff-Bahn	(Russland).	1.524	10	12	58
24.	Grosse Süd-West-Bahn	(Irland).	1.600	2	8	35
	Gesammtzahl der bis jetzt construirten Fairlie-Maschinen			84		

Mit Ausnahme von Nos. 5 und 24 sind alle diese Maschinen mit Doppel-Kessel und zwei Wagen-Gestellen mit vier Dampfcylindern construirt. Die unter Nos. 5 und 24 angeführten Maschinen haben einen einfachen Kessel und nur zwei Cylinder, sind aber ebenfalls auf zwei besondere Wagen-Gestelle montirt.

ANHANG.

I.

Die Eisenbahn von Enghien nach Montmorency.

(Bericht des Herrn Emile Level.)

In gebirgigen Gegenden werden sich die Schmalspurbahnen so viel thunlich als Oberflächen-Bahnen entwickeln, d. h. da, wo die Terrain-Configuration die Anwendung stärkerer Steigungen erheischt, müssen die auf breitspurigen Bahnen als normal angenommenen Maximal-Steigungsverhältnisse überschritten werden. Die Benutzung stärkerer Steigungen ist nun der schmalen Spur in ausgedehntem Maasse gewährt, denn, wie im Vorstehenden gezeigt wurde, ist das Betriebsmaterial leichter, folglich der zur Hebung einer gegebenen Nutzlast erforderliche Kraftaufwand verhältnissmässig geringer, als auf der breiten Spur.

Auf normalspurigen Bahnen sind bis jetzt die auf der Semmeringlinie vorkommenden Maximalsteigungen von 25 pro Mille in der Regel eingehalten worden. Mehrere Beispiele auf amerikanischen Bahnen dagegen leisten den Beweis, dass auch steilere Rampen mittelst der Locomotive

befahren werden können, ohne dass dabei die Regelmässigkeit und Sicherheit des Betriebes in Frage gestellt worden wäre. In Europa ist nun eine 17 Kilometer lange Bahnstrecke von Wädensweil (am Zürichersee) nach Einsiedeln der Vollendung nahe, deren Maximalsteigung 50 pro Mille erreicht, und welche voraussichtlich mit gewöhnlichen oder Fairlie-Locomotiven betrieben wird.

Ueberaus lehrreich im Betreff Betrieb von grösseren Steigungen sind die nachfolgenden interessanten Mittheilungen über die in der Nähe von Paris gelegene normalspurige Bahn von Enghien nach Montmorency. Dieser Bericht, welcher von dem dirigirenden Ingenieur der Bahn, Herrn E. Level, dem h. schweizerischen Bundesrath unterbreitet, und auf Befehl dieses letzteren gedruckt worden ist, lautet wie folgt:

„Die Eisenbahn von Enghien nach Montmorency, deren Länge 3 Kilometer beträgt, hat wirklich starke Steigungen und Krümmungen von kleinem Halbmesser. Die stärkste Steigung ist 45‰ auf einer Strecke von 1100 Meter, und der kleinste Krümmungshalbmesser beträgt 200 Meter. Er ist 300 Meter auf der Steigung von 45‰.

Es folgen nun die Antworten auf die in Ihrem Schreiben enthaltenen Fragen.

I. Welche Erfahrungen machte man seit 1866 in Bezug auf die Sicherheit des Betriebs und welche Vorschriften sind diesfalls aufgestellt worden?

Es wurde seit 1866 keine besondere Erfahrung gemacht in Bezug auf die Sicherheit des Betriebs. Die Gesellschaft hat sich darauf beschränkt, das beste System des Bremsens aufzusuchen, mit welchem die Locomotiven zu versehen sind, um das Hinabfahren der Züge zu schützen.

Nachdem die Bremse mit comprimirter Luft von Herrn

de Bergue probirt worden, deren Zweck dahin ging, die Schnelligkeit der Züge durch einen auf die Kolben der Maschine ausgeübten Gegendruck zu vermindern, hat die Gesellschaft das System der Dampfbremse des Herrn Lechatelier angenommen, welches mit Erfolg auf den starken Steigungen der spanischen Nordbahn zur Verwendung gekommen ist.

Was die Betriebsreglemente betrifft, so sind dieselben die gleichen wie diejenigen der anderen Gesellschaften, ausgenommen dass ein besonderer Ministerial-Entscheid die Beifügung eines Bremswagens per Gruppe von 3 Wagen bei der Formation der Züge vorschreibt.

Die einzige wichtige Abweichung im üblichen Betriebsmodus ist die folgende. Sie empfiehlt sich Ihrer Aufmerksamkeit.

Um die Folgen eines Bruches der Zugs- und Kupplungsvorrichtungen zu vermeiden, welcher auf der Steigung hätte eintreten und einen ganzen Theil des Trains von einer Höhe von 45 bis 50 Meter herabstürzen können, hat die Gesellschaft vom Ministerium die Erlaubniss erwirkt, die Züge auf der Steigung vor sich her zu schieben (refouler), anstatt sie zu ziehen (remorquer).

Die Maschine wird demnach hinter den Zug gestellt bei dessen Hinaufsteigen, und dagegen vorgespannt beim Herabfahren.

Bei den hinaufsteigenden Zügen überwacht der im vordersten Wagen auf den Wachtposten gestellte Conducteur den Zustand der Bahn. Er ist mit einem Horn versehen, von welchem er Gebrauch macht, sei es bei der Annäherung an Weg-Uebergänge, sei es, wenn Individuen, die sich auf der Linie befinden, gefährdet erscheinen, sei es endlich in allen Fällen, wo der Mechaniker von der Pfeife Gebrauch zu machen hätte, wenn die Maschine den

Convoi ziehen anstatt schieben würde. Ferner hat der auf den Wachtposten gestellte Conducteur ein Seil (Leine) zur Verfügung, welches längs des Trains hinläuft, frei oberhalb der Wagen durchgeht und mit der Allarmpfeife der Locomotive verbunden ist. So kann er augenblicklich mit dem Mechaniker verkehren und die Züge, je nachdem der Zustand der Bahn es erheischt, anhalten oder deren Schnelligkeit verlangsamen lassen.

II. Welche besondere Angaben können geliefert werden über die in letzter Zeit und gegenwärtig verwendeten Maschinen, Wagen und Bremsvorrichtungen?

Bei starken Steigungen ist es Grundsatz des Betriebs, das todte Gewicht des Rollmaterials möglichst zu vermindern. Daher verwendet die Gesellschaft einen Typus von Tender-Locomotiven mit drei gekuppelten Achsen, deren ganzes Gewicht der Adhäsion der Räder auf den Schienen zu gut kommt.

Diese Maschinen sind versehen mit einem Steuerungsapparat mit Schraube (changement de marche à vis), welcher die Gefahr beseitigt, in der die Mechaniker beim Gebrauche des frühern Hebels schwebten, dessen Griff sie bisweilen tödtlich traf, wenn beim Hinabfahren der Sicherheitsriegel unter dem Gegendrucke und der Erschütterung sprang und in Folge dessen jener Hebel plötzlich niederschnellte.

Ausser der Dampfbremse von Lechatelier steht dem Heizer eine gute Handbremse zur Verfügung.

Die zur Traction auf starken Steigungen verwendeten Maschinen sind besonders mit Rücksicht auf eine starke Dampferzeugung zu construiren. Begreiflicherweise muss auf solchen Steigungen die Production des Dampfes den Verbrauch desselben bedeutend übersteigen. In der That würde ein Schleifen der Räder während 2 oder 3 Minuten

genügen, um den Verlust der ganzen erlangten Geschwindigkeit herbeizuführen, und ganz umsonst eine Quantität Dampf zu consumiren, welche ein ungenügend eingerichteter Dampfkessel nicht im Stande wäre, mit der Schnelligkeit zu ersetzen, wie sie durch einen regelmässigen Dienst, z. B. einen Personendienst, geboten erscheint.

Auf der Linie Montmorency fordert die Gesellschaft von den Locomotivführern, dass sie bei der Bergfahrt in der Weise heizen, dass der Dampfdruck zunimmt; es ist dies das beste Mittel, eine hinlängliche Production von Gas zu sichern.

Wagen. Um das todte Gewicht des Materials möglichst zu reduciren, hat die Gesellschaft ein System Wagen mit einer untern Etage, einer geschlossenen Imperiale und Bremsen angenommen. Dieses Modell wiegt 8500 Kilogramm und enthält 86 reglementarische Plätze. Zwei derartige Wagen genügen hinlänglich für den Wochendienst. An Sonn- und Feiertagen entlehnt die Gesellschaft von der Nordbahngesellschaft das Supplement der zum Dienste nöthigen Wagen. Dieselben sind mit dem Bremssystem Newal versehen, das in den Expresszügen des Nordbahnnetzes in Gebrauch ist. Sie sind disponirt in Gruppen von je drei Wagen, jeder mit Bremsklötzen versehen. Ein Moteurgewicht, das an einem der drei Wagen angebracht ist, wird durch eine Ausklinkung in Bewegung gesetzt, welche, sei es durch den Mechaniker mittelst einer Leine, sei es direct durch den Conducteur, bewerkstelligt wird. Das Moteurgewicht sinkt. In seinem Falle ertheilt es eine Rotationsbewegung einer langen Stange, welche unter den drei Wagen angebracht und von einem Wagen zum andern verbunden ist mittelst einer Scheibenzugvorrichtung. Diese Stange setzt die an die Bremsklötze befestigten Triebwerke in Bewegung und bewirkt so die Hemmung der ganzen Gruppe.

Mit Hülfe dieser Einrichtung genügt die Mitwirkung eines einzigen Mannes für das Manövriren der Bremse der drei Wagen.

In Wirklichkeit ist die Verwendung der Dampfbremse von Herrn Lechatelier, mit welcher die Locomotiven der Linie Montmorency versehen sind, genügend für die Paralysirung der Beschleunigung, welche die Schwerkraft bei der Thalfahrt der Züge auf dem Gefäll mit sich bringt. Indessen macht die Gesellschaft Gebrauch von der Bremse Newal, von der gewöhnlichen Bremse der Maschine und nöthigenfalls von derjenigen des Gepäckwagens, um der Locomotive nicht die ganze Last des Zuges zu überlassen, was dem Mechanismus schaden würde.

Es ist dies eine doppelte Sicherung, mit welcher die Gesellschaft sich umgibt, um jede Möglichkeit eines Unglücks für den Fall zu beseitigen, wo die Maschine bei der Berg- oder Thalfahrt aus irgend welcher Ursache plötzlich den Dienst versagen würde.

Die Zuversicht der Gesellschaft in dieses Bremssystem Newal ist so gross, dass sie bei einem Gefälle von 45‰ Züge circuliren lassen konnte, welche aus 1 Gepäckwagen und 8 Personenwagen mit 500 Reisenden bestanden.

III. Wie gestalten sich die Betriebsergebnisse in Bezug auf die bewältigten Lasten, die Fahrschnelligkeit, die Kosten der Zugkraft und des Unterhalts der Bahn und des Rollmaterials?

Gezogene Lasten. — Die Maschinen der Linie Montmorency wiegen 24,000 Kilogramm, leer, und 31,400 im Dienste. Ihre Adhäsion ist ungefähr $^1/_6$ ihres Gewichts, d. h. 5233 Kilogramm. Sie können demnach auf der Steigung von 45 Millimeter ein Totalgewicht bewältigen von $\frac{5,233}{5+3+45} = \frac{5,233}{53} = 99$ Tonnen, oder, nach

Abzug des Gewichts der Maschine, eine Nutzlast von 99 — 32 = 67 Tonnen.

In der Praxis beschränkt die Gesellschaft ihre Last auf 54 Tonnen. Die stärksten Trains sind wie folgt zusammengesetzt:

	1 Gepäckfourgon,	wiegend	7,500 Kilos,		
	1 Spezialwagen mit Imperiale	„	8,500	„ enthaltend	86 Pers.
1 Gruppe Newal	1 Wagen I. Classe	„	6,500	„ „	24 „
	1 „ II. „ mit Imperiale	„	6,500	„ „	70 „
	1 „ III. „ „ „	„	6,700	„ „	66 „
			35,700	„ „	246 Pers.
		Gepäck	300	„	
	246 Personen à 70 Kilogr.		17,220	„	
	Gesammtes geschobenes Gewicht		53,220 Kilos = 54 Tonnen.		

An Tagen starker Frequenz wird die doppelte Traction mit 2 Locomotiven bewerkstelligt, wodurch es möglich wird, der Composition des Zuges beizufügen: 1 Spezialwagen und eine zweite Gruppe Newal, enthaltend zusammen 246 Plätze, was im Gesammten 492 Plätze ergibt, oder 500 mit Einschluss der verfügbaren Plätze einer im Fourgon angebrachten Dienstabtheilung.

Die Marge von 67 — 54 = 13 Tonnen, zwischen dem Gewicht, welches die Locomotiven zu 3 Achsen zu schieben vermag, und der vorgeschriebenen grössten Dienstlast, ist nothwendig, um den Witterungseinflüssen Rechnung zu tragen, welche die Adhäsion der Maschinen zufällig vermindern können.

Fahrschnelligkeit. Dieselbe beträgt 30 Kilometer per Stunde (3 Kilometer in 6 Minuten). Sind die Züge verspätet, so kann diese Schnelligkeit leicht auf 35 Kilometer per Stunde gebracht werden.

Kosten der Zugkraft, des Unterhalts der Bahn und des Rollmaterials. Der durchschnittliche Verbrauch von Brennmaterial ist 10 Kilogramm, im Mittel per Kilometer Bergfahrt wie Thalfahrt,

Anhalten und das Unterhalten der Maschine im Feu während der Nacht.

Mit Ausnahme der Zugkraftskosten, welche etw grösser sind als diejenigen auf Linien mit geringen Steigung bieten die Betriebsauslagen keinen merklichen Unterschi im Vergleiche zu denjenigen der gewöhnlichen Eisenbahne

IV. Welche anderweitigen Angaben können eine g naue Vorstellung geben von der Zweckmässigkeit der Ve wendung solcher starken Steigungen, wie auch von de Gefahr, die sie, besonders im Winter und bei ausnahms weisen Witterungsverhältnissen, darbieten?

Seit Eröffnung des Dienstes der Linie Montmorenc (1. Juli 1866) hat die Gesellschaft jährlich 14,000 Züge in Gang gesetzt, und es ist nicht ein einziger Unfall au dieser Steigung von 45 Millimeter per Meter vorgekommen.

Diese Thatsache allein genügt, um den Beweis zu leisten, dass die Anwendung starker Steigungen keine Gefahr bietet, wenn angemessene Vorsichtsmaassregeln getroffen werden.*)

---

*) Im Betreff Anwendung aussergewöhnlicher Steigungsverhältnisse sind noch die Eisenbahnen der Zuckerfabrik von Tavaux-Pontséricourt in Frankreich zu erwähnen. Eine Beschreibung dieser Schmalbahnen von 1 Meter Spurweite ist in den „Stimmen über schmalspurige Eisenbahnen" von Hofrath von Nördling, enthalten. Die Steigungen und Gefälle wechseln zwischen 15 und 75 Promille; der kleinste Krümmungshalbmesser beträgt 30 Meter. Die Maschinen sind gewöhnlicher Construction mit zwei gekuppelten Achsen, und wiegen im betriebsfähigen Zustande 7.5 Tonnen; sie befahren gewöhnlich die Maximalsteigung von 75 Promille mit einer Bruttolast von 9.7 Tonnen.

Ein bemerkenswerthes Beispiel ist ferner die im Bau begriffene Touristen-Bahn von Zürich auf den 1,430 Fuss höher gelegenen Gipfel des Uetlibergs. Die Gesammtlänge dieser Bahn ist 8 Kilometer. Die mit gewöhnlichem Locomotivbetrieb zu überwindenden Steigungen betragen für einen Drittheil der Linie 52 Promille und für zwei Drittheile 70 Promille. **A. B.**

Das Glatteis und der Regen alteriren in keiner Weise die Adhäsion der Maschinen. Einzig der Nebel, welcher die Schiene gleichsam verseift, hebt momentan diese Adhärenz auf. Allein die Wirkungen des Nebels werden auf allen Linien beobachtet und in Montmorency, wie überall anderwärts, verhütet man das Schleifen der Maschine durch Einstreuung von feinem Sand zwischen die Schiene und die Triebräder.

Was die Convenienz der Verwendung von sehr starken Steigungen betrifft, so hält die Gesellschaft dafür, dass man sich solcher nicht lediglich zu dem Zwecke bedienen soll, um in dem Baue Ersparnisse einzuführen, dass man sie dagegen auch nicht zu scheuen hat, wenn die topographischen Verhältnisse die Benutzung solcher Steigungen erheischen."

Paris, den 30. September 1872.

Der Ingénieur-Directeur der Gesellschaft der Bahn von Enghien nach Montmorency:
Emile Level.

II.

Bemerkungen zu der neuesten Schrift des Herrn M. M. von Weber.

(Die Praxis des Baues und Betriebes der Secundärbahnen.)

Die Publication des Herrn Hofrath von Weber über Secundärbahnen.

Die Literatur über Schmalspurbahnen ist kürzlich mit einer Publication bereichert worden, welche — aus der gewandten Feder des bekannten Ingenieurs und Autors, M. M. Freiherrn von Weber, Hofrath im österreichischen Handelsministerium, geflossen — eine nicht unbedeutende Sensation in der technischen Welt hervorgerufen hat.

Freiherr von Weber ist — wie dessen Vorrede uns mittheilt, — sine ira et studio, ohne jede andere Absicht als selbst die Wahrheit zu erfahren, an die nicht ganz mühelose Arbeit gegangen, die charakteristischen Thatsachen aus dem Bereiche des Baues und Betriebes jener 16 schmalspurigen Eisenbahnen zu sammeln, die, in Europa ausgeführt, Personen und Güterverkehr haben.

Dass diesem Grundsatz bei Bearbeitung obiger Schrift auf consequente Weise nachgestrebt worden ist, davon liefert wol die Arbeit selbst den besten Beweis. Wenn aber dessenungeachtet die Frage der Spurweiten noch als

unerledigt betrachtet wird, so ist dies theilweise Schuld der Verwickelung dieser Frage, welche in so vielen Gestaltungen auftritt, und ebenso viele verschiedenartige Lösungen erfährt. Schuld dieser Sachlage ist ferner die Mangelhaftigkeit oder vielmehr die Unzulänglichkeit des einschlagenden statistischen Materials, welches zur Disposition der wissenschaftlichen Gelehrten und Experten steht, die sich bis jetzt mit der Frage beschäftigten.

Verschiedenartige Lösungen der Frage Spurweite

Als Vergleichungsmaass zwischen Schmal- und Breitspur setzt Herr M. M. von Weber für erstere 1 Meter als Normalmaass voraus, und es handelt sich sodann darum — wie schon der Titel seiner Schrift besagt — die Eigenschaften eines solchen Schmalspursystems mit specieller Anwendung für **Secundärbahnen** zu untersuchen.

Vergleichungsmaass zwischen Schmal- und Breitspur

Es ist nun gerade diese Classification, Hauptbahn, Secundärbahn etc., welche dem herrschenden Conflicte der Meinungen betreffend die Spurweiten Unterschub leistet. Mit diesen Rang-Abstufungen wird nämlich der Schmalspur a priori eine beschränktere Leistungsfähigkeit beigemessen — es soll ihr der Stempel des Stiefkindes aufgedrückt werden, welches nur in einem bescheidenen Wirkungskreise nützen und frommen kann.

Kategorien Bahnen.

Warum soll nicht die Frage nackt und klar also gestellt werden: Ist bei gleicher Verkehrsnatur die Schmalspurbahn wohlfeiler zu bauen und zu betreiben als die Breitspurbahn?

Die in Ausführung begriffenen grossen Schmalspurbahnen in Amerika, Indien und in anderen aussereuropäischen Ländern fallen in die Kategorie der Hauptbahnen im vollen Sinne des Wortes, denn sie sollen mit Hinblick auf ihre Leistungen ganz den Anforderungen entsprechen, welche in der Regel an Bahnen I. Ordnung gestellt werden — sie werden eine grosse Personen-Frequenz,

Schmalspurbahnen in aussereuropäischen Ländern.

einen bedeutenden Transitverkehr und einen lebhaften Austausch der landwirthschaftlichen und industriellen Erzeugnisse zu vermitteln haben.

Freilich müssen die Betriebsmittel solcher **schmalspurigen Hauptbahnen** dem Zwecke entsprechend construirt werden, und nicht ganz nach der Schablone „jener 16 schmalspurigen Eisenbahnen, die, in Europa ausgeführt, Personen- und Güterverkehr haben.“ Diese sollen ja — nach M. M. Freiherrn von Weber — zu nichts weiter taugen, als zur Bewältigung isolirter Verkehre einfacher Natur, besonders aber zum Transporte von Materialien!

Mit diesen generellen Vormerkungen begrüsse ich die Publication des Herrn von Weber als eine willkommene Herausforderung, mit einem gewiegten Geisteskämpfer eine Lanze im Wortgefechte zu brechen.

Ich komme dabei in erster Linie auf diejenigen Theile der Weber'schen Schrift zu sprechen, welche mein Patent-System behandeln.

Bei Zusammenstellung der Locomotionsmittel für Schmalspurbahnen weist Freiherr von Weber auf die Fairlie-Maschinen der Festiniogbahn hin, welche in nachstehenden Worten kritisirt werden:

Vortheile der Fairlie-Maschinen nach Herrn von Weber.

Die unbestreitbaren Vortheile des Fairlie-Maschinensystems bestehen nun in Folgendem:

1. Gewährt dasselbe die Füglichkeit grosse und starke Maschinen zu construiren, deren Gesammtgewicht für die Adhäsion verwendet wird, und deren Radstand dabei ein grosser ist, die sich daher bis zu gewissen Geschwindigkeiten sicher und stetig bewegen und bei alledem die gute Eigenschaft haben, leicht und ohne grossen Widerstand durch Curven von kleinem Radius zu gehen. Die Leistung mehrerer kleiner Maschinen von kurzem Radstande, wie sie sonst auf stark gekrümmten Schmalspurbahnen nur anwendbar sind, wird durch das Fairlie-System gleichsam in die einer Maschine concentirt, so dass die Bewältigung eines gewissen Maasses des Verkehrs, nicht allein durch Abminderung der erforderlichen Zahl der Züge vereinfacht,

sondern auch sicherer und durch Ersparniss an Personal ökonomischer gemacht wird.

2. Der grosse Kessel gewährt alle Vortheile der Brennmaterial-Oekonomie, die mit bedeutenden Feuerflächen bei Dampferzeugern verknüpft sind.
3. Das grosse Maschinengewicht, das dieses System auf schmalspuriger Bahn in einen Körper zu vereinen gestattet, bietet Vortheile gegen gewisse Gattungen von Ausgleisungen, die bei leichten Maschinen häufig, besonders bei starkem Schneefall und Glatteis, eintreten.
4. Die Beschaffungskosten desselben Maases von Leistungsfähigkeit sind geringer bei Verwendung von Fairlie-Maschinen, als bei der einer gleichwerthigen Anzal kleiner Locomotiven.

Diese Vorzüge sind unzweifelhaft bedeutend genug, um zur Anstellung von Versuchen mit Fairlie-Maschinen im grösseren und ausgedehntesten Maasse auf Schmalspurbahnen aufzufordern.

Die Uebelstände aber sind folgende:

Nachtheile Fairlie-Syst nach Herrn Weber.

1. Die grosse Complication der Maschine, deren sämmtliche Organe, mit Ausnahme derjenigen, die zum Dampfgenerator gehören, verdoppelt sind. Es bedingt dies, in Vergleich zu Maschinen gleicher Energie, aber gewöhnlicher Construction, einen weit bedeutenderen Reparatur- nnd Unterhaltungsaufwand und eine längere Reparaturstandszeit.
2. Ihre Zerbrechlichkeit bei Ausgleisungen und sonstigen ausserordentlichen Vorkommnissen. Da die Dampfzuleitung zu der Maschine, durch deren Drehpunkt am Kessel hindurch, vermittelst Stopfbüchsen erfolgen muss, so tritt sofort eine Störung dieser Zuleitung ein, wenn das Gestell der Maschine bei Unfällen etwas schief gedrückt oder einseitig gehoben wird. Die Fairlie-Maschine wird daher in vielen Fällen bei kleinen Vorkommnissen, wo andere Maschinen noch diensttüchtig bleiben, schon invalid werden.
3. Die Tendenz der Maschine bei Ausgleisungen nicht, wie die Locomotiven mit festem Gestell, meist dicht am Gleise zu bleiben (wodurch die Folgen sehr vieler solcher Vorkommnisse gemindert werden), sondern, unter einer gewissen Wendung der Maschinengestelle, vom Gleise ab und über Dämme und Brücken hinunter zu gehen.
4. Der unsichere Gang der Maschine in der geraden Linie bei gewisser Fahrschnelligkeit, wenn der feste Radstand der Maschinengestelle nicht gross genug ist, um eine sichere Führung im Gleise zu bewirken. Bei einem Radstande von 1.5 Meter

kann sich das Drehgestell um 4 Grad im Gleise ecken, was sogar schon Gefahren herbeizuführen im Stande ist und besonders beim Befahren von Kreuzungen, Weichen (vorzüglich sogenannter englischer Weichen), Wegübergängen etc. eine starke Tendenz zum Entgleisen herbeiführt.

Der Constructeur der Fairlie-Maschinen für die Festiniogbahn hat daher den Drehgestellen einen Radstand gegeben, dem völlig gleich, den die andern Maschinen mit festem Gestelle haben, nämlich 1.51 Meter. Die Widerstände in den Curven sind dann freilich auch denen jener Maschinen völlig gleich.

5. Die Einwirkung der Erschütterungen beim Fahren auf die Achsen ist bei dieser Maschine schädlicher als bei Maschinen gewöhnlicher Construction und dieselben gleichen jenen hammerartigen Stössen, durch die so verderbliche Einflüsse auf die Achsen der achträdrigen Wagen mit Drehgestell ausgeübt werden. Es brechen diese deshalb, wie die Statistik bekanntlich ausweist, fast im Verhältniss von 3 : 1 häufiger, als die unter vier- und sechsrädrigen Fuhrwerken. Die Construction ist noch zu jung, um in dieser Beziehung Erfahrungssätze liefern zu können. Dieselben dürften indess über kurz oder lang ähnliche Erscheinungen ausweisen.

Wirkliche Vortheile der Fairlie-Maschinen.

Was nun die erste der obigen Einwendungen gegen mein Maschinensystem anbelangt, so habe ich zu bemerken, dass die Reparatur-Oekonomie desselben, in Vergleich zu gewöhnlichen Maschinen gleicher Energie, eine grössere ist, und zwar aus folgenden Gründen:

Wenn einerseits zugegeben wird, dass die Maschinen die gute Eigenschaft haben, leicht und ohne grossen Widerstand durch Curven von kleinem Radius zu gehen, so ist andererseits mit diesem Vortheil der logische Schluss vereinbar, dass die Abnützung der Radreifen ebenfalls gering ist. Das wichtigste und entscheidende Moment für die geringere Reparaturbedürftigkeit meiner Maschinen ist aber der äusserst ruhige Gang derselben, verbunden mit der geringeren, ganz gleichmässig vertheilten Belastung der Maschinenräder.

In Vergleich zu gewöhnlichen Maschinen gleicher

Energie ist meine Doppel-Locomotive leichter, weil der Tender wegfällt; also wird auch der Reparaturbedarf verkleinert. Die Fairlie-Maschine ist aber auch leichter in Vergleich zu zwei gekuppelten Tender-Maschinen von zusammen der gleichen Leistungsfähigkeit wie die erstere.

Durch die Anordnung der Fairlie-Maschine ist eine kürzere Reparaturstandszeit bedingt. Jedes der beiden Drehgestelle (bogies) kann nämlich mit grosser Leichtigkeit sofort entfernt und ersetzt werden, so dass es in vielen Fällen nicht einmal nöthig ist, vorerst den Kessel vom Dampf zu entleeren. Der grosse Kessel erfordert ebenfalls kleinere Reparaturkosten als zwei Kessel von derselben Verdampfungs-Fähigkeit.

Die zweite Einwendung des Freiherrn von Weber, dass meine Maschine bei Ausgleisungen zerbrechlicher sei, als andere Maschinen, ist durch die Erfahrung bereits zurückgewiesen worden. Folgender Auszug aus einem an den Verfasser gerichteten Schreiben des Herrn Edmund Wragge, Ober-Ingenieur der canada'schen Schmalbahnen beweist dies zur Genüge:

„Die Fairlie-Maschine der Toronto- und Nippissing-„Bahn ist in Bezug auf Solidität auf eine äusserst harte „Probe gestellt worden: durch eine Nachlässigkeit des „Bahnpersonals wurde eine Schiene von einer Brücke ent-„fernt, ohne dass die Signal-Flagge in gehöriger Distanz „aufgesteckt gewesen wäre. Die Folge davon war, dass „der herannahende Zug entgleiste; die Maschine brach „durch die Brücke und stürzte durch eine Höhe von circa „12 Fuss auf die Seite, während sich der grösste Theil „des Zuges über der Maschine aufhäufte. Der Schaden, „den die Maschine bei diesem Unfall erlitt, bestand darin, „dass die Bedachung des Führerstandes zu Atomen zer-„schmettert wurde; die Wasserkast[illegible] [illegible]urch die

„Brücken-Balken stark beschädigt, und die Geradführungen „durch das Gewicht der Wagen verbogen. Keines der-„jenigen Organe dagegen, welche bei Ihrer Maschine in „der Regel als zerbrechlich bezeichnet werden, erlitt dabei „den geringsten Schaden; die Dampfzuleitungen waren „nach dem Unfall ebenso dicht wie zuvor; die mittleren „und radialen Führungen der Drehgestelle, sowie alle „anderen Bestandtheile der Maschine blieben gänzlich un-„versehrt."

Die dritte Hypothese, welche Freiherr von Weber aufstellt, beruht auf keiner solideren Basis als die zwei vorhergehenden. Es ist vielmehr anzunehmen, dass vermöge des grossen Gesammt-Radstandes die Standfähigkeit meiner Maschine bei Ausgleisungen eine viel grössere ist, als diejenige von Maschinen gewöhnlicher Construction.

Der vierte Einwand gegen meine Maschine bezieht sich auf deren Gang in der geraden Linie bei gewisser Fahrschnelligkeit.

Die Erfahrung hat nun zu wiederholten Malen constatirt, dass meine Maschinen selbst bei sehr grossen Geschwindigkeiten ihren ungemein ruhigen Gang beibehalten, und dass bei Passage von Kreuzungen die Erschütterungen so gering sind, dass sie von den Leuten welche die Fairlie-Maschinen bedienen, nicht einmal wahrgenommen werden.

Eine elementarische Betrachtung über die Standfähigkeit oder Stabilität der Körper im Allgemeinen wird diese gute Eigenschaft meiner Locomotiven hinlänglich begründen:

Bei meiner Maschine bildet der grosse Doppelkessel mit seinem Tragrahmen und den daran befestigten Wasser- und Kohlengefässen die Hauptmasse oder den getragenen Körper. Die zwei Drehgestelle bilden die Unterstützungs-

punkte der Schwerlinie dieses Körpers, oder dessen Grundfläche. Da nun die Standfähigkeit eines Körpers mit der Grundfläche zunimmt, so liegt es auf der Hand, dass eine Störung des stabilen oder sicheren Gleichgewichts meiner Maschine selbst bei den grössten Geschwindigkeiten nicht eintreten kann. Die Schwankungen der beiden Drehgestelle — welche überdiess möglichst leicht construirt sind — können den ruhigen Lauf der Maschine keineswegs beeinträchtigen; mit andern Worten, die Maschine kann nicht „galoppiren" wie es eine gewöhnliche Locomotive bei gewisser Fahrschnelligkeit thun wird.

Der fünfte und letzte Einwand des Freiherrn von Weber ist durch die vorstehenden Erörterungen als beantwortet zu betrachten. Ich muss hier indessen bemerken dass die eigenthümliche Anschauungsweise, welcher dieser Paragraph Raum gibt, um so mehr frappiren muss, da sie von derselben Feder herrührt, welche die gediegenen Beobachtungen über die Stabilität des Gefüges der Eisenbahn-Gleise niedergeschrieben hat.

Noch mehr als dies. Gerade weil die Achsen meiner Maschinen weniger Stössen ausgesetzt sind als diejenigen gewöhnlicher Maschinen, so mache ich die ersteren bedeutend leichter. Bei den Livny-Maschinen beträgt der Durchmessser der Achsenschafte in der Mitte 110 Millimeter; dennoch haben diese Maschinen nun während dreier Winter in einem der rauhesten Klimate gearbeitet, ohne dass eine Achse gebrochen wäre. Die Achsen der Toronto-Maschinen — welche nun ebenfalls einen nordischen Winter passirt haben — sind blos 108 Millimeter im Durchmesser, während meine schwersten Maschinen für Breitspurbahnen Achsen von 133 Millimeter haben. Die Durchmesser der geraden Achsenschafte gewöhnlicher Maschinen variiren dagegen zwischen 150 und 160 Millimeter.

Die Schlussfolgerungen des Freiherrn von Weber betreffend die Anwendung meiner Locomotiven auf Schmalspurbahnen lauten wie folgt:

Das Fairlie-Locomotivsystem auf Schmalspurbahnen nach Herrn von Weber.

12. Das Fairlie-Locomotivsystem führt kein weiteres neues Moment ins Leben, durch das der Betrieb der Schmalspurbahnen vortheilhafter gestaltet werden könnte, als das verhältnissmässig wenig belangreiche, dass es gestattet, Kessel von grösseren Dimensionen und daher etwas besseren Brennmaterial-Nutzeffect und einer vortheilhaften Personal-Oekonomie, auf Schmalspurbahnen zu verwenden, als dies bei Benutzung anderer Locomotivsysteme auf Curven von gleichem Radius und auf einer gleichen Spur- und Radstandsbasis thunlich ist.

Es frägt sich aber, ob diese unbestreitbaren Vortheile nicht reichlich wieder durch die mindere Reparatur-Oekonomie dieses Maschinensystems, dessen Unsicherheit bei Ausgleisungen und durch den Umstand aufgewogen werden, dass es überhaupt noch ungewiss, ob die Betriebs-Oekonomie der meisten Schmalspurbahnen nicht eine bedeutende Theilung der Arbeit und die Anwendung mehrerer kleiner Maschinen, der einiger wenigen grösseren vorzuziehen anräth, wobei jene Form der Maschinenkraft sich dem jeweiligen Bedürfniss besser anpassen lässt, als diese, deren Leistungsfähigkeit beim Rangiren, Sammeln der Wagen von Zweigbahnen etc., kurz all der Arbeiten, die auf Secundärlinien einen Haupttheil des Gesammtgeschäfts der Maschinen bilden, keine Ausnutzung finden kann.

Die Anwendung des Fairlie-Systems wird sich daher nur in jenen Fällen unbedingt empfehlen, wo es gilt, auf einer Bahn mit ungünstigen Steigungs- und Krümmungs-Verhältnissen einen Verkehr zu bewältigen, dessen Natur den Transport in wenigen, aber möglichst grossen Zügen vortheilhaft erscheinen lässt und wenig Nebenleistungen der Locomotiven erfordert.

Verkehre dieser Art werden immer solche sein, die aus sehr wenig Gattungen von Transport-Gegenständen sich zusammensetzen, wenig Nebenzuflüsse von Zweigbahnen haben und überhaupt, ihrem ganzen Wesen nach, nicht complicirt sind.

Diese Bedingungen finden sich aber selten bei Secundärbahnen zusammen, die sowohl Personen- als Güterdienst haben.

Bedeutung und Anwendung des Fairlie-Systems.

Das neue sehr belangreiche Moment, welches das Fairlie-Locomotivsystem ins Leben führt, besteht nun — um mich kurz zu fassen — darin:

Dass es gestattet, auf einer Bahn von nur 0.6 Meter

Spurweite, wie die Festiniogbahn, einen 2.5 Mal grösseren Verkehr zu bewältigen als das gewöhnliche Locomotivsystem.

Dass es gestattet, eine solche „Zu Schmal-Spur“ nöthigenfalls mit Geschwindigkeiten zu befahren, welche denen auf Breitspurbahnen gleichkommen. (Vide „Engineering“ vom 27. Dec. 1872: versuchsweise Geschwindigkeit der Fairlie-Maschine „James Spooner“ 42 englische Meilen pro Zeitstunde = 68 Kilometer.)

Dass es gestattet, auf einer Spur von z. B. 1 Meter die gleichen Verkehrsmassen mit gleicher Geschwindigkeit wie auf normalspurigen Hauptbahnen zu transportiren.

Die Fairlie-Maschine im Speciellen und die Schmalspurbahnen im Allgemeinen sind jüngsthin ebenfalls in einer Flugschrift behandelt worden, welche den Titel trägt: „Normal- und Zu Schmal-Spur und die Fairlie-Locomotive“ von J. Beyer, Ober-Ingenieur der Ung. Centralbahn. In der Einleitung dieser Flugschrift wird uns folgendes mitgetheilt: „Zur Erörterung dieser Frage wäre „allerdings wenigstens ein kleiner Theil der Gediegenheit „zweier Werke der Neuzeit ‚Stabilität des Gefüges der „Eisenbahn-Geleise und Tunnelbaukunst‘ wünschenswerth, „welche wohl ohne Widerspruch als hervorragend anerkannt „sind, aber hierzu fehlt dem Verfasser dieses nicht nur „die Zeit, sondern auch das entsprechende Aequivalent etc.“ Die Flugsch des Herrn O Ingenieur J. Beyer.

Nachdem Hr. J. Beyer damit von vorneherein seine aphoristischen Mittheilungen entschuldigt, enthalte ich mich hier einer kritischen Beleuchtung derselben; um so mehr, da ich hoffen darf, mit vorstehender Arbeit einen grossen Theil der Bedenken des Herrn Beyer modificirt zu haben.

Was nun die Bedeutung der Schmalspurbahnen im Allgemeinen anbelangt, so ist meine, im Verlaufe dieser Bedeutung Schmalspurbahnen im A meinen.

Schrift geäusserte und durch meine Praxis begründete Anschauungsweise von derjenigen des Freiherrn von Weber eine so verschiedene, dass wohl kaum eine vergleichende Parallele zwischen den Endresultaten unserer gegenseitigen Erörterungen gezogen werden kann.

Ueber die beim Baue schmalspuriger Eisenbahnen in Aussicht stehenden Ersparnisse, wenn zur Verbindung zweier Punkte schmalspurig anstatt breitspurig gebaut wird, können durchaus keine Zweifel bestehen, obschon die Grösse der dadurch erzielten Ersparniss-Procente sehr verschiedenartig angegeben wird. Nach Freiherr von Weber verhalten sich die Herstellungskosten von Linien ähnlicher Bau- und Ausrüstungs-Verhältnisse und gleicher Verkehrsnatur in Praxi ungefähr wie die Spurweiten derselben, wobei diese Abnahme sich indessen nicht in gleichen Verhältnissen auf sehr schmale Spuren erstrecken soll.

Der einzige Einwurf, den zuweilen selbst entschiedene Freunde der Schmalspurbahn diesem System machen, betrifft die Construction der Betriebsmittel.

Dieser Einwurf hat seine Berechtigung, wenn — ich wiederhole es aufs Neue — die Fahrbetriebsmittel nach dem orthodoxen Typus verkleinert werden; denn eine solche Verkleinerung, auf Basis der Constructionsverhältnisse der breitspurigen Fuhrwerke, muss nothwendigerweise eine Verminderung der absoluten Leistungsfähigkeit der Schienenverbindung zur Folge haben.

Rationelle Construction der Betriebsmittel für Schmalspurbahnen.

Obiger Einwurf wird aber mit Unrecht gemacht, wenn zur Durchführung der Construction der Locomotiven und Wagen für Schmalspurbahnen vielfach andere Gesichtspunkte als bisher massgebend werden.

Ich habe im Verlaufe dieser Schrift wiederholt darauf hingewiesen, dass die Anwendung von Doppel-Locomotiven mit Drehgestellen das Problem der Schmalspurbahnen auf

eine neue und äusserst günstige Grundlage stellt. Im Betreff der Wagen ist es mir ebenfalls gelungen, ein günstiges Verhältniss der sogenannten todten Last zur Nutzlast zu etabliren.

Die Dunedin- und Port Chalmers-Eisenbahn in Neuseeland, welche mit einer Spurweite von 1.067 Meter angelegt ist, wird ganz mit Locomotiven und Wagen nach meinen Constructionsprincipien betrieben. (Eine der Locomotiven, welche diese Schmalbahn bedient, ist auf dem Titelblatt abgebildet.)

Die Dunedin- und Port Chalmers-Eisenbahn in Neuseeland.

Die Personenwagen sind in 3 Coupées abgetheilt und haben ein Eigengewicht von 72 Centner, sie tragen für kürzere Touren 8 Passagiere I. und 20 Passagiere II. Classe, und für grössere Distanzen 6 Passagiere I. und 16 Passagiere II. Classe. Es ist hieraus ersichtlich, dass das Wagengewicht pro Passagier, beziehungsweise 2.57 Centner und 3.27 Centner beträgt. Die Wagen accommodiren im letzteren Falle nach jeder Richtung hin ebenso günstig wie die best-eingerichteten Normalspurwagen.

Die Güterwagen der Dunedin- und Port Chalmers-Eisenbahn weisen folgende Verhältnisse auf:

Gattung der Wagen.	Gewicht	Tragfähigkeit	Verhältnisszahl
	Ctr.	Ctr.	
Bedeckte Wagen	55	140	1 : 2.54
Offene „	47	140	1 : 3
Gepäckwagen mit Bremse.	61	—	—

Aehnliche günstige Proportionen des Betriebsmaterials sind bis jetzt noch auf keinem Bahnsystem — mit alleiniger Ausnahme der Festiniogbahn — erreicht worden.

Die soeben angegebenen Daten bezeichnen allerdings die theoretische Leistungsfähigkeit meiner Fuhrwerke; in

Praxi gelten aber auch hier die vortrefflichen Worte des Herrn Amédée Demarteau:

Vortreffliches Urtheil des Herrn Amédée Demarteau.

„Man darf nicht übersehen, dass bei den schmal-„spurigen Bahnen das Verhältniss der Nutzlast zur todten „Last, sobald es sich um ganze Züge handelt, viel gün-„stiger ist als bei den breitspurigen. — Bei den Schmal-„bahnen kann der Fassungsraum der Fahrbetriebsmittel „besser ausgenützt werden, als bei den breitspurigen „Schienenstrassen, weil die auf den Ersteren verkehrenden „Personen- und Lastwagen, vermöge ihres geringeren „Fassungsraumes viel rascher bis zur Grenze ihrer vollen „Tragfähigkeit belastet, und die Locomotiven bei einer „verhältnissmässig geringeren Wagenzahl leichter bis zur „Grenze ihrer Zugkraft in Anspruch genommen werden „können.

„Bedenkt man ferner, dass man unter diesen Verhält-„nissen mit seltenen Ausnahmen mit vollen Wagenladungen „fährt, und dass der auf den schmalspurigen Bahnen sich „bewegende Fahrpark um 15 bis 20 Procent im Gewichte „leichter sein kann als jener, welcher auf den breitspurigen „Bahnen verkehrt, so kann unmöglich bezweifelt werden, „dass, unter übrigen gleichen Niveau-Verhältnissen der „befahrenen Schienenstrassen und bei gleicher Kraft des „Motors, eine Locomotive des neuen Systems, wenn nicht „mehr, mindestens ebensoviel Nutzlast, — das heisst „zahlende Last, — auf einer schmalspurigen, einen „Meter breiten Bahn schleppen kann, als auf einer breit-„spurigen mit Locomotiven des alten Systems befahrenen „Bahn.

„Das Ziel, nach welchem der Eisenbahn-Ingenieur und „der Eisenbahn-Betriebsmann unablässig streben sollen, „lässt sich kurz wie folgt kennzeichnen:

„Vermehrung der zahlenden Last unter gleich-

„zeitiger Verminderung der nicht zahlenden, zur „Weiterschaffung der Ersteren erforderlichen „Last, und volle Ausnutzung der Zugkraft bei sehr „ungünstigen Richtungs- und Steigungsverhält- „nissen der befahrenen Bahn.

Schlussbemerkung

Zu diesen allgemeinen Bemerkungen zu der Schrift des Freiherrn von Weber hätte ich noch Manches hinzuzufügen; ich habe hier speciell nur die Frage des Betriebsmaterials ins Auge gefasst, als ein Hauptmoment, von dessen Vervollkommnung die Tragweite des Schmalspurbahn-Systems in erster Linie abhängt. Die bis jetzt in dieser Richtung gemachten Versuche und Erfahrungen weisen deutlich aus, dass der Wirkungskreis der Schmalspur nicht allein auf jene Gegenden beschränkt ist, wo möglichste Abminderung der Anlage- und Betriebskosten einer Bahn deren Existenz bedingen, oder wo blos isolirte Verkehre einfacher Natur zu bewältigen sind. Es steht vielmehr ausser Zweifel, dass — bei einer rationellen Betriebseinrichtung — die Leistung einer schmalspurigen Schienenstrasse in keiner Beziehung hinter derjenigen einer Normalspurbahn zurückbleiben wird.

Von diesem Standpunkte ausgehend wird die Fortentwickelung der Schmalspurbahnen von schönen Erfolgen begleitet sein. Die Zukunft wird der Schmalspur um so rascher und sicherer gehören, wenn Schule und Empirie im innigeren Zusammenhange die Bahn des Fortschrittes verfolgen — wenn die Federzüge der Theorie mit den Hammerschlägen der Praxis Hand in Hand gehen. Eine solche Verständigung darf gehofft werden, wenn die freie Forschung der Ersteren nicht — wie es zuweilen geschieht — in eine Art von Sucht ausartet, Alles in Frage zu stellen, Alles zu negiren, Allem zu widersprechen — eine Erscheinung, welche Goethe also gezeichnet hat:

Daran erkenn' ich den gelehrten Herrn!
Was ihr nicht tastet, steht euch meilenfern;
Was ihr nicht fasst, das fehlt euch ganz und gar;
Was ihr nicht rechnet, glaubt ihr, sei nicht wahr;
Was ihr nicht wägt, hat für euch kein Gewicht;
Was ihr nicht münzt, das, meint ihr, gelte nicht.

III.

Graphische Darstellung
der
Ausnützung des Betriebsmaterials auf Eisenbahnen von verschiedener Spurweite.

In den nachstehenden Tabellen ist ein Versuch gemacht worden, das Verhältniss der nicht zahlenden Last zur zahlenden sowie die Fassungs- und Cubikräume der Personen- und Lastwagen auf graphische Weise darzustellen. Erklärung der drei Tabellen.

Zu diesem Zwecke sind sieben Spurweiten von verschiedenen Belastungsverhältnissen gewählt worden, wovon die zwei ersteren mit Fairlie-Fahrzeugen befahren werden; die fünf anderen Spurweiten beziehen sich auf Bahnen und deren Belastungsverhältnisse in Norwegen, Frankreich, England, Indien und Amerika.

Selbstverständlich können derartige Zusammenstellungen blos approximative Resultate ergeben; bei jeder der angegebenen Spurweiten sind indessen dieselben Bedingungen vorausgesetzt, so dass eine solche Vergleichung schliesslich positive Thatsachen gewähren muss. Approximative Resultate der Zusammenstellungen unter denselben Bedingungen

Als Vergleichungsmodus habe ich die Verkehrs-Ergebnisse der französischen Hauptbahnen angenommen, einerseits weil die statistische Uebersicht di Vergleichungsmodus auf die

an Vollständigkeit wenig zu wünschen übrig lässt; andererseits weil die französische Betriebspraxis dem ökonomischen Betriebe von Breitspurbahnen am meisten Rechnung trägt. Hätte ich dagegen den kostspieligeren Betriebsorganismus der englischen und amerikanischen Breitspurbahnen als Vergleichungsmaass der Belastungsverhältnisse gewählt, so hätten sich für die Schmalspurbahnen noch erheblich günstigere Resultate ergeben.

Die Geschwindigkeits-Verhältnisse sind gleich für alle Spurweiten.

Die Geschwindigkeits-Verhältnisse sind für sämmtliche Spurweiten dieselben, indem es möglich ist die 0.915 Meter weite Spur mit einer den Breitspurbahnen identischen durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit zu betreiben. Das Gewicht der Locomotive ist in den nachstehenden Zusammenstellungen nirgends mit eingerechnet.

Darstellung der Tabelle I.

Fig. 1 Tabelle I zeigt die Grösse der Fassungsräume, Cubikräume, todten und Nutzlasten der Personenwagen auf den verschiedenen Spurweiten. Zur Vereinfachung der Darstellung bezeichnen die Linien blos Mittelwerthe, welche sich aus einer Vergleichung aller drei Wagen-Classen ergaben. Auf amerikanischen Bahnen findet sich gewöhnlich nur eine Wagen-Classe vor. Im Uebrigen sind die Diagramme so verständlich und selbstredend, dass nur wenig zu bemerken übrig bleibt.

Das Eigengewicht der Personenwagen — durch die vierte Linie dargestellt — ist eine so genaue Annäherung der wirklichen Verhältnisse, als die Verschiedenheit der verwendeten Wagen-Typen überhaupt gestattete. Die Belastungs- und Gewichtsverhältnisse der zwei ersten Schmalspurbahnen sind solche, wie ich in Praxi mit meinen Fahrzeugen erhalten habe.

Durchschnittlicher Fassungsraum der Personenwagen.

Bei den Breitspurbahnen sind 24 Passagiere in I. Classe, 40 in II. Classe und 50 in III. Classe vorausgesetzt; es entspricht dies also einem durchschnittlichen Fassungsraum

äume, todte

verschiedene

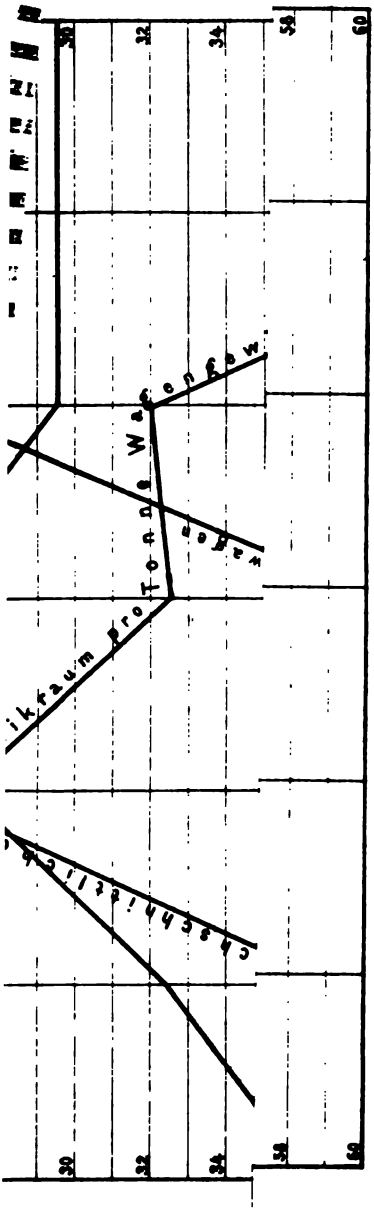
g. 1.

. . . . eine Division

. . . . "

. . . . "

ngewicht "



Spurweite von 0,915 Meter (Fairlie)

Spurweite von 1,067 Meter (Fairlie)

Spurweite von 1,067 Meter (Norwegen)

Spurweite von 1,435 Meter (Frankreich)

Spurweite von 1,435 Meter (England)

Spurweite von 1,676 Meter (Indi

Spurweite von 1,435 Meter (Amerik.

Proportio zwischen todten Gew und der be derten La

Cubikräu welche d Passagiere boten wer

an
and
öko
Rec
Betr
Brei
verh
bahn

Die Geschwindigkeits-Verhältnisse sind gleich für alle Spurweiten.

Spur
weit
durc
Gew
stell

Darstellung der Tabelle I.

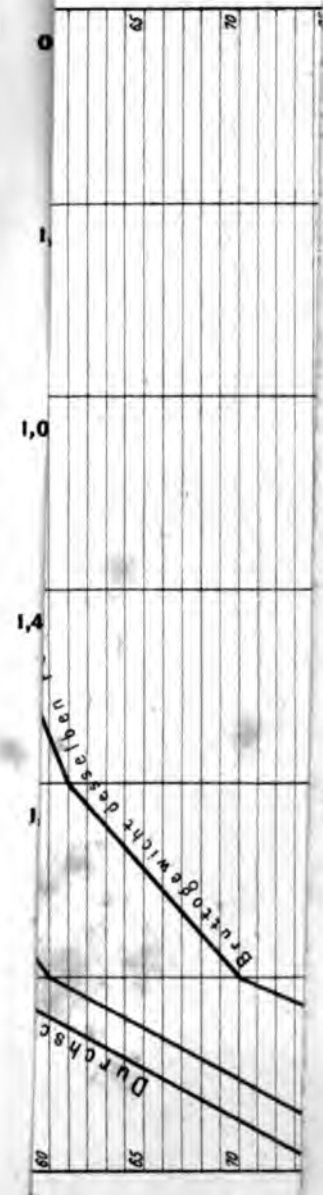
Cubil
auf d
Darst
sich
ergab
lich
Diagr
wenig
I
vierte
der v
verwe
Belast
Schma
Fahrz

Durchschnittlicher Fassungsraum der Personenwagen.

I
40 in
entspr

r Wagengewich

nen von versc



Die Geschwindigkeits-Verhältnisse sind gleich für alle Spurweiten.

Darstellung der Tabelle I.

Durchschnittlicher Fassungsraum der Personenwagen.

von 38 Sitzplätzen pro Personenwagen, während bei den Schmalspurbahnen im Durchschnitt nur 26 Plätze vorhanden sind. Dieses Verhältniss ist durch die Linie „Anzahl Sitzplätze pro Personenwagen“ angegeben. Mit dieser Linie correspondirend findet man in der Tabelle „Anzahl der besetzten Plätze in Praxis pro Personenwagen“, welche zu 25 Procent der vollen Tragfähigkeit angenommen ist.

Proportion zwischen dem todten Gewichte und der beförderten Last.

Eine Vergleichung der beiden neben einander stehenden Linien, welche beziehungsweise die Anzahl der besetzten Plätze und das Taragewicht eines Personenwagens bezeichnen, zeigt, dass die Proportion zwischen dem todten Gewichte der Fuhrwerke und der wirklich beförderten Last bei Verengerung der Spurweite bedeutend günstiger ist. Eine noch bessere Illustration dieses Verhältnisses bildet die Linie „Todte Last in Praxis pro Tonne Passagiergewicht.“ Nach dieser Linie ist die bezügliche Verhältnisszahl bei den amerikanischen Wagen 16 : 1, bei den englischen 12 : 1, bei den französischen 10.5 : 1, bei den Wagen von 1.067 Meter Spurweite 8.6 : 1, und bei den Fairlie-Wagen von 0.915 Meter Spurweite 7.75 : 1.

Cubikräume, welche den Passagieren geboten werden.

Im Betreff der Cubikräume die den Passagieren in den Wagen der verschiedenen Spurweiten geboten werden, gestaltet sich die amerikanische Construction am günstigsten, wie dies die Linie „Durchschnittlicher Cubikraum pro Passagier“ veranschaulicht. Zieht man aber damit die Linie „Cubikraum pro Tonne Wagengewicht“ in Vergleichung, so geht hervor, dass diese Raumverhältnisse ein verhältnissmässig sehr grosses todtes Gewicht erfordern. Diese Nebeneinanderstellung zeigt in der That, dass bei den amerikanischen Wagen pro Tonne Wagengewicht nur circa 180 Cubikfuss (36 × 5) Raum entfallen, bei den Fairlie-Wagen der Schmalspur dagegen 215 Cubikfuss.

Darstellung der Tabelle II.

Fig. 2 Tabelle II gibt eine Zusammenstellung der Ausnutzung der Wagengewichte eines Personenzuges auf verschiedenen Spurweiten.

Durchschnittliche Anzahl der besetzten Sitzplätze eines Personenzuges.

Bei dieser Darstellung ist für jeden Personenzug auf den verschiedenen Bahnen eine durchschnittliche Anzahl von 60 Passagieren angenommen, welchen ein Gewicht von 4 Tonnen entspricht, wobei — wie in Fig. 1 Tabelle I — die wirklich besetzten Plätze 25 Procent der vollen Tragfähigkeit der Wagen ausmachen. Dasselbe Verhältniss ist für die leeren Parcours angesetzt worden, d. h. es werden 25 Procent der verkehrenden Waggons leer an die Ausgangs-Station zurückgesendet. Um also die totale todte Last des Zuges einschliesslich der leeren Parcours zu erhalten, sind die Wagengewichte um 25 Procent zu vermehren.

Das Eigengewicht der Locomotive ist — wie gesagt — nicht mit in Berücksichtigung genommen werden. Bei Vermehrung der todten Zugslast muss das erforderliche Maschinengewicht ebenfalls entsprechend vermehrt werden; also würden sich mit Einschluss der Maschine die Belastungsverhältnisse der Schmalspurbahnen noch vortheilhafter gestalten, als die Tabelle anzeigt.

Als Vervollständigung dieser bildlichen Darstellung mag die folgende vergleichende Zusammenstellung dienen, wobei vorausgesetzt wurde, dass die Wagen bis zur Grenze ihrer vollen Tragfähigkeit belastet sind.

Vergleichende Zusammenstellung

über die Anzahl und das Gewicht der Wagen, welche auf verschiedenen Spurweiten erforderlich sind um 1 bis 100 Passagiere I. und II. Classe zu transportiren.

Wagen-Classe.	Anzahl der Passagiere.	0.915 Meter. (Fairlie.)		1.067 Meter. (Fairlie.)		1.067 Meter. (Norwegen.)		1.435 Meter. (Frankreich.)		1.435 Meter. (England.)		1.676 Meter. (Indien.)		1.435 Meter. (Amerika.)	
		Anzahl der Wagen.	Gewicht der Wagen.	Anzahl der Wagen.	Gewicht der Wagen.	Anzahl der Wagen.	Gewicht der Wagen.	Anzahl der Wagen.	Gewicht der Wagen.	Anzahl der Wagen.	Gewicht der Wagen.	Anzahl der Wagen.	Gewicht der Wagen.	Anzahl der Wagen.	Gewicht der Wagen.
			Ctr.		Ctr.		Ctr.		Ctr.		Ctr.		Ctr.		Ctr.
I. Classe.	1 — 18	1	65	1	70	1	92	1	120	1	140	1	160	1	300
„	19 — 24	2	130	2	140	2	184	1	120	1	140	1	160	1	300
„	25 — 36	2	130	2	140	2	184	2	240	2	280	2	320	1	300
„	37 — 48	3	195	3	210	3	276	2	240	2	280	2	320	1	300
„	49 — 54	3	195	3	210	3	276	3	360	3	420	3	480	1	300
„	55 — 72	4	260	4	280	4	368	3	360	3	420	3	480	2	600
„	73 — 90	5	325	5	350	5	460	4	480	4	560	4	640	2	600
„	91 — 96	6	390	6	420	6	552	4	480	4	560	4	640	2	600
„	97 — 100	6	390	6	420	6	552	5	600	5	700	5	800	2	600
II. Classe.	1 — 30	1	65	1	70	1	92	1	120	1	140	1	160	1	300
„	31 — 40	2	130	2	140	2	184	1	120	1	140	1	160	1	300
„	41 — 60	2	130	2	140	2	184	2	240	2	280	2	320	2	600
„	61 — 80	3	195	3	210	3	276	2	240	2	280	2	320	2	600
„	81 — 90	3	195	3	210	3	276	3	360	3	420	3	480	2	600
„	91 — 100	4	260	4	280	4	368	3	360	3	420	3	480	2	600

Darstellung der Tabelle III.

Fig. 3 und 4 der Tabelle III geben eine graphische Darstellung über das Eigengewicht, Belastungsfähigkeit und Ausnutzung der Güterwagen, sowie über das Verhältniss der todten Last zur Nutzlast bei einem durchschnittlichen Güterzuge unter den Belastungsverhältnissen der verschiedenen Spurweiten.

Durchschnittliche Nutzlasten der Lastwagen.

Die durchschnittlichen Nutzlasten, d. h. die Belastung in Praxi pro Tonne todtes Gewicht, welche Fig. 3 darstellt, wird in England und Amerika selten erreicht; dasselbe gilt von der durchschnittlichen Nutzlast eines Güterzuges, welche in Fig. 4 zu 127 Tonnen angenommen ist. In England überschreitet die wirkliche Belastung eines Güterzuges wol kaum 50 Tonnen, so dass das Verhältniss der nicht zahlenden Last zur zahlenden ungünstiger ist — und zwar um so ungünstiger, je weiter die Spurweite — als durch das Diagramm angedeutet ist.

Entscheidendster Einfluss auf die Proportion zwischen dem todten Gewichte und der Nutzlast.

Der Umstand aber, dass die kleineren Personen- und Lastwagen viel rascher bis zur Grenze ihrer vollen Tragfähigkeit belastet werden können, übt den entscheidendsten Einfluss auf die Proportion zwischen dem todten Gewichte und der Nutzlast aus, und wie die vorstehenden Tabellen zur Evidenz ausweisen ist dieses Verhältniss im Allgemeinen auf Schmalspurbahnen viel vortheilhafter als auf breitspurigen Eisenbahnen.

---

t

r

o

Bau-

.)

1

cil in
Liefe-
tions-

1,

rund-
arten
erden

1,

Fahr-
sach-

rantie
tadel-
n ihr

2

Die Fairlie-Maschinen- und Wagen-Bau-Gesellschaft.

(The Fairlie Engine and Rolling Stock Company.)

Der Zweck der Gesellschaft — welche ihr Domicil in London laut untenstehender Adresse hat — ist die Lieferung von Eisenbahn-Betriebsmaterial nach den Constructionsprincipien des Herrn R. F. Fairlie.

Allgemeine Bestimmungen.

§. 1.

Sämmtliche Pläne und Zeichnungen, welche die Grundlage für die Ausführung der, nach einem vereinbarten Programme bestimmten Fahrbetriebsmittel bilden, werden von der Gesellschaft besorgt.

§. 2.

Die Gesellschaft lässt den Bau sämmtlicher Fahrbetriebsmittel in den verschiedenen Fabriken durch sachverständige Techniker überwachen.

§. 3.

Die Gesellschaft übernimmt die unbedingte Garantie für die vollkommene Diensttüchtigkeit und die untadelhafte Beschaffenheit aller einzelnen Theile der von ihr gelieferten Locomotiven und Wagen.

§ 4

Zahlungsbedingungen, Zahlungsfristen und Garantiezeit werden zwischen den Kommanditisten und der Gesellschaft durch spezielle Vereinbarungen geregelt.

§ 5

Die Entschädigung, welche die Gesellschaft für ihre Interessen im Sinne der obigen Gemeinschaftsbestimmungen beansprucht, beträgt in der Regel 5% Provision von dem Fabrikpreise der Lieferung.

Die ausgedehnten Beziehungen der Gesellschaft mit den vorzüglichsten Etablissements des In- und Auslandes sind eine Gewährleistung dafür, daß einerseits günstige Lieferungsbedingungen zu erhalten sind und daß andererseits für die pünktliche Erledigung der Lieferungen gesorgt werden kann. Aus den besten Gründen empfiehlt sich die Tätigkeit der Farbe-Maschinen- und Wagenbau-Gesellschaft bei den Eisenbahn-Verwaltungen auf das vorteilhafteste.

Fabrik-Adresse:
Farbe-Maschinen-Fabrik
Leipzig-S.

Druck von Hermann Hoffmann in Leipzig