

chemin du Nord? Nous ne le croyons pas. Quand on calcule le nombre considérable de convois qui circulent sur ces grandes voies de communication, et quand on songe qu'il y a des heures de départ, pour ainsi dire forcées pour certains convois, marchant sur des lignes différentes, on reconnaît qu'il eût été impossible de faire convenablement le service du chemin de Lyon et du chemin d'Orléans, du chemin du Nord et du chemin de Strasbourg sur les mêmes rails et sur les mêmes trottoirs. De là, la nécessité d'établir des voies, des trottoirs, des salles d'attente même distinctes, desservies par un personnel spécial. La gare commune ne serait devenue alors que la réunion de deux gares contiguës et aurait perdu la majeure partie de ses avantages. Elle n'aurait conservé que celui de faciliter le passage des voyageurs et des marchandises d'un chemin sur l'autre sans transbordement ; mais on évite également ce transbordement en réunissant les gares distinctes par un chemin de jonction, comme on l'a fait pour les chemins qui aboutissent à Paris.

*Nous ne saurions donc conseiller la communauté des gares que pour des chemins de fer où la circulation n'a pas l'extrême activité qu'elle a prise sur nos grandes lignes.*

**Pentes et rayons de courbure.** — Si l'économie est de rigueur dans la construction des voies de communication toutes les fois qu'elle n'en compromet pas l'avenir, elle serait au contraire fort blâmable, lorsque, pour un intérêt du moment, elle exposerait à un préjudice grave dans les temps futurs.

Ainsi, en Angleterre, on a commis une grande faute dont on supporte aujourd'hui toutes les conséquences, lorsque, sans se préoccuper de l'accroissement du commerce, on a ouvert, il y a une cinquantaine d'années, les canaux dans les dimensions insuffisantes de la petite section.

On ferait une faute semblable si on calculait les pentes et les rayons de courbure des chemins de fer dans la seule pensée d'établir l'équilibre entre les dépenses et les produits.

Les lignes du premier ordre, étant appelées, sans aucun doute, à provoquer d'immenses développements dans l'industrie et le trafic, doivent être établies avec un certain luxe. Si l'on peut, dans quelques années, remplacer un tronc commun par une voie spéciale,

il n'est pas également possible de substituer à des pentes trop fortes des pentes plus faibles, ou, du moins, ce n'est possible que dans certains cas particuliers. *Il faut donc, dès à présent, dans le tracé des lignes principales, se résigner à quelques sacrifices pour réduire l'inclinaison des rampes et pour agrandir le rayon des courbes.*

*Nous ne prétendons pas cependant imposer ici une règle absolue. Les sacrifices ont aussi leurs limites, et, avec des machines suffisamment puissantes, les fortes pentes, pourvu qu'elles ne dépassent pas un maximum que nous avons indiqué p. 72, n'exerceront pas sur les frais d'exploitation une influence à beaucoup près aussi grande que celle qu'on leur avait supposée dans l'origine.*

*On ne craint pas aujourd'hui de construire même des lignes de premier ordre avec des pentes que l'on avait considérées comme entièrement inadmissibles il y a quelques années.*

M. Teisserenc a publié sur l'influence des pentes un travail fort intéressant, d'où il résulterait, qu'au-dessous d'une certaine limite l'inclinaison des rampes, sur les lignes à grande vitesse consacrées au transport des voyageurs et des marchandises, n'augmenterait en aucune manière les frais d'exploitation, et que même elle semblerait les diminuer, puisque, en comparant la dépense de plusieurs chemins anglais, on trouve qu'elle est plus faible sur les chemins à forte pente que sur ceux à pente douce.

Le même auteur explique cette espèce de paradoxe en présentant une série de tableaux de la composition desquels il tire comme conséquence :

1° Que le poids des convois qu'il a fallu multiplier pour les besoins du commerce est presque toujours inférieur à celui que les locomotives remorquent sans grande difficulté sur les lignes à faibles pentes ; que, par conséquent, ces machines peuvent franchir aisément des pentes de 7, 8 et 9 millimètres.

2° Que, dans le cas des rampes plus fortes qui ne peuvent être gravies qu'au moyen d'un ralentissement de la marche, le temps perdu est économiquement retrouvé dans le passage sur la contrepente, dont la déclivité sert de moteur gratuit et permet d'atteindre une grande vitesse.

3° Que les cas d'affluence de voyageurs ou de marchandises né-

cessitant l'adjonction de machines de renfort sont aussi fréquents, si ce n'est plus, sur les chemins à faibles pentes que sur les autres.

4° Que, sur les chemins à fortes pentes, l'entretien de la voie coûte moins que sur ceux de niveau, parce que ceux-ci n'ont été amenés à ce point de perfection qu'au moyen de grands travaux de terrassements, remblais ou tranchées, constamment menacés par des éboulements ou des crevasses qui compromettent la sécurité des voyageurs et augmentent considérablement les frais d'entretien.

5° Enfin, que les dépenses supplémentaires des chemins à fortes pentes rendent obligatoire un système général d'économie qui agit si heureusement sur toutes les parties de leur administration, qu'avec des recettes brutes moins élevées ils arrivent à distribuer des dividendes plus forts.

Nous sommes bien d'accord avec M. Teisserenc en ce sens que nous pensons comme lui que l'accroissement des pentes, jusqu'aux limites qu'il indique et sur les grandes lignes où l'on transporte en même temps les voyageurs et les marchandises, n'a pas sur les frais d'exploitation une influence aussi sensible qu'on le croyait; mais nous ne saurions admettre en principe, comme il le fait, que cette influence est absolument nulle, et, bien moins encore, que la dépense diminue lorsque les pentes augmentent.

Et d'abord, remarquons que ce qui peut être vrai pour l'Angleterre ne l'est pas pour la France. Si, en Angleterre, les besoins du commerce ont obligé de multiplier les convois de voyageurs à tel point que la force des locomotives est plus que suffisante pour remonter sans ralentissement des pentes de 7, 8 et 9 millimètres, il n'en est pas de même en France.

Ainsi, d'après M. Teisserenc, la charge moyenne d'un convoi de voyageurs est :

Sur les chemins anglais, de . . . . .	55 tonnes.
Sur les chemins français, de . . . . .	75 »
Sur les chemins allemands, de . . . . .	100 »

Dira-t-on que, pour traîner les lourds convois, on emploiera de plus fortes machines? Ces machines seront plus lourdes, elles fati-

gueront davantage la voie et consommeront plus de combustible. L'accroissement de la dépense ne sera pas proportionnel à leur poids, mais il s'en faudra qu'il soit nul <sup>1</sup>.

Même observation si l'on se sert des machines à détente variable, généralement usitées aujourd'hui. Quand ces machines remorquent de lourds convois sur de fortes pentes, elles détendent peu et rentrent dès lors dans les conditions de marche des anciennes machines. Elles ne peuvent donc développer le travail nécessaire pendant un temps un peu considérable qu'à la condition d'être munies de chaudières très-grandes et par conséquent très-lourdes.

Ajoutons que si la charge des convois est variable, il vaut mieux employer des machines moins lourdes et y adjoindre des machines de renfort en cas de surcharge.

S'il faut se défier des théories qui ne s'appuient pas sur des faits, il faut également n'admettre qu'avec une grande réserve les conséquences que l'on prétend tirer de données statistiques toujours plus ou moins imparfaites et sujettes à des interprétations diverses. Les différents chemins que M. Teisserenc a cités dans ses tableaux ne sont pas dans les mêmes conditions, et il est probable que si on pouvait se procurer le compte détaillé de leurs frais d'exploitation et qu'on les comparât soigneusement, on parviendrait à expliquer, autrement qu'il l'a fait, l'anomalie qui paraît exister dans les frais de locomotion sur les chemins à faibles ou à fortes pentes. Nous ne nous livrerons pas cependant à des investigations qui nous présenteraient des difficultés probablement insurmontables.

Les données suivantes, fournies par la comptabilité des chemins de fer de Strasbourg et d'Orléans, nous conduiront d'une manière plus sûre à déterminer l'influence des pentes sur la dépense de traction <sup>2</sup>.

Sur le chemin de Strasbourg on rencontre, entre Bar-le-Duc et Commercy, deux rampes de 8 millimètres inclinées en sens contraire; la première, en partant de Paris, a 10,250 mètres de longueur, et l'autre 9,840 mètres.

<sup>1</sup> Voir la note sur les frais de traction du chemin de Reims, p. 104.

<sup>2</sup> Voir aussi les renseignements que nous donnons plus loin sur les frais d'exploitation du chemin de Turin à Gènes.

Les convois, lorsqu'ils sont trop lourds pour être remorqués au passage de ces rampes par une seule locomotive, sont aidés par des machines de renfort toujours allumées, les unes stationnant dans le dépôt de Bar-le-Duc, à 12 kilomètres du pied de la première, et les autres dans celui de Lérouville, placé au pied de la seconde. La dépense totale qu'entraîne l'usage de ces machines est de 140,000 fr.; le surcroît de dépense, pour l'entretien, la police et le renouvellement des voies, est d'environ 20,000 fr.<sup>4</sup> La dépense supplémentaire totale est donc de 160,000 fr.

Le nombre de kilomètres parcourus par les convois qui font usage de machines de renfort est d'environ 47,000 kilomètres sur chacune des rampes, soit, sur les deux rampes, 94,000 kilomètres. La dépense supplémentaire occasionnée par les plans inclinés est donc par kilomètre de 160,000 fr., divisés par 94,000, c'est-à-dire 1 fr. 70 cent.

Les frais de traction et d'entretien de la voie pour un convoi sur les pentes ordinaires maxima de 5 millimètres étant d'environ 1 fr. 20 cent. par kilomètre, ces mêmes frais se trouvent ainsi plus que doublés au passage des plans inclinés.

Toutefois, si la longueur des rampes était plus grande, les mêmes machines de renfort, pourvu que cette longueur ne dépassât pas certaines limites, suffiraient pour en faire le service.

Au chemin de Strasbourg, le dépôt de Lérouville ou un dépôt voisin à Commercy eût été nécessaire, lors même que les rampes n'eussent pas existé. On peut en dire autant du dépôt de Bar-le-Duc. Nous n'avons en conséquence compris, dans la dépense supplémentaire, ni l'intérêt du capital des dépôts, ni le traitement des chefs de dépôt.

Sur le chemin d'Orléans, au contraire, d'après M. Polonceau, ingénieur en chef du matériel de ce chemin, on a été forcé d'établir un dépôt spécial pour le service de la rampe d'Étampes; en sorte

<sup>4</sup> Les frais d'entretien et de police de la voie sur de faibles pentes étant de 2,500 fr. par kilomètre, nous avons supposé un accroissement de 20 pour 100, soit de 500 francs sur les rampes de 8 millimètres. A ces 500 francs il faut en ajouter autant pour augmentation des frais de renouvellement de matériel fixe, ce qui fait en tout 1,000 francs par kilomètre de dépense supplémentaire applicable au service de la voie, et 20,000 fr. environ pour les deux rampes.

qu'ayant égard à cette circonstance et observant que la fréquence des convois sur le chemin d'Orléans exige la présence de trois machines dans le dépôt d'Étampes, au lieu de deux qui suffisent dans les dépôts du chemin de Strasbourg, on trouve que le supplément de dépense occasionné sur le chemin d'Orléans par la seule rampe d'Étampes est, pour la traction seulement, de 152,000 fr., ce qui diffère peu de celle que nécessite le passage des deux rampes en sens contraire du chemin de Strasbourg.

A ce surcroît de dépense il faudrait encore ajouter l'accroissement des frais d'entretien, de police et de renouvellement des voies.

Sur le chemin d'Épernay à Reims<sup>1</sup>, on trouve aussi deux rampes de 9 millimètres inclinées en sens contraire, longues de

<sup>1</sup> Le service de la ligne d'Épernay à Reims comprend trois trains de voyageurs ou mixtes et deux trains de marchandises.

Les trains de voyageurs, à raison du profil en rampes, ne peuvent se faire qu'à l'aide de machines mixtes. Ces machines consomment au moins 2 kilogrammes de coke de plus que les machines à roues libres, et l'usure des bandages beaucoup plus considérable, ainsi que celle des diverses pièces du mécanisme, conduit à un entretien plus coûteux d'environ 0 fr. 04 centimes par kilomètre. Ainsi l'on a : trois trains, à raison de 60 kilomètres, aller et retour, effectuent 180 kilomètres.

Excédant de consommation de coke : 2 kilogrammes à 0 fr. 04 centimes par kilomètre, ou 0 fr. 08 centimes, et pour 180 kilomètres. . . . .	14 fr. 40 c.
Usure du bandage, etc., à 0 fr. 04 centimes pour 180 kilomètres. . . . .	7 20

TOTAL. . . . .	21 fr. 60 c.
----------------	--------------

Quant aux machines à marchandises, elles ne remorquent que la moitié de la charge ordinaire. Donc la dépense de traction est doublée. Cette dépense, pour un train de marchandises, est d'au moins 1 franc 10 centimes. La dépense totale pour deux trains, ou 120 kilomètres, est de 152 francs, dont la moitié, 66 francs, représente l'excédant occasionné par la rampe.

Ainsi, on a par jour :

Excédant pour le service des trains mixtes. . . . .	21 fr. 60 c.
— — — — — des marchandises. . . . .	66

TOTAL. . . . .	87 fr. 60 c.
----------------	--------------

Et pour l'année. . . . .	31,974 fr.
--------------------------	------------

A cela, il faut ajouter :

1° L'intérêt et l'amortissement du capital d'acquisition de deux machines et deux tenders qu'exige un service par petits trains, soit. . . . .	14,500
2° L'accroissement des frais d'entretien, police et renouvellement de la voie, estimé à 1,000 francs par kilomètre, soit, par 19 kilomètres de rampe. . . . .	19,000

TOTAL. . . . .	65,474 fr.
----------------	------------

Le parcours total effectué chaque année étant de 87,600 kilomètres, on a, par kilomètre, environ 75 centimes d'augmentation de dépense.

19,000 mètres; la première, du côté d'Épernay, d'environ 11,000 mètres de longueur, et l'autre, du côté de Reims, d'environ 8,000 mètres. L'existence de ces deux rampes entraîne un accroissement de frais de 65,474 fr. au moins, qui pèse lourdement sur l'exploitation du chemin de Reims.

De ces données on peut conclure :

1° Que, sur un chemin dont la pente, dans une grande partie de la longueur, serait de 8 millimètres et au delà, et dont les convois, généralement chargés à la remonte, nécessiteraient l'emploi fréquent d'une machine de renfort, ou celui d'une machine très-puissante, tel par exemple, que le chemin projeté de Thionville à Arlon, ou le chemin d'Épernay à Reims, les frais de traction seraient notablement plus élevés que sur un chemin à faible pente.

2° Que, sur un chemin également incliné, mais où les convois remontants seraient le plus faiblement chargés, comme, par exemple, sur les deux chemins de Versailles, l'influence de la pente sur la dépense serait peu sensible.

3° Que les frais de traction seraient aussi moins élevés si, comme au chemin de Saint-Étienne à Lyon et sur la plupart des chemins destinés au transport de la houille, les convois de marchandises chargés marchaient presque exclusivement à la descente.

4° Qu'il faut chercher à concentrer les rampes d'une certaine inclinaison sur un certain point en leur donnant une grande longueur plutôt que de les multiplier en les raccourcissant.

5° Qu'il faut autant que possible placer l'origine des fortes rampes en un point où le service de la ligne nécessiterait un dépôt, lors même que les pentes dans le voisinage seraient faibles<sup>1</sup>.

6° Que l'accroissement des frais de traction résultant du passage de rampes de 8 à 10 millimètres d'une certaine longueur sur un chemin comme celui de Strasbourg où la totalité des frais de trac-

<sup>1</sup> Dans un premier projet étudié pour l'établissement d'un chemin de fer de Nancy à Épinal, on avait admis plusieurs rampes de 10 à 12 millimètres placées à une certaine distance les unes des autres, et dont chacune aurait nécessité la construction d'un dépôt spécial. Dans un nouveau projet mis à exécution, toutes ces rampes ont été concentrées sur un seul point voisin de la bifurcation de la ligne d'Épinal avec la ligne principale de Paris à Strasbourg, bifurcation placée à Blainville, où il existait déjà un dépôt indispensable pour le service de la grande ligne.

tion s'élève déjà en ce moment à 6,000,000 de francs, est insignifiant.

7° Que l'adoption de ces rampes sur le chemin de Strasbourg est suffisamment motivée par la dépense excessive qu'il eût fallu faire pour réduire l'inclinaison à 5 millimètres, dépense qui eût de beaucoup dépassé le capital dont l'intérêt égale l'accroissement ci-dessus indiqué des frais de traction.

M. Teisserenc peut alléguer sans doute à l'appui de son opinion que, pour les grandes vitesses, la résistance qu'oppose l'air à la marche des convois absorbant une partie considérable du travail développé par les moteurs, les trains de voyageurs pourront être remorqués sur de fortes rampes par des machines de puissance ordinaire moyennant un ralentissement convenable. Mais ce fait cesse d'être vrai pour les convois de marchandises marchant à une vitesse moyenne de 7 mètres par seconde.

Dans cette dernière condition, la résistance de l'air n'est plus qu'une fraction peu importante de l'effort de traction total, et il en résulte que, malgré une diminution notable de vitesse, la résistance totale du convoi croît très-rapidement avec l'inclinaison de la voie.

Or il est reconnu que le transport des marchandises n'est réellement avantageux que s'il se fait à charges complètes.

Il devient donc évident que les convois de marchandises auront besoin, sur les parties les plus inclinées de la voie, de tout le travail que peut développer la machine, et qu'ils ne pourront franchir les fortes rampes qu'à l'aide de machines de renfort.

M. Lechatelier professe une opinion semblable à la nôtre sur l'influence des pentes en ce qui concerne les frais d'exploitation; voici les termes dans lesquels il s'exprime dans son ouvrage sur les chemins de fer d'Allemagne :

« Les fortes pentes sont nécessairement une source de dépenses pour l'exploitation des chemins de fer. On ne doit évidemment les admettre dans un tracé qu'autant que les frais de travaux d'art et de terrassement nécessaires pour les éviter sont beaucoup plus considérables que le capital correspondant à l'augmentation des frais d'exploitation prévus. Il ne suffit pas que les charges imposées à la traction paraissent être sensiblement inférieures à l'intérêt du capi-



tal excédant qui serait déboursé pour éviter ces pentes ; il faut tenir compte aussi du développement progressif des chemins de fer, de l'importance inappréciable aujourd'hui que prendra leur trafic dans un certain nombre d'années, et ne sacrifier l'exploitation qu'en présence d'économies considérables à réaliser sur la construction.»

M. le comte Daru, dans son rapport à la Chambre des pairs sur le chemin de fer du Nord, a également combattu l'opinion de M. Teisserenc.

« Les chemins à fortes pentes, dit-il, n'ont pas, ainsi qu'on l'a prétendu, une supériorité économique sur les chemins à faibles pentes, loin de là. Cette thèse, soutenue récemment, n'est pas vraie. Les exemples sur lesquels on s'est appuyé pour essayer de la faire prévaloir n'ont rien de démonstratif. On ne peut pas en effet comparer les chemins d'Angleterre à plans inclinés, établis et exploités avec la plus grande économie, parce que ce sont justement ceux où la circulation est la plus faible, avec ces grandes lignes dont la construction a exigé des capitaux énormes, qui ont un mouvement immense de voyageurs, perçoivent de hauts tarifs et sont administrées dans un esprit et dans des conditions absolument différents. Sur ces voies, on n'épargne ni dépenses de commodité ni même dépenses de luxe pour satisfaire le public. Souvent il arrive que, pour diminuer les chances d'un faible retard, on double le moteur strictement nécessaire à la traction du convoi. De là des augmentations de frais ; de là aussi il résulte que les deux appareils locomoteurs, les deux mécanismes, ne sont nullement comparables. Ils portent le même nom, mais ils ne se ressemblent pas.

« La vérité est qu'une augmentation dans les pentes n'accroît pas autant qu'on se l'est imaginé dans le principe la dépense de traction. Ces prévisions théoriques ne sont pas dans cette matière plus que dans beaucoup d'autres réalisées par l'expérience. On peut, en roidissant les inclinaisons, obtenir une diminution sensible dans les frais de premier établissement sans nuire à un bon service. Il peut donc y avoir avantage à le faire ; mais l'exploitation se trouve par suite grevée d'une charge additionnelle, certaine, inévitable. »

M. Couche, enfin, exprime son opinion sur l'admission des fortes pentes dans les termes suivants : « Loin de modifier les idées reçues

sur l'influence des rampes en général, l'expérience n'a fait que confirmer les inconvénients qu'elles entraînent, même sous une faible inclinaison, dès que leur longueur exige l'établissement d'une vitesse uniforme. Très-courtes même, elles constituent une charge réelle pour l'exploitation quand elles coïncident avec des courbes prononcées, quand une station principale est placée à leur pied, etc., etc. Dans tous les cas, enfin, elles affectent bien plus gravement le service des marchandises que celui des voyageurs. Les sacrifices faits à l'abaissement de la limite des rampes sont donc fondés dans des circonstances ordinaires, c'est-à-dire quand on peut, à ce prix, éviter des conditions spéciales pour la traction.

« Mais il en est tout autrement dans les cas extrêmes où il faut, quoi qu'on fasse, accepter des inclinaisons exceptionnelles.

« Aujourd'hui les locomotives laissent à cet égard aux ingénieurs une grande latitude dont ils devront user largement.

« Les rampes très-inclinées, telles que celles du Sømmering, dont l'inclinaison est de 0,025, ne doivent toutefois, dit M. Couche<sup>1</sup>, être admises qu'à la dernière extrémité et quand il faut recourir à tous les moyens pour frayer un passage au chemin de fer. »

Après avoir cité les ouvrages de MM. Teisserenc, Lechatelier, Daru et Couche, sur l'influence des pentes, nous devons appeler aussi l'attention de nos lecteurs sur une publication de M. Minard, publication qui a porté de vives lumières sur cette question dans un moment où elle était encore très-obscur pour un grand nombre d'ingénieurs.

Nous nous sommes longuement étendu sur la question de l'influence des pentes sur la dépense d'exploitation, parce qu'elle est grave, qu'elle a été fort controversée, et que d'ailleurs l'opinion d'un écrivain aussi habile que M. Teisserenc ne devait pas être rejetée sans une discussion approfondie.

Nous n'avons pas examiné jusqu'à quel point l'adoption du système Arnoux pourrait influencer sur le choix des tracés, attendu que nous nous réservons d'exprimer notre opinion à cet égard en traitant plus spécialement des nouveaux systèmes de locomotion.

<sup>1</sup> *Annales des mines.*

*S'il est essentiel de régler convenablement l'inclinaison des rampes sur un chemin de fer, leur mode de répartition n'est pas non plus sans importance.*

Nous avons déjà établi qu'il fallait autant que possible concentrer les rampes sur un même point et dans le voisinage d'un dépôt de machines ; nous ajouterons que *les pentes variées, même d'une assez faible inclinaison, sont peu favorables à l'emploi des machines locomotives* ; car, si les pentes et les contre-pentes ne se succèdent pas de manière que les machines puissent remonter les rampes au moyen de la vitesse acquise sur les pentes descendantes qui les précèdent, on ne peut leur faire remorquer que la charge compatible avec leur adhérence et leur force sur les pentes les plus roides. Si, au contraire, les rampes sont assez courtes pour que l'ascension puisse avoir lieu sans un accroissement de force et sans ralentissement notable, les machines lancées avec toute leur puissance à la descente souffrent beaucoup de la vitesse excessive qu'elles acquièrent par moments. Cette dernière observation est également applicable au mode de tracé proposé par un ingénieur écossais et qui consisterait à diviser le profil en parties de niveau et en plans inclinés de petite longueur, en sorte que les machines puissent remonter les plans inclinés au moyen de la vitesse acquise sur les paliers. En outre, si les machines ainsi lancées sur les paliers venaient à rencontrer un obstacle qui en diminuerait un instant la vitesse, on ne pourrait les ramener à l'extrémité du palier pour les lancer de nouveau.

Cette raison seule suffirait pour faire rejeter ce profil, lors même qu'on n'y serait pas conduit par d'autres considérations théoriques.

*Si, toutefois, la raison d'économie, devant laquelle le principe technique des pentes uniformes doit aussi plier, oblige à préférer une pente variée, il faut diviser, autant que possible, les lignes en parties sur lesquelles l'effort varierait du simple au double, ou à peu près.*

Lorsque, au lieu de machines, on emploie des chevaux pour le halage, les pentes variées, convenablement disposées, sont préférées aux pentes uniformes. Le cheval se fatigue moins d'un effort varié

que d'un effort constant. Il n'est personne, ayant l'habitude de voyager à pied, qui n'ait reconnu que l'homme, ainsi que le cheval, se fatigue moins en parcourant une même distance sur un sol accidenté que sur un terrain parfaitement uni.

*Une inclinaison très-avantageuse est celle pour laquelle l'effort du moteur est le même dans les deux sens, eu égard à la différence du chargement à la descente et à la remonte.*

Tout ce que nous avons dit de l'influence qu'exercent les fortes pentes sur la dépense d'exploitation, nous pourrions le répéter pour les courbes de petit rayon.

*Sous le rapport de l'économie de premier établissement, les courbes de petit rayon sont avantageuses, puisqu'elles permettent de tourner les difficultés au lieu de les vaincre au moyen de grands travaux d'art et de terrassement; mais elles exercent sur les frais de traction la même influence que les fortes pentes, elles forcent à réduire la vitesse des trains.*

Ainsi, sur le Great-Northern railway, en Angleterre, dont le tracé est presque rectiligne, les trains express marchent à une vitesse de 75 à 76 kilomètres par heure. Sur le chemin de Londres à Birmingham, où les courbes sont de grand rayon, à la vitesse de 71 à 72 kilomètres. Sur le chemin de Birmingham à Gloucester, où les courbes sont de petit rayon, la vitesse des trains les plus rapides, dans les parties où se trouvent ces courbes, ne dépasse pas 50 kilomètres, et, sur celui de Newcastle à Carlisle, 45 à 48 kilomètres.

Sur nos grandes lignes françaises de l'Est, de Lyon et de Rouen, la vitesse de marche des trains express est de 60 à 66 kilomètres, et sur le chemin du Nord de 70 à 75 kilomètres. Sur le chemin d'Orléans, elle est plus faible; mais cela ne tient pas au tracé du chemin. Sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, où le rayon des courbes est généralement de 500 mètres, la vitesse maximum des trains en marche remorqués par des locomotives à la remonte entre Givors et Rive-de-Gier est de 42 kilomètres.

Sur les chemins allemands, dont le tracé est très-tourmenté, la plus grande vitesse des trains de voyageurs en marche est de 45 à 50 kilomètres.

Il est enfin un élément des frais d'exploitation sur lequel les

courbes de petit rayon agissent d'une manière très-fâcheuse, ce sont les frais d'entretien du matériel et de la voie.

En effet, le frottement des rebords des roues contre les rails et celui qui résulte du glissement des roues sur ces rails donnent lieu à une usure rapide des surfaces frottantes, aussi bien que celui que produit l'emploi des freins à la descente sur les fortes pentes.

*Le tracé des embranchements n'exige pas la perfection que réclame celui des lignes principales.*

Longtemps, en France, l'administration des ponts et chaussées s'est montrée d'une sévérité outrée lorsqu'il s'agissait de l'approbation des tracés qui lui étaient soumis par les Compagnies; mais elle n'avait pas encore construit de chemins de fer elle-même; éclairée aujourd'hui par sa propre expérience, elle est devenue beaucoup moins exigeante, et s'est même occupée tout dernièrement de l'étude d'un système de construction économique pour les embranchements.

Les embranchements sont une source de prospérité pour les grandes lignes; ce sont des rameaux qui fécondent le tronc. *Une des conditions auxquelles doit satisfaire le tracé de tout chemin destiné à unir de grands centres de population est donc de se prêter aisément à l'établissement de lignes secondaires.*

Les anciennes Chambres, appelées à se prononcer sur deux tracés proposés pour un chemin de fer entre Belfort et Besançon, l'un par la vallée du Doubs, l'autre par celle de l'Ognon, avaient opté pour ce dernier, en grande partie parce qu'il offrait pour la création d'embranchements plus de facilité que le premier.

Les voyageurs ne recherchent pas seulement, dans les chemins de fer, la rapidité et l'économie des transports, ils veulent aussi voyager sûrement. Il est par conséquent du devoir du gouvernement de prescrire aux Compagnies, dans le tracé des chemins de fer, certaines règles qui en rendent le parcours le moins dangereux possible; il est aussi de l'intérêt des Compagnies de ne jamais oublier que la sûreté est, aussi bien que l'économie des transports, une des principales conditions d'un bon tracé.

*L'administration s'est montrée souvent trop facile pour admettre les tranchées ou les souterrains courbes, surtout aux abords des*

stations. Rien n'est plus dangereux. Plusieurs accidents, celui de Bonnières, par exemple, sur le chemin de Rouen, le prouvent assez. Il importe que les convois puissent être aperçus d'une certaine distance; et cette condition n'est remplie que sur des parties rectilignes, ou lorsque les courbes sont en remblai. Il n'est pas toujours possible d'éviter une tranchée ou un souterrain courbe, mais encore faut-il les multiplier le moins possible, et, quand ils deviennent absolument nécessaires, en éloigner les stations et les faire précéder ou suivre par de longs alignements.

*Les courbes de trop petit rayon, non-seulement augmentent les frais d'exploitation, mais encore deviennent une cause d'accidents.*

*On s'effraye également des fortes pentes, parce qu'on suppose que sur ces pentes il est impossible de contenir les convois. Ces pentes ne sont certainement pas sans danger, mais on en calculait mal les effets lorsqu'on proscrivait les pentes dépassant 5 millièmes, comme exposant les voyageurs à la descente à de nombreux accidents.*

*Il est reconnu aujourd'hui que, sur une pente de 1 centième en ligne droite, la résistance de l'air devient telle, à la vitesse de 60 à 70 kilomètres par heure, que les convois abandonnés à eux-mêmes ne peuvent la dépasser, et que, sur les plus fortes pentes en usage, les freins et les machines locomotives, agissant elles-mêmes comme les freins les plus puissants lorsqu'on renverse la vapeur, peuvent toujours arrêter les convois.*

Ce ne serait donc que si, par hasard, un ou plusieurs waggons, en stationnement, se trouvaient poussés par une cause quelconque, telle que le vent, sur de fortes pentes, ou enfin si une partie du convoi s'en séparait par suite de la rupture d'une partie des chaînes d'attelage, qu'il pourrait résulter des accidents provenant de la trop grande inclinaison de la voie. Ce cas se présente malheureusement trop souvent, et il est miraculeux que jusqu'à ce jour aucun accident grave ne puisse être attribué à un événement de ce genre, surtout sur les chemins à fortes pentes, car la chance d'accident croît avec l'inclinaison du chemin. C'est, un jour, sur le chemin de Versailles (rive gauche), un train tout entier, chargé de voyageurs, qui est chassé par le vent sur une pente de 1 centième à la sortie

de la gare de Versailles et qui descend vers Paris avec une vitesse toujours croissante sur la pente de 4 millièmes, qui fait suite à celle de 1 centième. Un habile mécanicien, M. Caillet, aujourd'hui chef de la traction au chemin de fer Grand-Central, court après le train avec une machine locomotive, parvient à le rattraper, le suit doucement et s'accroche enfin au dernier waggon. Une autre fois, sur le chemin de Lausanne à Morges, un train de ballast, descend de Lausanne à Morges, sur la pente de 1 centième, et vient briser, heureusement sans accidents pour les hommes, tout ce qu'il rencontre dans la gare de Morges; sur le Sœmmering, un train de matériaux destinés aux réparations roule en arrière, acquiert bientôt une vitesse terrible, et eût certainement tué quarante ouvriers se trouvant dans le souterrain, si, l'entendant de loin venir, ils n'eussent jeté sur la voie tout ce qu'ils avaient sous la main et ne l'eussent ainsi forcé à quitter les rails; vers Prague, un train de vingt-cinq waggons de houille se détache, descend et rencontre une machine qu'il brise, et dont il tue le mécanicien ainsi que les deux chauffeurs; sur le chemin de Lyon, enfin, deux waggons chargés de pierre descendent de la station de Verrey au-devant d'un train de voyageurs, sur la pente de 1 centième, et viennent se briser eux-mêmes contre la machine, qui, fort heureusement, résiste au choc.

Une autre cause d'accident très-redoutable à laquelle on ne paraît pas attacher toute l'importance qu'elle mérite, c'est la multiplicité des passages à niveau.

**Passages à niveau.** — *Les passages à niveau, quand, sur des alignements ou sur des courbes en remblais, on peut les apercevoir de loin, ne sont pas dangereux; mais il en est tout autrement s'ils se trouvent à l'extrémité de tranchées ou de souterrains courbes.*

Ainsi, sur le chemin de Versailles (rive gauche), l'administration, pressée par les sollicitations de la Compagnie, qui avait épuisé ses capitaux, a toléré plusieurs passages à niveau qui, placés dans ces dernières conditions, ont failli occasionner des accidents.

Les réclamations des Compagnies, lorsqu'il s'agit de passages à niveau, sont d'autant moins fondées, qu'en général l'intérêt du ca-