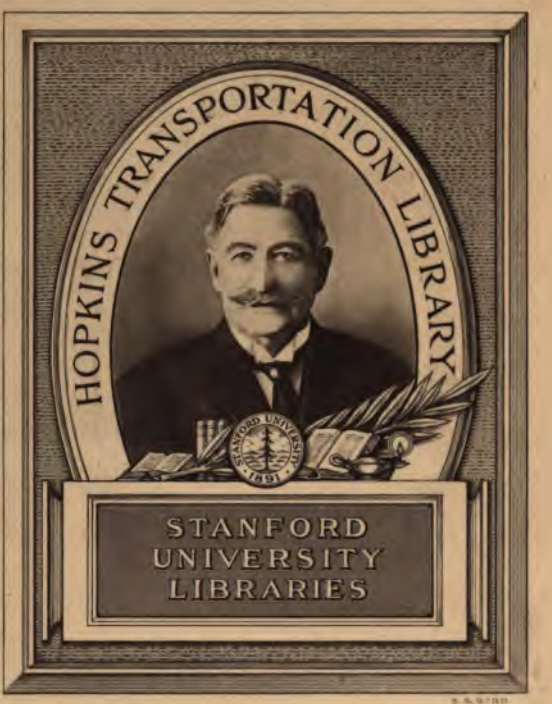

# CHEMIN DE FER

## ATMOSPHÉRIQUE

## DE KINGSTOWN A DALKEY, EN IRLANDE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,
rue Racine, 28, près de l'Odéon.

# RAPPORT

SUR

# LE CHEMIN DE FER

ÉTABLI

## SUIVANT LE SYSTÈME ATMOSPHÉRIQUE

**De Kingstown à Dalkey, en Irlande,**

ET SUR

## L'APPLICATION DE CE SYSTÈME AUX CHEMINS DE FER EN GÉNÉRAL.

**PAR M. MALLET,**

INSPECTEUR DIVISIONNAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

PARIS.

CARILIAN-GOEURY ET V^OR DALMONT,

LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

QUAI DES AUGUSTINS, N^OS 39 ET 41.

1844

Waste
1/4 Gall 1/18

# CHEMIN DE FER

## ATMOSPHÉRIQUE

### *De Kingstown à Dalkey, en Irlande.*

---

Dans un temps où les esprits sont tendus vers le perfectionnement de tout ce qui touche aux intérêts matériels, où les succès obtenus, dans ce but, résultent le plus souvent de quelque application des sciences physiques, il était naturel que l'on pensât à tirer parti de la pesanteur de l'air. L'idée de faire marcher un piston dans un tube, en y faisant le vide, a dû venir à un grand nombre de personnes; mais de là à une application usuelle et utile, il y a une grande distance. Les systèmes d'application n'ont pas manqué; les essais non plus.

Avant de dire ce qui s'est fait dans ce siècle, et surtout dans ces derniers temps, je dois rappeler que Papin a, le premier, proposé de se servir de la raréfaction de l'air dans un cylindre, pour agir à de grandes distances.

En 1810, M. Medhurst proposa de faire voyager les lettres et les marchandises dans un canal de 6 pieds de hauteur, sur cinq de largeur, contenant un chemin de pierre ou de fer, au moyen de la raréfaction et de la compression de l'air. M. Vallance, plus tard, en 1824, exagérant cette idée, enferma, dans un large tunnel, le piston, les voitures et les voyageurs; mais l'expérience qu'il fit n'eut pas un résultat satisfaisant. Le même ingénieur, M. Medhurst, s'aperçut bien que là n'était pas

la solution du problème, et ce fut lui qui proposa, le premier, de se servir d'un tube comparativement beaucoup plus petit, d'y enfermer un piston, dont l'action se transmettait à l'extérieur par une fente longitudinale. Il bouchait cette ouverture par un appareil hydraulique, qu'il appelait soupape à eau. Il paraît que l'essai qui en fut fait ne réussit pas. En 1834, M. Pinkus substitua à cet appareil une soupape en corde, mais sans plus de succès. MM. Clegg et Samuda furent plus heureux, en bouchant l'orifice longitudinal par une lame de cuir, arrêtée d'un côté, se soulevant de l'autre par l'action de galets attachés à la queue d'un piston, retombant par son propre poids et formant un joint hermétique au moyen d'une composition de cire et de suif. Des essais eurent lieu à Chaillot, en 1838, par les soins de M. James Bonfil. Ils amenèrent une expérience plus sérieuse et plus concluante, faite par les inventeurs, à Wormwood-Scrubs, près Londres. M. Teisserenc en a rendu compte. Dans le même temps, M. James Bonfil établissait, au Havre, suivant le même système de soupape, un appareil qui a fonctionné dans les ateliers de M. Nilhus.

Frappé des résultats obtenus, et convaincu que ce système avait un grand avenir, M. Pim, trésorier de la compagnie du chemin de fer de Dublin à Kingstown, proposa de l'appliquer au chemin de Kingstown à Dalkey, formant la continuation du premier. Il présenta un mémoire au gouvernement, et obtint, pour sa compagnie, un prêt de 625 000 francs. Le bruit du succès de cette seconde expérience, faite sur une échelle plus grande que celle de Wormwood-Scrubs, se répandit en France. Aussitôt M. Teste, ministre, et M. Legrand, sous-secrétaire d'état des travaux publics, dont l'attention avait été éveillée par le mémoire de M. Teisserenc, désireux de connaître les perfectionnements apportés à un système qui pouvait avoir de l'influence sur l'avenir des chemins de fer en France, me donnèrent l'ordre de partir pour l'Irlande.

Ce sont les résultats de ce voyage que je vais consigner ici. J'y joindrai un aperçu sur l'application du système atmosphérique aux chemins de fer en général.

Ce rapport sera divisé en quatre chapitres.

Dans le premier, je donnerai la description du chemin de Kingstown à Dalkey, ainsi que de l'appareil moteur, et je rapporterai les expériences que j'ai faites;

Dans le second, je traiterai de l'application du système atmosphérique aux chemins de fer en général;

Le troisième sera consacré à la comparaison des dépenses d'établissement d'un chemin de fer, soit avec des locomotives, soit avec le système atmosphérique;

Le quatrième comprendra une comparaison analogue sous le rapport des dépenses d'exploitation.

## CHAPITRE Ier. — DESCRIPTION DU CHEMIN DE FER DE KINGSTOWN A DALKEY ET DE L'APPAREIL MOTEUR.

*Résultat des expériences.* — Le chemin de fer de Kingstown à Dalkey est, comme je l'ai dit plus haut, destiné à former la continuation de celui de Dublin à Kingstown. Ce dernier, d'une longueur de près de 10 500 mètres, reçoit environ 4 500 personnes par jour. Il est dans les conditions ordinaires des chemins de fer.

La jonction des deux chemins se fait à environ 200 mètres en avant de la station de Kingstown, Pl. 61, *fig.* 1 et 2. Le chemin atmosphérique se dirige sur la droite, en faisant avec l'autre un angle d'environ 7 degrés. Affecté de deux courbes peu sensibles, et en sens contraire, à son origine, il s'avance ensuite en ligne droite jusqu'à une distance de 819 mètres. Là commence un arc de cercle qui n'a pas moins de 70 degrés de développement, et dont le rayon est de 518 pieds (176m.90). Le chemin est ainsi ramené brusquement à droite. Cet arc est immédiatement suivi d'une inflexion en sens contraire, motivée par la nécessité de conserver une maison qui se trouve en cet endroit, car la

compagnie du chemin de Dublin à Kingstown qui a établi le système atmosphérique, n'avait pas l'autorisation d'exproprier. Après cette inflexion en vient une autre en sens contraire, mais peu sentie, laquelle conduit à un arc de cercle de 570 pieds (173$^{m}$.85) de rayon. A la suite vient une courbe plus adoucie, puis se présente un nouvel arc de cercle de 700 pieds (213$^{m}$.50) de rayon, qui ramène le railway à gauche et qui compte environ 60 degrés. A cette courbe succède une ligne droite de 640 mètres de longueur. Elle est la plus longue que présente le tracé. Deux courbes tracées en sens contraire, peu senties, viennent ensuite et conduisent à une ligne droite qui termine le tracé. La longueur totale du chemin est de 3 050 yards, ou 2 787$^{m}$.90.

La compagnie n'avait pas, comme je viens de le dire, l'autorisation d'exproprier. Elle a traité avec les entrepreneurs du port de Kingstown, qui lui ont cédé la moitié du chemin d'exploitation par lequel ils conduisent à ce port les blocs de granit qu'ils tirent des carrières de Dalkey. C'est par cette raison que le tracé en plan horizontal est aussi défectueux.

A partir de la plate-forme établie à l'origine du chemin, on descend sur 265$^{m}$.06 avec une pente de 0$^{m}$.0044, *fig.* 3. De l'extrémité de cette pente, on monte constamment vers Dalkey. La différence de niveau est de 71 pieds $\frac{1}{2}$ (21$^{m}$.60); mais cette pente, qui, sur une longueur de 2 522$^{m}$.60, serait de 0.0086, si elle était uniformément répartie, est très-variable. Elle est d'abord de 0.0094 sur 557$^{m}$.54, puis de 0.0046 sur 155$^{m}$.38. Elle s'élève ensuite successivement à 0.0096, 0.0072, 0.0100 et 0.0076. Là elle descend à 0.0047 sur 95$^{m}$.40, après quoi elle se relève jusqu'à 0.0087. Cette dernière pente se conserve sur 703$^{m}$.72. Pour les 329$^{m}$.10 restants elle est de 0.0175.

Le chemin, à son origine, est couvert par un tunnel de 100 yards de longueur (91$^{m}$.40). Il est ensuite encaissé

entre deux murs verticaux, qui ne sont espacés entre eux que de 12 pieds ($3^m.66$), et qui l'accompagnent sur presque toute sa longueur. Douze ponts rétablissent les communications interceptées.

Le chemin se compose d'une voie ordinaire. Les rails sont posés sur des madriers longitudinaux, reposant sur d'autres madriers transversaux. Dans les courbes, l'on a eu soin de placer un contre-rail, du côté intérieur, afin de s'opposer au déraillement.

Au milieu de la voie se trouve un tube de 15 pouces ($0^m.381$) de diamètre intérieur, portant de $0^m.67$ en $0^m.67$ des renforcements en forme de croissant, d'une largeur de $0^m.18$ à leur partie inférieure; ces croissants se terminent à la partie supérieure du tuyau contre des appendices qui accompagnent la rainure longitudinale. Leur épaisseur est de $0^m.017$. L'épaisseur du tuyau est en haut de $0^m.016$, et en bas de $0^m.019$. On voit que ce tuyau, avec sa plus grande épaisseur en bas et ses renforcements, est disposé de la meilleure manière pour résister à la compression qui tend à rapprocher les lèvres de la rainure. Il est attaché aux traverses comme on le voit figuré Pl. 62, *fig.* 7.

Chaque tuyau, de 9 pieds ($2^m.75$) de longueur, s'emboîte dans le suivant au moyen d'un manchon de $0^m.13$ de longueur. Entre ce manchon et le tuyau emboîté, existe un intervalle que l'on remplit d'un mastic formé de cire et d'huile. Ce mastic est contenu par de la filasse imprégnée de goudron, que l'on comprime fortement à coups de maillet par le bout du manchon et latéralement le long de la rainure de la soupape longitudinale, car il faut bien que le manchon soit fendu pour le passage de cette soupape. Chaque tuyau est terminé par un bourrelet. Les tuyaux sont coulés pleins dans leur périmètre. La rainure de la soupape est faite après coup au moyen d'une machine à planer, qui travaille sur huit tuyaux à la fois. La largeur de cette rainure est de $0^m.062$. La soupape est composée

principalement d'une lame de cuir de bœuf de première qualité. La *fig.* 7, Pl. 62, en représente la section transversale. On voit qu'elle est fortifiée en dessus et en dessous par deux armatures en fer, et que le cuir est double dans la partie recouvrant la rainure. Le cuir inférieur est fortement serré à l'un de ses bords et tenu en place par une plaque de fer *p*, Pl. 62, *fig.* 6, laquelle est elle-même retenue par deux boulons, l'un vertical, l'autre horizontal. Ce dernier traverse l'appendice *a*, qui fait partie du tuyau, et le boulon vertical. L'écrou de ce dernier appuie sur le sommet de l'appendice *a*, et en même temps sur la plaque *p*, qu'il fait descendre de manière à comprimer le bord du cuir. Ce bord, prolongé au delà de la plaque *p*, plonge dans un mastic composé de cire et de suif. L'autre bord de la soupape adhère, en tombant, à un massif longitudinal de la même composition de cire et de suif, lequel est logé contre un autre appendice *a'*, *fig.* 7, appartenant au tuyau.

Voici les dimensions de la soupape :

| | | |
|---|---|---|
| Lame de fer supérieure. | Largeur. . . . . | $0^m.074$ |
| | Épaisseur. . . . . | $0^m.0063$ |
| *Idem* inférieure. | Largeur. . . . . | $0^m.060$ |
| | Épaisseur. . . . . | $0^m.0048$ |
| Épaisseur de deux cuirs. . . . . | | $0^m.0113$ |
| Épaisseur totale. . . . . | | $0^m.0224$ |

ou $\frac{7}{8}$ d'un pouce anglais.

Après avoir fait connaître cet organe, le principal du système, je parlerai de la manière dont il se manœuvre. Il est soulevé par deux galets de diamètre inégal, qui sont attachés au corps du piston, *fig.* 4 et 5. La soupape ne se lève pas verticalement, mais seulement à une inclinaison d'environ 45 degrés, suffisante pour laisser passer la tige de liaison du piston au waggon directeur. Elle retombe ensuite par son poids, et se trouve soutenue par deux autres galets placés derrière cette tige. Elle n'est pas

plutôt remise en place, qu'elle est fortement comprimée par une roue attachée à l'arrière du waggon directeur. Derrière cette roue se trouve un cylindre plein de charbons incandescents, destinés à liquéfier la composition de cire et de suif. Je reviendrai plus tard sur l'effet de ce cylindre. La *fig.* 8 de la Pl. 62 donne une idée de l'appareil et de la manière dont les choses se passent.

Après avoir décrit la soupape longitudinale, je décrirai la soupape d'entrée. Elle est placée à 30 pieds (9 mètres) environ de l'origine.

Un renflement demi-circulaire, à faces latérales planes, existe au-dessous du tube. MN est la soupape qui ferme hermétiquement le tube. OP est une autre soupape fermant le renflement. Elles sont liées entre elles et à un axe commun, comme on le voit sur la *fig.* 11. La soupape MN a 15 pouces ($0^m.381$) de diamètre, et OP 15 $\frac{1}{2}$ ($0^m.394$). L'une des deux faces latérales du renflement porte deux petites ouvertures, *o* et *o'*, situées chacune d'un côté de la soupape OP et du diaphragme qui la reçoit. Lorsqu'on veut marcher, l'on introduit le piston dans le tube Y et l'on fait le vide dans la partie X. L'air enfermé en Y a la même densité que l'air atmosphérique. Il en est de même de celui de la chambre Z, parce qu'on laisse ouvert le trou *o'*. Dans cette position rien ne bouge, parce que la soupape OP, plus grande que celle MN, la tient fermée. Quand même elles seraient d'une dimension égale, les choses se passeraient encore de même, comme je l'expliquerai plus loin. On glisse le tiroir T de manière à empêcher l'air extérieur d'entrer par *o'*, et à mettre en communication *o* et *o'*. A ce moment l'air de la capacité Z passe, par la succion, si l'on peut s'exprimer ainsi, dans le tube X, où l'on a formé le vide, de manière que la densité devient la même en X et en Z. Alors la soupape MN, obéissant à l'air plus dense de la partie Y, s'ouvre, et celle OP vient se ranger contre la paroi qui sépare sa

chambre du tube. Le tube est alors libre, et le piston s'avance. Lorsqu'il est passé, un ouvrier remet les soupapes et le tiroir dans leurs positions primitives.

Plus loin j'indiquerai un procédé au moyen duquel la soupape s'ouvre par le passage même du convoi.

La soupape de sortie est très-simple. Elle se compose d'un couvercle en bois garni de cuir. La charnière est attachée à la partie inférieure du tube.

Le tube de propulsion ne s'étend pas jusqu'à l'extrémité du chemin. Il a 2490 yards (2275$^{m}$.86); on parcourt donc 560 yards (511$^{m}$.84) par la seule force acquise; à quelque distance de son extrémité vient se brancher le tube d'aspiration; il a les mêmes dimensions que le tube de propulsion. On le voit placé hors de la voie, au pied du talus. Il se rend sous l'appareil pneumatique établi au delà du chemin par lequel on continue à porter au port de Kingstown les granits de Dalkey; sa longueur, de plus de 450 mètres, et son diamètre en font un véritable réservoir d'air dilaté. L'appareil pneumatique est mis en mouvement par une machine à vapeur à détente, à condensation et à simple effet de la force de 100 chevaux. Le cylindre de cette machine a 34 pouces $\frac{1}{4}$ de diamètre (0$^{m}$.927), celui de la pompe à air est de 5 pieds 7 pouces (1$^{m}$.70); la course des deux pistons est de 5 pieds 6 pouces (1$^{m}$.677). Le nombre des coups de piston est de 22 par minute : on marche à une pression de 40 livres par pouce quarré (2 atmosphères $\frac{2}{3}$). Le charbon brûlé est de 5 livres (2$^{k}$.25) par heure et par cheval. Cette machine est évidemment trop forte pour le chemin actuel; on pense qu'elle fera le vide dans un tuyau de 6 milles de longueur (9 654 mètres). On n'emploie guère en ce moment que la moitié de sa force.

La longueur du chemin est, comme je l'ai dit, de 3 050 yards; chaque mille, contenant 1 760 yards, a été divisé en 40 parties de 44 yards (40$^{m}$.22) chacune. Les divisions sont marquées par des traits noirs sur un des murs entre

lesquels est le chemin ; plus loin, lorsque les murs sont remplacés par des talus, chaque division est indiquée par un piquet peint en blanc. Les 3 050 yards comprennent 69 divisions et 14 yards. A chaque quart de mille (402$^{m}$.25), formé de 10 divisions, on a une marque particulière.

Un baromètre mis, par sa partie supérieure, en communication avec le tuyau d'aspiration, est placé contre l'un des murs du bâtiment de la machine, près du cylindre de la machine pneumatique. Un autre baromètre communiquant avec le tube de propulsion, immédiatement après sa soupape d'entrée, est établi contre le mur de soutenement, à l'entrée du tunnel ; un troisième se trouve sur le waggon directeur. Il communique par un tube recourbé, passant derrière la tige de jonction du piston et du waggon et à travers le piston, avec l'intérieur du tube de propulsion (1). Le waggon directeur, Pl. 62, *fig.* 1, porte encore un autre instrument : un ingénieur, témoin de l'extrême vitesse avec laquelle on peut marcher (il paraît que dans une expérience, où l'on n'a pas fait usage de frein, la vitesse a été de plus de 70 milles (28 lieues) à l'heure), avait dit à M. Samuda qu'il était possible que l'air atmosphérique ne suivît pas le piston avec toute son intensité, dans une course aussi rapide, et que par conséquent l'on n'eût pas la force que l'on croyait avoir. M. Samuda, pour répondre à cette objection, a établi un petit tuyau qui prend son origine derrière le piston, et qui suivant le chemin de celui du baromètre, s'élève contre une paroi du waggon, en face de l'observateur ; il est terminé par un siphon dans lequel on a versé du mercure ; l'une des branches du siphon est ouverte. Si la crainte de cet ingé-

(1) Les baromètres communiquant par leur partie supérieure avec les tubes d'aspiration et de propulsion, les divers degrés marqués par la colonne barométrique représentent la différence entre la pression atmosphérique et celle des tubes.

pourquoi : munis de crayon et de papier, ainsi que d'une montre à secondes, nous nous tenions prêts à observer le temps écoulé pendant l'ascension et à le coter, lorsque nous voyions le mercure s'élancer, osciller et atteindre le 4e et le 5e pouce dans un temps pour ainsi dire inappréciable. A partir du 5e pouce il y avait un peu plus de régularité dans l'ascension : cependant l'oscillation était plus forte que pour les pouces suivants ; c'est par ce fait, produisant quelque difficulté pour l'observation, que j'explique les 15″ que nous avons trouvées, dans une expérience, entre le 4e et le 5e pouce, tandis que les différences de temps pour les pouces suivants sont assez régulièrement de 10 secondes jusqu'au 13e pouce. A ce point ces différences vont en augmentant, comme on peut le voir dans la colonne des moyennes des différences que j'ai insérée au tableau. Nous avons vu le mercure s'élever facilement, pour ainsi dire, jusqu'au 22e ou 23e pouce. Mais là, la difficulté augmentait et il lui fallait près d'une minute et demie pour aller du 23e au 24e pouce, et près de deux minutes pour monter du 24e au 25e. Cependant, dans toutes nos expériences, nous avons atteint cette dernière hauteur; le mercure oscillait entre 24 pouces $\frac{3}{4}$ et 25 pouces $\frac{1}{4}$. Le temps total écoulé pour faire le vide jusqu'à cette hauteur peut être évalué de neuf minutes et demie à dix minutes; mais, comme me l'a fait observer M. Samuda, et comme je l'ai reconnu plus tard, on peut marcher à une hauteur bien moindre. Nous ne poussions le vide aussi loin que pour l'expérience. La hauteur de 13 à 14 pouces, qui est une bonne hauteur pour partir, s'obtient en deux minutes ; celle de 22 pouces ($0^m.559$) en cinq minutes.

Je vois, par le rapport de M. Teisserenc, qu'au premier essai du système atmosphérique fait à Wormwood-Scrubs, près de Londres, on n'obtenait ordinairement qu'une hauteur de 18°, et que c'était à grand'peine que

l'on allait à 23. Il y a ici un perfectionnement notable.

Après avoir constaté à quel point on peut faire le vide, et quel temps est nécessaire pour les divers degrés d'ascension du mercure dans le baromètre, j'ai fait l'expérience inverse cherchant à déterminer la loi suivant laquelle le mercure rentre dans le tube. J'ai fait deux expériences à cet effet; une troisième avait été faite par M. Samuda, mais il ne l'avait faite qu'à partir du 11e pouce. Toutes trois sont consignées dans le tableau suivant :

*Expériences sur l'abaissement du mercure dans le baromètre.*

| HAUTEUR du mercure en pouces anglais. | HAUTEUR du mercure en millimét. | Moments de l'observation. | Différences. | Moments de l'observation. | Différences. | Moments de l'observation. | Différences. | Moyennes des différences. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ′ ″ | ″ | ′ ″ | ″ | | | ″ | |
| 24 | 0.610 | 8.18 | » | » | » | » | » | » | |
| 23 | 0.584 | 0.55 | 37 | 43.21 | » | » | » | 37 | |
| 22 | 0.559 | 9.17 | 22 | 0.50 | 29 | » | » | 26 | |
| 21 | 0.533 | 0.51 | 34 | 44.19 | 29 | » | » | 32 | |
| 20 | 0.508 | 10.21 | 30 | 0.50 | 31 | » | » | 30 | |
| 19 | 0.483 | 0.52 | 31 | 45.19 | 29 | » | » | 30 | |
| 18 | 0.457 | 11.23 | 31 | 0.51 | 32 | » | » | 32 | |
| 17 | 0.432 | 0.55 | 32 | 46.22 | 31 | » | » | 32 | |
| 16 | 0.406 | 12.27 | 32 | 0.54 | 32 | » | » | 32 | |
| 15 | 0.381 | 13.00 | 33 | 47.27 | 33 | » | » | 33 | |
| 14 | 0 356 | 13.33 | 33 | 48.00 | 33 | » | » | 33 | |
| 13 | 0.330 | 14.05 | 32 | 0.32 | 32 | » | » | 32 | |
| 12 | 0.305 | 0.38 | 33 | 49 07 | 35 | » | » | 34 | |
| 11 | 0.279 | 15.11 | 33 | 0.38 | 31 | » | ″ | 32 | |
| 10 | 0.254 | 0.43 | 32 | 50.11 | 33 | » | 35 | 33 | |
| 9 | 0.229 | 16.15 | 32 | 0.47 | 36 | » | 35 | 34 | |
| 8 | 0.203 | 0.48 | 33 | 51.16 | 29 | » | 35 | 32 | |
| 7 | 0.178 | 17.16 | 28 | 0.46 | 30 | » | 34 | 31 | |
| 6 | 0.152 | 0.43 | 27 | 52 17 | 31 | » | 30 | 29 | |
| 5 | 0.127 | 18.07 | 24 | 0.38 | 21 | » | 25 | 23 | |
| 4 | 0.102 | 0.27 | 20 | 0.59 | 21 | » | 25 | 22 | |
| 3 | 0.762 | 0.44 | 17. | » | » | » | 20 | 19 | |
| 2 | 0.508 | » | » | » | » | » | 20 | 20 | |

Il résulte de ce tableau que du 24e pouce au 7e, le temps de l'abaissement, par chaque pouce, est de 32 à 33 secondes, et que par conséquent, entre ces limites, la ren-

trée de l'air atmosphérique est indépendante de la densité de celui qui est dans le tuyau. La moyenne des différences ne donne à la vérité que 26 secondes pour le temps écoulé entre le 23e et le 22e, mais je regarde ce chiffre comme une anomalie. A partir du 7e. le mercure baisse plus rapidement. Les chiffres vont en diminuant jusqu'à 20".

Le temps total de l'abaissement a été de 10' 26" dans une expérience et de 9' 58" dans l'autre. On est parti de la hauteur de 24.

Chaque expérience sur l'ascension a été faite après le passage d'un ou plusieurs convois : j'en ai fait une après la rentrée de l'air, sans soumettre le tube à ce passage. Jusqu'au 20e pouce, les choses se sont passées comme dans les autres expériences d'ascension, mais nous avons remarqué que les derniers pouces s'obtenaient plus difficilement ; d'où il faut conclure que la soupape ferme mieux après le passage d'un convoi. Ce résultat était facile à prévoir ; ayant donné pendant l'expérience passage à l'air, elle n'a plus joint comme si la roue avait passé dessus et comme si le mastic avait été liquéfié. Cependant, je dois dire que je m'attendais à ce que cet effet fût plus sensible ; mais il est probable que si j'avais fait plusieurs fois de suite cette expérience, j'aurais trouvé que la soupape fermait de moins en moins bien ; la roue qui appuie la soupape est d'une utilité incontestable, il en est de même sans doute de la composition de cire et de suif ; mais cette composition n'agit pas par la liquéfaction ; le cylindre échauffé destiné à produire cet effet n'agit que pendant un temps beaucoup trop court pour que son action soit efficace. En supposant une vitesse de 10 mètres par seconde, et c'est une vitesse faible, il ne reste qu'un dixième de seconde sur chaque point, car il n'a qu'un mètre de longueur ; l'action utile de ce cylindre est la compression. Il pousse la composition contre le bord de la soupape et bouche ainsi les interstices.

Au nombre des expériences faites au moyen du baromètre, je ne dois pas oublier celle qui a été faite par M. Samuda et par M. Pim, trésorier de la compagnie du chemin de Dublin à Kingstown, et à qui l'on doit l'établissement du chemin atmosphérique. Ces messieurs, munis chacun d'un chronomètre, ont observé, l'un le baromètre de la machine à vapeur, et l'autre celui qui est placé, sous le tunnel, à Kingstown; leur but était de reconnaître la rapidité avec laquelle le vide se propage dans le tube. Leur expérience est consignée dans le tableau suivant.

*Observations faites sur l'ascension du mercure dans le baromètre, simultanément à Dalkey et à Kingstown.*

| MESURES | | MOMENTS DE L'OBSERVATION | | DIFFÉRENCES. |
|---|---|---|---|---|
| anglaises. | françaises. | à Dalkey. | à Kingstown. | |
| pouces. | mètres. | ′ ″ | ′ ″ | ″ |
| 4 | 0.102 | 35 15 | 35.50 | 35 |
| 5 | 0.127 | 0.20 | 0.59 | 39 |
| 6 | 0.152 | 0.30 | 36.08 | 38 |
| 7 | 0.178 | 0.45 | 0.15 | 30 |
| 8 | 0.203 | 0.55 | 0.25 | 30 |
| 9 | 0.229 | 36.05 | 0.33 | 28 |
| 10 | 0.254 | 0.15 | 0.42 | 27 |
| 11 | 0 279 | 0.25 | 0.53 | 28 |
| 12 | 0.305 | 0 36 | 37.03 | 27 |
| 13 | 0.330 | 0.47 | 0.13 | 26 |
| 14 | 0.356 | 37.00 | 0.27 | 27 |
| 15 | 0.381 | 0.11 | 0.41 | 30 |
| 16 | 0.406 | 0.25 | 0.57 | 32 |
| 17 | 0.432 | 0.50 | 38.20 | 30 |
| 18 | 0.457 | 38.12 | 0.42 | 30 |
| 19 | 0.483 | 0.35 | 39.08 | 33 |
| 20 | 0.508 | 39.04 | 0.42 | 38 |
| 21 | 0.533 | 0.40 | 40.27 | 47 |
| 22 | 0.559 | 40.30 | 41.25 | 55 |

La moyenne des différences est de 31 secondes; c'est le temps qui s'écoulait avant que le baromètre du tunnel marquât la même hauteur que celui de la machine; la longueur étant de 2 750 mètres, le vide se pro-

pageait d'environ 89 mètres pendant chaque seconde. Je n'ai point employé, dans le calcul de la différence moyenne, les deux dernières différences qui sont de quarante-sept et de quarante-cinq secondes, je les regarde comme formant une anomalie ; elle a été probablement produite par la difficulté d'observer les hauteurs de 21 et de 22 pouces. Arrivé à ce point, le mercure oscille beaucoup, tandis qu'il monte à peu près graduellement pour les pouces précédents.

La dernière expérience que j'ai faite à l'aide du baromètre est celle sur les frottements du piston, des galets soulevant la soupape, du rouleau qui appuie sur cette soupape et du cylindre destiné à liquéfier la composition de cire et de suif dont j'ai parlé plusieurs fois. Dans la partie du chemin en ligne droite, partie dans laquelle la pente est de 1/115 ou de 0m.0087, nous avons conduit le waggon auquel est attaché le piston ; le poids de ce chariot et du piston est de 4 tonnes 1/10 ; il était chargé de treize personnes, qui, à raison de 156 livres (70 kilog.) chacune, formaient un poids additionnel de 2 028 livres ou de 9/10 de tonne, de sorte que le poids total était de 5 tonnes ; j'ai fait faire un vide tel que le chariot prît un mouvement lent et régulier. D'abord, pour vaincre la force d'inertie, le baromètre est monté à 4 et 5 pouces ; mais lorsque le mouvement est devenu régulier le mercure oscillait entre 1 pouce et demi et 2 pouces. Le vide était réglé par un ouvrier qui ouvrait plus ou moins la soupape par laquelle le tube de propulsion communique avec celui d'aspiration ; dans celui-ci le vide était fait à 25 pouces : la partie où l'expérience avait lieu est très-près de l'endroit où les deux tubes se réunissent. De crainte d'erreur, et pour me placer dans un cas défavorable, j'ai supposé que les frottements équivalaient à un vide mesuré par deux pouces ou à une livre par pouce quarré. La surface du piston est de 176 pouces (0m.1140), de sorte que la force avec la-

quelle on était en équilibre était de 176 livres (79k.73). La partie de cette force employée à vaincre le frottement du waggon sur les rails (0.004) et la pente qui est de 0.0087, en tout 0.0127, est, pour 5 tonnes ou 11 200 livres, 142 livres; il restait donc 34 livres (15k.14) pour les frottements cherchés. Les 34 livres sur le piston entier donnent sensiblement 0l.2 par pouce superficiel : ce qui en mesures françaises équivaut à 0k.136 par centimètre quarré.

M. Teisserenc, à Wormwood-Scrubs, a trouvé, par une expérience faite avec soin, que la hauteur du mercure qui produisait un mouvement du waggon lent et régulier était de 3 pouces et demi, répondant par pouce superficiel à une force de 1 livre 7/10, et pour le piston entier dont la surface était de 63 pouces 1/2 à une force de 108 livres; cette expérience a été faite sur une partie de niveau. Retranchant 50 livres pour le frottement du chariot, il lui est resté 58 livres pour celui du piston et des accessoires. Comme, à la hauteur de 18 pouces, il avait une force propulsive de 572 livres, il concluait que ce frottement était de plus du 1/10 de cette force.

Il n'est pas étonnant que M. Teisserenc ait trouvé, pour ces résistances, un chiffre plus élevé que celui que j'ai trouvé moi-même. Le chemin de Wormwood-Scrubs était dans le plus mauvais état et comme abandonné, tandis que celui de Kingstown à Dalkey vient d'être achevé et que l'on y a apporté tous les soins propres à en garantir le succès. Ce qui explique en quelque sorte le chiffre peu élevé de 34 livres, dans lequel le piston doit entrer pour la plus forte part, c'est que le tube est partout garni d'une couche de suif. A cet effet, avant la pose, chaque bout de tuyau étant chauffé en recevait un certaine quantité et était ensuite soumis à un mouvement de rotation pendant lequel un ouvrier étendait et régularisait cette couche. Je dois ajouter que le piston est d'ailleurs parfaitement suspendu au waggon directeur de manière à ce que le frottement soit

le même sur toute la circonférence ; le fréquent usage du piston doit distribuer le suif de la manière la plus convenable dans le tube qui d'ailleurs n'est pas alésé. J'ai remarqué qu'il n'en entraînait pas avec lui la moindre parcelle.

A propos de cette expérience, M. Teisserenc fait une observation fort juste, c'est que la force motrice croît comme le quarré du rayon du tube, tandis que le frottement du piston n'est proportionnel qu'au simple rayon. Les surfaces des pistons de Wormwood-Scrubs et de Kingstown sont dans le rapport de 63. 5 à 176, ou sensiblement de 1 à 3, tandis que les circonférences sont entre elles comme 28 : 48 ou 7 : 12.

Je vais passer maintenant aux expériences sur la vitesse.

Dans la première que j'ai faite, le baromètre marquait 24 pouces 3/4 ($0^m.629$), le convoi se composait de sept voitures pesant 22 tonnes 4/5. Plus de 200 personnes ont envahi les six waggons, de sorte que l'on peut évaluer le poids total du convoi à 38 tonnes (38. 60 tonneaux). Le piston introduit dans le tube, on a vu le baromètre du waggon directeur s'élever graduellement jusqu'à 9 pouces ($0^m.223$) quoique la soupape d'entrée restât fermée ; cet effet provient de ce que le piston bouchait plus hermétiquement le tube que cette soupape. Alors un vide mesuré par une hauteur de mercure de 9 pouces ($0^m.223$) existait entre le piston et la soupape ; c'est ce qui m'a fait dire, lorsque j'ai parlé de cette soupape, qu'elle resterait fermée quand même celle qui lui fait contre-poids ne serait pas d'une plus grande surface. On sent bien que les choses étant dans cet état, le convoi a dû être retenu par les freins. Nous étions en effet poussés en avant par une force de 792 livres ($358^k.78$). La soupape ayant été ouverte, le mercure a monté instantanément à 24 pouces 3/4 ($0^m.629$) dans le baromètre du waggon directeur ;

on a desserré les freins et nous sommes partis avec une vitesse très-grande, mais que je n'ai pas mesurée dans ce voyage ; je m'étais contenté d'observer l'heure du départ : à la courbe, dont le rayon est de $176^{m}.90$ et qui a un développement de 70 degrés au moins, la marche du convoi a été modérée par les freins ; nous n'en avons pas moins éprouvé un mouvement latéral très-prononcé et qui nous a poussés violemment les uns contre les autres lorsque nous sommes passés de cette courbe à la suivante, laquelle est tournée en sens contraire ; cet effet s'est produit en arrivant au pont établi pour la route de Glastoole. A tous les voyages, lorsque la vitesse était au moins de 30 milles (12 lieues) à l'heure, nous avons éprouvé la même secousse : c'est le seul endroit du chemin où elle a été aussi prononcée ; sans les contre-rails il est probable que les waggons qui nous suivaient auraient déraillé ; ce voyage s'est effectué en 3′ 15″. La distance étant de 2788 mètres, la vitesse, si elle avait été uniformément répartie, aurait été de près de 13 lieues à l'heure ; M. Samuda l'a observée de 40 milles (16 lieues) sur les parties droites.

Le convoi ramené à Kingstown, un second voyage a eu lieu immédiatement ; on est parti, le baromètre marquant 25 pouces, et l'on a fait le voyage en 3′ 7″ ; sur quelques points la vitesse a été de 45 milles, plus de 18 lieues. Dans le trajet le baromètre a baissé à 21 pouces ; cet effet venait de ce qu'on marchait plus vite que l'air n'était soutiré ; l'air restant dans le tuyau éprouvait une condensation qui faisait baisser le baromètre.

Dans l'expérience suivante, faite encore avec le même convoi, nous avons éprouvé l'effet contraire.

Partis à 8 pouces ($0^{m}.203$), c'est-à-dire avec une force de 704 livres ($318^{k}.91$), nous n'avons marché qu'avec une vitesse plus faible ; aussi avons-nous vu le mercure monter graduellement jusqu'à 20 pouces ($0^{m}.508$). Ici la ma-

chine faisait le vide plus vite que nous ne marchions. C'est là une propriété bien importante du système atmosphérique : si un ralentissement se produit par la trop grande charge du convoi, ou si l'on s'arrête, immédiatement la force propulsive augmente. Ce voyage a été effectué en 4′ 30″, ce qui revient à une vitesse de plus de 9 lieues à l'heure ; sur quelques points elle a été de 30 milles (12 lieues).

Dans les expériences suivantes, la vitesse a été cotée avec plus de soin. A chaque division du chemin formée d'une longueur de 44 yards (40$^{m}$.22), comme je l'ai dit ci-dessus, on a marqué le temps écoulé au moyen d'un instrument en forme de montre, lequel dépose un point d'encre chaque fois que l'on pousse un ressort sur un papier préparé ; ce papier a, bien entendu, un mouvement de rotation régulier : des temps écoulés l'on déduit les vitesses. Dans mes notes, j'ai ces vitesses estimées par heure, par chaque division, pour plusieurs convois. Afin de présenter des résultats plus faciles à saisir, je les ai groupés par quarts de mille ; j'ai ainsi formé le tableau suivant :

*Expériences sur les poids et les vitesses des convois.*

| POIDS des convois. | | VITESSES PAR HEURE exprimées en milles et en kilomètres, correspondantes aux | | | | | | | | | | | | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1er quart de mille. 402m.25 | | 2e quart de mille. 804m.50 | | 3e quart de mille. 1206m.75 | | 4e quart de mille. 1609m.00 | | 5e quart de mille. 2011m.25 | | 6e quart de mille. 2413m.50 | | |
| Mesures anglaises. | Mesures françaises. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | |
| tonn. | tonn. | mill. | kilom. | mill. | kilom. | mill. | kilom. | mill. | kilom. | mill. | kilom. | mill. | kilom. | |
| 30 | 30.48 | 18.85 | 30.33 | 26.59 | 42.78 | 26.47 | 44.21 | 27.82 | 44.76 | 32.13 | 51.70 | 32.62 | 52.49 | (*) |
| 30 | 30.48 | 17.95 | 28.89 | 25.56 | 41.12 | 26.47 | 44.21 | 25.10 | 40.39 | 28.30 | 45.53 | 30.97 | 49.83 | |
| 38 | 38.61 | 18.10 | 29.14 | 32.20 | 51.84 | 28.96 | 46.62 | 32.20 | 51.84 | 30.00 | 48.30 | 28.96 | 46.62 | |
| 70 | 71.12 | 13.37 | 21.51 | 17.25 | 27.75 | 19.71 | 31.71 | 19.28 | 31.02 | 21.37 | 34.40 | 20.95 | 33.71 | |
| Vitesses, à la descente, produites par la gravité. | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 30.48 | 13.69 | 22.03 | 20.27 | 32.61 | 22.24 | 35.78 | 20.56 | 33.08 | 21.20 | 34.11 | 21.00 | 33.79 | |

(*) Au delà des 2413m.50 l'expérience donne la vitesse pour quatre divisions composant une longueur de 176 yards ou 161m.87. Cette vitesse est celle du convoi, le piston étant sorti du tube de propulsion. Elle était de 18 milles lorsqu'on avait serré les freins pour arrêter.

Dans la 2e expérience elle n'était que de 12milles.41 ; 19k.97.

Ce tableau ne renferme que six quarts de mille ou 2 413$^{m}$.50. La longueur totale du chemin étant de 2 787$^{m}$.70, il reste 374 mètres pour lesquels les vitesses ne sont pas au tableau. Ces 374 mètres sont en général les derniers du chemin de fer. On voit à la colonne des observations que la vitesse à l'arrivée a été une fois de 18 milles (29$^{k}$.96), et une autre fois de 12.41 (19$^{k}$.97). En se reportant au plan, on voit que l'on est dans les courbes jusqu'au delà du 4$^{e}$ quart de mille. Aussi la plus grande vitesse n'existe-t-elle qu'aux 5$^{e}$ et 6$^{e}$ quarts. Sur quelques points de ces deux quarts elle a été de 40 milles (72$^{k}$.36) pour les deux premières expériences. La troisième expérience relative au convoi de 38 tonnes a été faite avec une montre à secondes. Les résultats en sont moins exacts que ceux des deux précédentes. La quatrième, où il s'agit d'un convoi de 70 tonnes, montre également des vitesses plus grandes à la sortie des courbes. Cependant ces vitesses approchent plus de l'égalité dans les différentes parties du chemin.

Pour compléter ce tableau, j'ajouterai que la vitesse qui a suivi le départ a été, pour la première expérience, de 4 milles 1/2 (7$^{k}$.24), et pour la seconde de 6 milles 54 (10$^{k}$.52), mais qu'à la 6$^{e}$ division, c'est-à-dire à une distance de l'origine de 264 yards (240 mètres) ou après un temps écoulé de 30 à 40 secondes, elle était déjà de 24 milles (38$^{k}$.62) pour la première expérience et de 21.17 (34$^{k}$.06) pour la seconde. Cette vitesse, acquise plus promptement qu'avec une locomotive, était due en partie à la pente que l'on trouve au départ.

Le tableau renferme une expérience faite au moyen du même instrument, sur les vitesses d'un convoi de 30 tonnes (30$^{t}$.48) abandonné à lui-même et descendant par la gravité. La plus grande vitesse a été de 22 milles 24 (35$^{k}$.78). Elle correspond au 3$^{e}$ quart de mille en descendant. Là on est presque au milieu du chemin et on se

trouve sur une partie à peu près droite de près de 400 yards (360 mètres). Après le départ, elle a été de $4^{m}.04$ ($6^{k}.50$); au bas de la pente de 0.0175, dont la longueur est de 329 mètres, elle était de 18 milles ($28^{k}.96$). La hauteur dont on est descendu à ce point étant de $5^{m}.78$, la vitesse théorique d'après la formule $V = \sqrt{2gh}$, abstraction faite des frottements, serait de près de 40 kilomètres.

Depuis mon départ de Dublin, quatre expériences ont été faites, l'une avec un convoi de 30 tonnes, les autres avec des convois de 60, de 70.50 et de 71.50 tonnes. Elles sont relatées dans le *Railway-Times* du 2 décembre 1843. Ayant déjà deux expériences faites avec un convoi de 30 tonnes, je ne parlerai pas de la première; je dirai seulement que, pendant cette expérience, on a marché sur la longueur de deux divisions, c'est-à-dire sur 88 yards ($80^{m}.45$) avec une vitesse de 51 milles 1/2 ($82^{k}.86$), près de 23 lieues à l'heure.

Je place d'autre part le tableau des trois autres expériences.

*Voir* le tableau, page 24.

*Expériences sur les poids et les vitesses des convois.*

| POIDS des convois. | | VITESSES PAR HEURE, exprimées en milles et en kilomètres, correspondantes aux | | | | | | | | | | | | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1er quart de mille 402m.25 | | 2e quart de mille 804m 50 | | 3e quart de mille 1 206m.75 | | 4e quart de mille 1 609m.00 | | 5e quart de mille 2 011m.25 | | 6e quart de mille 2 413m.50 | | |
| Mesures anglaises. | Mesures françaises. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | Mes. angl. | Mes. franç. | |
| tonn. | tonn. | mill. | kilom. | mill. | kilom | mill. | kilom. | mill. | kilom. | mill. | kilom. | mill. | kilom. | |
| 60.40 | 61.07 | 12.00 | 19.31 | 20.00 | 32.18 | 22.00 | 35.40 | 21.5 | 34.69 | 21 5 | 34 69 | 21.0 | 33.79 | (a) |
| 70.40 | 71.53 | 11.25 | 18 10 | 18.00 | 28 96 | 19 00 | 30.57 | 17.6 | 28.32 | 18.4 | 29.61 | 16.0 | 25.74 | (b) |
| 71.40 | 72.54 | 12.00 | 19.31 | 17.00 | 27.35 | 18.00 | 28.96 | 15.5 | 24.94 | 16.6 | 26.71 | 12.5 | 20.11 | (c) |

POIDS DU CONVOI.

| | tonn. |
|---|---|
| (a) 7 waggons à passagers. . . . | 25.27 |
| 5 waggons à marchandises. | 27.10 |
| Fer en bandes. . . . . | 5.03 |
| 47 passagers. . . . . | 3.10 |
| | 60.50 |

| | tonn. |
|---|---|
| (b) Waggons comme dessus. . . | 52.27 |
| Fer en bandes. . . . . | 10.03 |
| 121 passagers. . . . . | 8.10 |
| | 70.40 |

| | tonn. |
|---|---|
| (c) Waggons comme ci-dessus. | 52.27 |
| Fer. . . . . | 10.03 |
| 134 passagers. . . . . | 9.10 |
| | 71.40 |

Les vitesses dans le premier quart de mille sont sensiblement les mêmes pour les trois convois; elles sont de 11 à 12 milles (18 à 19 kilom.). On les voit ensuite diminuer quand la charge augmente. Ici le maximum de vitesse est au 3e quart de mille. Il est de 22 milles (35k.40), près de 9 lieues pour le convoi de 60t.40 ; de 19 milles (30k.57), plus de 7 lieues 1/2, pour celui de 70t.40 ; et de 18 milles (28k.96), 7 lieues 1/4, pour celui de 71t.40. Ce troisième quart de mille se trouve en plein dans les courbes. On doit conclure de ces vitesses que l'on n'a pas employé le frein, comme on avait coutume de le faire pour des convois moins chargés.

Ces dernières expériences renferment un document qui ne se trouve pas dans les précédentes : c'est la hauteur du mercure dans le baromètre pendant la marche du convoi. Pour la première, il était à 24 pouces 3/4 au moment du départ, et à 23 1/2 à l'arrivée. Pour la seconde, après avoir baissé de 24 3/4 à 24 1/4, il s'est relevé à 24° 3/4. Dans la troisième, il a baissé de 24° 3/4 à 24 pouces et est remonté à son premier niveau. Dans ces expériences, la résistance était sur tout le trajet, à très-peu près en équilibre avec la puissance.

En voyant circuler, sur le chemin de Kingstown à Dalkey, un convoi de plus de 71 tonnes, on se demande si l'on n'est pas bien près de l'effet maximum que peut produire le système atmosphérique, avec la dimension du tuyau et les conditions de pente que j'ai rapportées plus haut. Ici il y a quelque embarras pour calculer cet effet, à cause de la multiplicité des pentes. Je les ai ramenées à une seule en prenant une moyenne, pour le calcul de laquelle j'ai eu égard à la longueur affectée par chacune d'elles. Cette moyenne est de 0.0095. En ayant égard au frottement des waggons, il faut diviser la force totale qui est ici, pour 24 pouces 75, de 2 158 livres, et, déduction faite des 34 livres pour les frottements, de

2 124, par 13 livres 5. Le résultat de la division indiquera le nombre de mille livres qui peuvent être tirés. Ce résultat est de 157.3. Multipliant par 1 000 et divisant par 2 240, on a le nombre de tonnes : il est de 70 tonnes 22.

| | kilog. |
|---|---|
| Faisant le calcul en mesures françaises, je trouve que la puissance est de 977k.57, ci. . . . . | 977.57 |
| Déduisant pour les frottements. . . . . | 15.40 |
| Il reste. . . . . | 962.17 |

Lesquels divisés par 13.5 donnent 71t.27, qui correspondent bien aux 70t.22 trouvées ci-dessus.

Il est difficile d'avoir, en pareille matière, des résultats plus concordants. Ainsi l'on peut dire que l'on a atteint, dans les expériences, l'effet maximum. Le convoi qui a donné lieu à cet effet a marché avec une vitesse moyenne de 15 milles 5 (24k.940, 6 lieues 1/4).

Si le convoi eût marché sur un terrain horizontal, son poids aurait pu être de $\frac{962.170 \text{ k.}}{0.004} = 240^{t}.54$.

De tous les faits que je viens d'exposer et de toutes les expériences que j'ai rapportées, il faut conclure que le problème peut être regardé comme résolu pour le chemin de Kingstown à Dalkey, ainsi que pour toute autre ligne de même longueur ou même plus longue, sur laquelle se présenteraient des circonstances analogues. Quelques objections ont été faites : On a craint, par exemple, que la soupape longitudinale n'eût pas une longue durée. D'après ce que m'a dit M. Samuda, il paraît qu'elle n'éprouve aucune altération. Il faut remarquer qu'elle plie seulement jusqu'au point nécessaire pour laisser passer la tige qui lie le piston au waggon directeur. L'angle qu'elle fait ainsi n'est guère que de 45 degrés et ne la fatigue pas. J'ai vu, à Londres, dans l'atelier de MM. Samuda, quelques parties de celle qui a servi, pendant deux ans, au chemin de Wormwood-Scrubs, exposées à l'air et à la

pluie. Ces cuirs sont roides et durs; mais je crois qu'en les imprégnant de graisse, on les rendrait encore susceptibles de service.

On a dit encore que les galets du piston, par leur mouvement rapide de rotation (1 200 tours par minute, pour une vitesse de 20 mètres par seconde, ou 18 lieues à l'heure) brûleraient leur axe. Dans les ventilateurs ou machines soufflantes, la vitesse de rotation est encore plus grande sans qu'on y remarque d'inconvénient.

Le seul objet qui s'use dans ce système est le cuir du piston, quoiqu'il frotte contre du suif. M. Samuda estime qu'il faudra le changer lorsqu'il aura servi sur une longueur de 100 milles (40 lieues).

Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent est positif et pour ainsi dire de pratique. Je vais maintenant exposer comment je conçois que l'on puisse appliquer le système atmosphérique à des lignes plus longues que celle que je viens d'examiner. Je ferai différentes hypothèses afin de comprendre, autant que possible, tous les cas qui peuvent se présenter.

## CHAPITRE II. — APPLICATION DU SYSTÈME ATMOSPHÉRIQUE AUX CHEMINS DE FER EN GÉNÉRAL.

Le cas le plus simple est celui où il n'y a pas de rencontre de convois; à chaque extrémité d'une ligne existe une station. Les convois d'une station ne partent que lorsque ceux de l'autre station sont arrivés. Je suppose le chemin horizontal, c'est-à-dire que le tuyau sert dans les deux sens.

Avant d'aller plus loin, il faut faire une hypothèse fondamentale. Sur le chemin de Kingstown à Dalkey, la vitesse a souvent dépassé 40 milles (16 lieues) à l'heure, et, sans l'usage des freins, on aurait toujours eu pour les trains de 30 à 40 tonnes, répondant à 100 et 135 tonnes

sur terrain horizontal, une vitesse exprimée par un chiffre supérieur. M. Jacob Samuda se propose de marcher, lorsque le chemin sera dans de bonnes conditions de tracé, avec une vitesse de 60 milles (96k.54, 24 lieues). Je ne propose pas d'aller jusque-là; mais je pense que l'on peut sans inconvénient admettre des vitesses de 15 à 18 lieues. Si l'on veut adopter un système, il ne faut pas en paralyser les avantages. On s'accoutumera à faire 18 lieues, comme on s'est accoutumé à en faire 12. Certainement la transition sera moins grande que lorsqu'on est passé des chevaux aux locomotives. Déjà, sur le Great-Western, on fait 13 à 14 lieues à l'heure.

La première chose à déterminer est la distance à laquelle les machines fixes doivent être placées l'une de l'autre. La condition à remplir est que l'on obtienne, en cinq minutes, un vide mesuré par une hauteur de 21 à 22 pouces (0m.533 à 0m.559) de mercure dans le baromètre.

On sait déjà que, dans l'état actuel des choses, avec une machine de 100 chevaux, on obtiendra sensiblement ce résultat, puisque celle de Dalkey, travaillant avec les 3/5 environ de sa force, le produit pour un tuyau de près de 3 000 mètres de longueur.

Mais cette machine est-elle disposée de manière à économiser le temps, chose la plus essentielle à prendre en considération? Je ne le pense pas. Au commencement de l'action, la force n'est pas utilement employée. En effet, de part et d'autre, l'air a, pour ainsi dire, la même densité. L'effort à vaincre dans le premier moment est donc loin d'être en équilibre avec la puissance mise en action. Pour tirer parti de cette puissance, il faudrait faire agir, non un piston, mais plusieurs; et alors on verrait le vide se former avec une rapidité bien autrement grande qu'il ne le fait aujourd'hui. Il faudrait imiter ce qui se fait dans

la presse hydraulique, dont le travail a de l'analogie avec celui dont il est ici question : lorsque la résistance augmente, on cesse de faire agir le premier piston, pour en employer un plus petit. On sent qu'ici l'on pourrait avoir une série de pistons, trois ou quatre, par exemple, que l'on abandonnerait successivement pour n'agir à la fin qu'avec un seul qui suffirait pour contrebalancer la rentrée de l'air et maintenir le vide formé.

Aujourd'hui, qu'on le remarque bien, le travail des machines fixes est constant et continu. Voilà une nouvelle application qui surgit, laquelle exigera un effort croissant et intermittent. On sent bien que pour satisfaire à ces deux conditions, elles devront subir des modifications. Je viens d'indiquer un moyen de satisfaire à la première, moyen à l'aide duquel je me suis proposé de ménager le temps. D'autres procédés seront sans doute inventés, soit dans ce but, soit pour parer aux intermittences. Les mécaniciens trouveront certainement le moyen d'activer et de ralentir la combustion, et de résoudre le problème, sous le rapport de l'économie. Ils ont fait des choses plus difficiles pour les locomotives.

Cela posé, A et C, *fig.* 14, Pl. 6a, sont les deux stations. AB et BC sont des tuyaux de 5 000 mètres de longueur chacun. $m$, $m'$, $m''$ sont trois machines fixes. $m'$ communique à volonté avec AB et avec BC; $s$, $s'$, $s''$ et $s'''$ sont des soupapes d'entrée semblables à celle que j'ai décrite. Si un convoi se dispose à partir de A, la soupape $s$ est fermée ; $s'$ est ouverte, mais la soupape du bout du tuyau est fermée. $m'$ fait le vide en AB. En même temps qu'on introduit le piston en A, on prévient, au moyen du télégraphe électrique, le mécanicien de $m''$ de faire le vide en BC. A cet effet, la soupape $s''$ est fermée, ainsi que la soupape de sortie placée en C. Le convoi partant de A arrive en B en 5 minutes (je suppose 15 lieues à l'heure pour la facilité du calcul). On peut, dans l'espace

pratique pourra ne pas s'arranger d'une exactitude aussi rigoureuse. Mais, bientôt formés par l'habitude, les mécaniciens apprendront à anticiper, si cela est nécessaire, sur l'heure qui leur sera indiquée par le télégraphe électrique. Les convois, arrivant en même temps en D et en E, *fig.* 10, y trouveront des voies préparées pour le croisement. La *fig.* 16, montre ces voies tracées sur une plus grande échelle. On voit que les waggons de tête parfaitement dirigés dans leur marche imprimeront au piston une direction certaine. La *fig.* 17 montre comment on peut enlever des waggons du convoi et y en introduire d'autres.

Comme on s'arrangera toujours pour placer les croisements à l'endroit des stations, il y aura nécessairement un temps d'arrêt. L'intervalle DE, qui sera de 75 mètres plus ou moins, suivant la longueur des trains, sera divisé en deux plans inclinés égaux d'une pente de 0.020 à 0.025, afin que la gravité y puisse agir efficacement. Chaque convoi, par sa vitesse acquise, montera au sommet du plan incliné et ne sera arrêté qu'au moment où plus de la moitié des waggons aura passé le point culminant. Après le service fait à la station, les convois seront mis en mouvement par la plus légère impulsion. Le waggon de tête introduira le piston dans le tube où le vide aura été fait pendant le temps d'arrêt. Ce temps d'arrêt, pour que le vide soit fait dans CD et dans EF par $m''$ et $m^{IV}$, devrait être de 2' 30". Si on le trouve trop long, on pourra l'abréger au moyen d'un réservoir d'air dilaté. Les tuyaux d'aspiration qui conduiront à la machine $m'''$ pourraient remplir en partie cet objet.

Le temps du voyage sera donc dans l'hypothèse d'un chemin de 25 000 mètres, d'environ 27 minutes. On pourra en conséquence faire partir des convois au moins toutes les 35 minutes. On satisfera donc encore ici à la circulation la plus active; et l'on a une telle marge à cet égard que,

comme dans l'exemple précédent, on pourra appliquer le système à un pays accidenté.

Un pareil chemin, le précédent même, qui n'a qu'une longueur de 10 000 mètres, ne peut pas exister sans stations intermédiaires. Aujourd'hui, sur le chemin de Kingstown à Dalkey, M. Samuda (j'en ai fait l'expérience) arrête le convoi à volonté, au moment de la plus grande vitesse; mais, à cet effet, il emploie les freins. Je lui ai fait des objections à cet égard, et il m'a proposé d'arrêter les convois au moyen d'une soupape semblable à celle d'entrée et d'un piston d'arrière. J'avais songé moi-même à ce moyen qui viendra naturellement à l'esprit de tout ingénieur au courant de la manière dont agit le moteur. Ce piston ferait le vide à partir de la soupape qui pourrait être fermée par un procédé analogue à celui que j'ai décrit. Ceci m'amène à parler d'un piston ingénieux que j'ai vu dans l'atelier de M. Samuda, à Londres.

La *fig.* 4 de la Pl. 62 représente le piston ordinaire. Les mâchoires qui serrent le cuir sont composées d'une plaque en fer arcboutée par six contreforts. Dans le piston dont je veux parler, la plaque est percée de six trous entre les contreforts; un registre placé derrière la plaque ouvre ou ferme ces trous à volonté. Le mouvement de rotation lui est imprimé par un mécanisme très-ingénieux, qui peut être facilement manœuvré de l'intérieur du waggon directeur. On conçoit que si la soupape est fermée et que le convoi s'avance, avec le piston d'arrière bouchant hermétiquement le tube, le vide produit en arrête la marche. Pour repartir, on n'aurait qu'à ouvrir le registre.

Il serait bon que le piston de tête portât le même mécanisme. En cas de danger, le registre ouvert détruirait, par l'introduction de l'air, le vide du tuyau, et par conséquent la force propulsive.

Si je suis parvenu à démontrer que l'on peut établir

un chemin d'une longueur de 25 000 mètres, on en conclura qu'il est possible de faire l'application du système à toute longueur. Les croisements de trains s'y feront de la même manière; les départs y seront aussi fréquents; ils pourraient même l'être plus que je ne l'ai supposé, en faisant les croisements plus rapprochés. Ce système, quoiqu'on n'y admette qu'une voie, peut donc satisfaire aux échanges si actifs qu'on les suppose. Cependant, il ne faut rien exagérer, et s'il se présentait une circonstance où, comme lorsque la foule se presse certains jours à Versailles, il faut ramener, dans peu d'heures, une multitude de personnes, deux voies seraient sans doute nécessaires.

C'est ici le lieu de parler de quelques avantages du système atmosphérique et de quelques objections dont je n'ai pas encore eu l'occasion de m'occuper.

D'abord ce système, n'admettant pas de locomotives, est exempt des dangers auxquels elles donnent lieu. Il a sans doute quelque importance aujourd'hui : le 8 mai 1842, il en aurait eu bien davantage. En second lieu, il présente une sécurité complète sous le rapport de la rencontre des convois, deux convois ne pouvant être engagés sur le même tuyau. Cependant on a fait une objection à cet égard; on a dit : Si une station est placée en B, *fig.* 14, Pl. 62, entre le tube AB et le tube BC, et que le convoi y soit retenu par un accident quelconque, un autre convoi parti de la station A, à l'heure de départ prescrite, pourra venir le heurter. La réponse est qu'aucun convoi ne pourra partir de A, puisque le vide ne sera pas fait en AB. En effet, pour que ce vide soit effectué, il faut que la soupape de sortie B soit fermée. Or, le convoi étant arrêté sur ce point, le gardien des soupapes se gardera bien de la fermer. Si cette soupape se ferme par le passage du convoi même, il y aura encore plus de certitude qu'elle ne le sera pas; car le dernier waggon n'agira sur elle que

lorsqu'il sera éloigné de 25 à 30 mètres, c'est-à-dire qu'il sera sur le tuyau BC, alors il n'y aura plus de collision possible. Il faut se souvenir que le convoi ne peut partir de A que quelques minutes après la fermeture de la soupape B.

Sur un chemin de fer atmosphérique, il n'y a point de déraillement possible; ou du moins, si un waggon déraile, aucun accident n'en peut résulter. D'abord, le waggon directeur, rigidement attaché à un tuyau que l'on doit regarder comme immobile, vu son poids et ses attaches, ne peut dérailer. Ceux qui le suivent et qui sont serrés les uns contre les autres, déraileront d'autant plus difficilement. Mais, dans un chemin de fer, lorsque la voiture directrice est maintenue dans la voie, peu importe qu'un waggon de la suite déraile. Ses roues labourent le sol à côté de la voie; mais comme il ne peut s'écarter, aucun accident n'est à craindre; il ne résulte de là qu'un retard dans la marche. Ceci est d'une conséquence grave pour la construction des chemins suivant le système atmosphérique. Les rayons des courbes, que nous ne devons pas faire de moins de 800 mètres dans les chemins à locomotives, peuvent, dans ce système, être beaucoup plus courts. Je ne pense pas qu'on doive descendre aussi bas qu'au chemin de Kingstown à Dalkey, mais je regarde les rayons de 3 à 400 mètres comme très-proposables.

M. de Pambour dit, page 594 de sa nouvelle édition, qu'avec l'inclinaison adoptée de 1/7 pour la bande des roues et le jeu des waggons de 1/2 pouce ($0^m.012$ à $0^m.013$) de chaque côté sur les rails, on peut construire des courbes de 600 pieds (183 mètres) sans que le mentonnet des roues extérieures des waggons soit exposé à toucher le rail du même côté. Cependant, ajoute-t-il, comme ce résultat suppose les rails exactement de niveau, et qu'il pourrait, pendant le service, se produire dans le rail extérieur une dépression accidentelle qui exposerait le mentonnet de la

roue de ce côté à frotter contre le rail, nous limiterons, pour plus de sûreté, le résultat précédent aux courbes ayant 1 000 pieds anglais ou 300 mètres de rayon.

L'équation qui lui donne ce résultat est indépendante des vitesses.

Dans les chemins de fer actuels, si une locomotive s'arrête, il en résulte de graves accidents. M. Samuda a obvié, par la précaution que je vais mentionner, au cas où le piston rencontrerait quelque obstacle qu'il ne pourrait vaincre. On voit, sur les dessins, que le waggon directeur porte une espèce de mâchoire dans laquelle entre la tige ou plutôt sa plaque de jonction avec le piston. Cette plaque se trouve ainsi, pour ainsi dire, moisée. Un boulon en bois de quatre centimètres environ de diamètre traverse l'assemblage; un autre boulon en fer, appartenant à la plaque de jonction, saillant de chaque côté, de trois centimètres à peu près, est disposé de façon à pousser en avant la mâchoire moisante, en appuyant sur le fond de rainures faites à cet effet. Ces rainures se prolongent derrière le boulon de manière à le laisser échapper au besoin. Si le piston s'arrête, le convoi, par sa force vive, brise la cheville de bois, la plaque de jonction reste attachée au piston, le waggon directeur part en avant sans secousse sensible, et perd bientôt sa vitesse acquise. Il faut beaucoup de mots pour expliquer un mécanisme qui se voit au premier coup d'œil sur les *fig.* 2, 7, 9 et 13 de la Pl. 62.

Je remets à la fin de ce chapitre à parler des avantages que présente le système atmosphérique, sous le rapport des pentes. De Kingstown à Dalkey, le piston marche dans le même sens; on descend par la gravité. Mais, dans les cas les plus ordinaires, il faudra que le piston parcoure le tube en sens contraire. On pourrait penser d'abord qu'il suffira de le retourner, en faisant manœuvrer convenablement, dans la station, le waggon direc-

teur. Mais la plaque de jonction, qui est coudée, comme on le voit aux dessins, pour échapper plus facilement à la soupape, se présenterait mal pour le voyage de retour. Il faudra, pour remédier à cet inconvénient, que la tête du piston puisse être mise à la place du contrepoids, et *vice versâ*. Cette opération se fera en peu de minutes. Il faudra de plus que le waggon directeur porte à son avant, comme à son arrière, un plancher, une roue pour appuyer la soupape et un cylindre pour comprimer la composition de cire et de suif. Rien n'est plus facile que d'empêcher ces pièces de fonctionner, quand on ne veut pas qu'elles fonctionnent.

Une autre objection est relative aux passages à niveau. Ils se feront exactement comme ils se font sur les chemins à locomotives. A cet effet, on interrompra le tuyau; mais, pour ne pas avoir de solution de continuité dans l'aspiration, on joindra les deux tuyaux séparés, par un autre tuyau, enfoncé en terre, se recourbant à angle droit à ses deux extrémités pour se brancher à leur partie inférieure. Les points de jonction seront au delà des soupapes d'entrée et de sortie que l'interruption des tuyaux forcera de mettre à leur extrémité. Dans l'état propre au service, la soupape de l'extrémité du tuyau par lequel arrivera le convoi sera fermée, ainsi que la soupape d'entrée de l'autre tuyau. Lorsque le waggon directeur se présentera, la première sera ouverte, comme à l'ordinaire, par l'air comprimé poussé par le piston. Une autre soupape, placée dans le tuyau de communication, sera fermée en même temps par l'effet du passage du convoi; celle d'entrée du tuyau suivant sera ouverte lorsque le piston sera engagé dans ce tuyau par le gardien du passage, ou, ce qui vaut mieux, par le convoi même.

Un autre moyen consisterait à ne pas interrompre le tuyau, mais à faire deux plans inclinés à 5 centimètres de pente par mètre pour le passage des voitures. Dans ce

cas, il faudrait trois rainures, deux pour les roues des waggons et la troisième pour la tige de jonction, la roue qui appuie la soupape et le cylindre qui comprime la composition. Les ouvertures seraient trop larges et trop profondes, surtout celles des rails, pour qu'on ne fût pas obligé de les couvrir. Il serait facile d'y adapter des madriers en sapin qui, au moyen de contrepoids, se manœuvreraient facilement, soit par le convoi même, soit par les mouvements inverses des barrières.

L'intention des auteurs du système serait de n'employer qu'une voie, à moins de circonstances exceptionnelles. Ce n'est qu'ainsi qu'ils pensent pouvoir entrer en concurrence, sous le rapport des frais d'établissement, avec les chemins de fer ordinaires. La rapidité avec laquelle ils comptent parcourir chaque tuyau (M. Samuda veut marcher à raison de 60 milles, 24 lieues, à l'heure) laisse, pour ainsi dire, ce tuyau toujours libre. J'ai fait voir plus haut que, même avec une vitesse de 15 lieues, on peut satisfaire à une circulation telle qu'il ne s'en rencontre nulle part; mais cette combinaison donne lieu à une objection sérieuse. On dit : Mais si un accident arrive sur votre voie unique, la circulation est interceptée ; avec les deux voies d'un chemin à locomotives, si l'une des deux se trouve embarrassée, on se met sur l'autre. Je ne me dissimule pas la gravité de cette objection ; je ne la détruis pas, mais je l'atténue en disant que plusieurs des accidents qui arrivent sur les chemins à locomotives n'auront pas lieu avec le système atmosphérique : point de rencontre de trains, point de dérailement probable. D'où proviendrait donc l'accident? De la malveillance? Mais dans ce cas les chemins à locomotives ont le même inconvénient que les chemins atmosphériques : on coupera aussi bien deux voies qu'une seule. Je ne vois d'arrêt que par la rupture d'un essieu ou d'une roue ; mais ces cas ne se présentent guère. La voie serait d'ailleurs promptement débarrassée du

waggon hors de service. Il y aurait un temps d'arrêt sans doute, je n'en disconviens pas. Il y en a aussi quelquefois sur les chemins à locomotives, malgré leurs deux voies.

Dans le chapitre consacré à la comparaison du prix d'établissement, je parlerai de la possibilité de faire des gares d'évitement.

On dit encore : Les machines fixes seront placées à cinq mille mètres l'une de l'autre; dans l'intervalle, le chemin présentera des pentes et des contrepentes; le vide sera fait pour monter ces contrepentes ou rampes. Il sera donc trop considérable pour descendre les pentes. Là, vous irez trop vite et vous aurez une force perdue; vous n'aurez aucun moyen de communication pour dire à votre mécanicien de suspendre ou d'accélérer le travail de la machine. Avec la locomotive, au contraire, que l'on a sous la main, on règle comme on veut la force de traction; c'est un animal docile attelé au convoi, qui précipite sa marche, la ralentit, s'arrête et recule à la volonté de celui qui le dirige. Cette objection a aussi de la gravité, il faut en convenir. Je répondrai que l'habitude de se servir d'une chose donne une dextérité à laquelle, de prime abord, on refuserait de croire : que l'on réglera le vide suivant le poids des convois; que sans doute, sur certains points, on ira plus vite que sur d'autres, mais qu'à cela il n'y a pas un grand inconvénient, qu'on en use de même sur les chemins à locomotives; que d'ailleurs, lorsque la puissance sera proportionnée à la résistance, la marche sera assez régulière. Sur le chemin de Kingstown à Dalkey, où l'on monte toujours, il est vrai, mais où cependant des rampes se suivent avec une inclinaison du simple au double, la marche des convois fortement chargés avait, suivant les dernières expériences, une régularité satisfaisante. J'ajouterai qu'il n'est pas vrai de dire qu'il n'y a pas de moyen de communication entre le méca-

nicien et le convoi : le baromètre qu'il a sous les yeux lui indique toujours la force avec laquelle il agit sur le piston. Le plus ou moins de rapidité du convoi lui est apparent par l'abaissement ou l'ascension du mercure. C'est un instrument dont il apprendra bien vite à se servir.

On dit enfin que les convois ne pourront pas reculer ; mais quand faut-il que les convois reculent? Dans les stations généralement. L'objection est fondée, dans l'état actuel des choses, pour les stations qui se trouveront sur les tuyaux mêmes ; mais l'on ne peut pas affirmer que l'on ne trouvera pas le moyen d'effectuer ce mouvement. Il ne s'agit que de faire un piston qui s'y prête; car là, comme je l'ai dit, on aura le vide devant et derrière et la faculté, au moyen du piston à jour, de le détruire dans le sens qu'on voudra. Mais d'ailleurs il y a en Angleterre un chemin sur lequel le reculement n'est pas possible : c'est celui de Blackwall ; et cependant on ne trouve point que ce soit un inconvénient.

Une dernière objection est relative à la manœuvre des waggons dans les stations. En l'absence des locomotives, on n'aura à sa disposition que la force des hommes et celle des chevaux. Mais je ferai observer qu'il n'y aura plus à mouvoir des poids énormes comme aujourd'hui. Un waggon chargé ne pèse que cinq à six tonneaux, et il suffira pour le faire marcher d'un effort de 20 à 25 kilogrammes.

Prenant encore ici un exemple en Angleterre, je dirai qu'à la station, à Londres, du chemin de Birmingham, il n'entre jamais une locomotive.

Je crois n'avoir omis aucune des objections qui ont été faites. Plusieurs méritent d'être prises en considération ; mais présentent-elles des difficultés insurmontables ? sont-elles de nature à faire abandonner le système? Je ne le pense pas ; c'est pourquoi je demande un essai. Si tout était parfait dans ce système, l'essai serait inutile et l'on

n'aurait plus qu'à en faire des applications, certain que l'on serait du succès; mais, malgré le grand pas fait en Irlande, des perfectionnements restent à trouver. Qu'on se souvienne de ce qu'étaient les locomotives dans l'origine et des énormes améliorations qu'elles ont subies depuis vingt ans.

J'ai fait entrevoir plus haut l'avantage du système atmosphérique sous le rapport des pentes. Je vais entrer dans quelques détails à ce sujet. Je ferai d'abord remarquer que le mouvement, dans ce système, ne dépend pas de l'adhérence d'une roue en fer contre un rail également en fer, adhérence que l'on cherche à augmenter en faisant des locomotives de plus en plus pesantes. Un piston peut monter, à toute pente, même verticalement, dans un tube où l'on a fait le vide. Dans ce système, la limite de la pente, limite qui variera d'ailleurs suivant les circonstances du terrain, sera déterminée par l'importance de la circulation. Prenons une base et citons des exemples.

On peut admettre que l'on aura à sa disposition une force de 850 kilogrammes. C'est celle qui résultera du vide à 21 pouces ($0^m.56$) dans un tuyau de $0^m.39$ de diamètre, sensiblement égal par conséquent à celui de Kingstown à Dalkey, déduction faite du frottement du piston et des accessoires. Ce vide s'obtient en cinq minutes au plus. Sur un terrain de niveau, le frottement des roues étant évalué à 0.004 du poids du convoi, cette force fera mouvoir 213 tonneaux.

| | | |
|---|---|---|
| Sur une pente de 0.005 le convoi sera de | 93 tonneaux. | |
| | 61 sur une pente de | 0.010 |
| | 45 | 0.015 |
| | 35 | 0.020 |
| | 29 | 0.025 |
| | 25 | 0.030 |
| | 19 | 0.040 |
| | 15 | 0.050 |

A moins de circonstances impérieuses exigeant de très-

On voit ici l'influence du frottement. En effet, si l'on en fait abstraction, la formule donne une vitesse de 20 mètres pour une hauteur de chute de 20$^{m}$.40 et pour un espace parcouru de 510 mètres. La force retardatrice du frottement fait donc gagner 461$^{m}$.45 en longueur et 3$^{m}$.89 en hauteur. Si l'on admettait que $i = 0^{m}.010$, l'on aurait $l = 3\,400$ mètres. Sur cette longueur, on descendrait donc de 34 mètres avant d'avoir atteint la limite de vitesse prescrite.

Une force qu'il est difficile d'apprécier, mais qui vient retarder la marche du convoi, est celle qui provient de la résistance de l'air. M. de Pambour a donné une table qui pourrait servir à établir quelques calculs; mais elle est fondée sur des expériences faites par un temps à peu près calme, et lorsque le vent souffle, sa direction, son intensité apportent une telle complication dans le problème, qu'il devient, pour ainsi dire, impossible de le résoudre. Je me contenterai d'observer que ces effets, quels qu'ils soient, sont une cause d'allongement pour le plan incliné à 0$^{m}$.025 au bas duquel la vitesse de 20 mètres par seconde est acquise, et qu'après l'avoir trouvé plus haut d'une longueur de 971$^{m}$.45, je puis bien le supposer, sans crainte d'erreur dangereuse pour la rapidité de la marche, de 11 à 1 200 mètres, donnant lieu à une différence de niveau de 27$^{m}$.50 à 30 mètres. Arrivé au bas de ce plan, il faudrait que le convoi rencontrât un palier horizontal, sur lequel il perdrait sa vitesse acquise. Là, les freins ordinaires seraient d'un bon usage et sans aucun danger. A ce moyen, on pourrait faire ce palier assez court; un plan incliné lui succéderait, sur lequel les choses se passeraient comme sur le précédent, et ainsi de suite. Les coteaux sur lesquels on appuie souvent les chemins de fer, en suivant les vallées, sont favorables à cette combinaison. On remarquera qu'elle a l'avantage de faire parcourir un long espace par le seul effet de la gravité. Il est

Les prix ont été :

| | fr. |
|---|---|
| Pour le chemin d'Orléans de | 1.50 |
| Pour celui de Rouen de | 1.68 |
| Pour celui de Nîmes de | 1.45 |
| | 4.63 |
| Moyenne | 1.54 |

On aura pour un kilomètre de terrassements — fr.

$27 \times 1^{fr}.54 \times 1\,000 = 41\,580$ fr., soit . . . . 41 600

Les ouvrages d'art ont coûté par kilomètre sur le chemin d'Orléans . . . . 35 000

(Ce prix comprend tous les ouvrages.)

Sur le chemin de Rouen (ce prix ne comprend pas les quatre grands ponts) . . . . 25 000

Sur celui de Nîmes (ce prix ne comprend pas le viaduc de Nîmes) . . . . 32 000

Total . . . . 92 000

Moyenne 30 667, soit . . . . 31 000

*Détail d'un mètre courant de voie.*

Détail pour $4^{m}.50$ :

| | fr. |
|---|---|
| Les rails pesant 30 kilogrammes le mètre courant, le poids des deux rails pour les $4^{m}.50$ sera de 270 kilogrammes, lesquels à $0^{fr}.34$ vaudront | 91.80 |
| 8 coussinets pesant moyennement chacun $10^{k}.50$, et ensemble 84 kilogrammes à $0^{fr}.26$ | 21.84 |
| 16 chevilles pesant chacune $0^{k}.30$ et ensemble $4^{k}.80$ à $0^{fr}.65$ le kilogramme | 3.12 |
| 8 coins en bois de chêne à $0^{fr}.20$ l'un | 1.60 |
| Chaque traverse d'un équarrissage de $0^{m}.17$ sur $0^{m}.27$ et $2^{m}.50$ de longueur, cubera 0.115, et les quatre traverses ensemble 0.46, lesquels à 90 fr. le mètre cube, compris transport, débitage et pose de coussinets, valent | 41.40 |
| Total pour $4^{m}.50$ courants de voie simple | 159.76 |
| et pour un mètre courant | 35.10 |
| Pose du mètre courant de voie | 1.20 |
| Prix du mètre courant de voie simple posée | 36.70 |

| | fr. |
|---|---|
| et pour deux voies | 73.40 |

A quoi il faut ajouter : 1° le ballast. Quand le ballast provient de sable ou de pierres trouvés dans les déblais, il est employé sur toute la largeur du chemin parce qu'il n'est pas

| | |
|---|---|
| *A reporter* | 73.40 |

| | fr. |
|---|---|
| *Report*. . . . . | 73.40 |

très-coûteux. Son cube par mètre courant sur $0^m.60$ d'épaisseur est alors de $5^m.30$ ; mais quand il faut aller le chercher au loin on en réduit le cube à ce qui est strictement nécessaire. Au chemin d'Orléans on s'est trouvé dans ce cas ; on n'en a employé que 4 mètres par mètre courant. Je supposerai que les $5^m.30$, ou les 4 mètres coûtent par mètre courant. . . . . 16.00

2° La valeur des voies de service dans les gares et à leurs abords. Celle de changements et croisements de voies. Je porterai à cet effet 1/5 du prix ci-dessus de $73^{fr}.40$. . . . . 14.70

Au chemin d'Orléans le prix de ces objets est entré dans la dépense pour une plus forte proportion.

Prix du mètre courant de voie double. . . . . 104.10

et pour un kilomètre. . . . . 104 000 f.

Les gares sont communes aux deux systèmes, je n'en parle ici que pour mémoire. Les constructions pour ateliers et dépôts de machines sont plus considérables pour le système à locomotives que pour le système atmosphérique. Ces constructions ont coûté au chemin de fer d'Orléans par kilomètre. . . fr. 9 000

Les barrières étant les mêmes dans les deux cas, il est inutile de les porter en dépense.

Reste le matériel d'exploitation.

Les waggons sont communs aux deux systèmes, il ne faut donc porter ici en compte que les locomotives.

Il est reconnu que, pour être bien fait, le service des chemins de Rouen et d'Orléans exigerait 60 locomotives, lesquelles avec les accessoires, coûteraient au moins 3 000 000 fr. En prenant 135 kilomètres pour leur longueur moyenne, on doit attribuer à chacun de ces kilomètres une valeur de locomotives de. 23 000

Avec ces données j'établis ainsi le prix du kilomètre de chemin de fer à locomotives.

| | fr. |
|---|---|
| Indemnités. . . . . | 40 000 |
| Terrassements. . . . . | 41 600 |
| Ouvrages d'art. . . . . | 31 000 |
| Double voie y compris le ballast et le service des gares. . . | 104 100 |
| Ateliers et dépôts de machines. . . . . | 9 000 |
| Locomotives. . . . . | 23 000 |
| Total. . . . . | 248 700 |

Pour avoir le prix total du kilomètre, il faudrait ajouter pour frais d'administration et de personnel, gares, barrières et waggons, suivant ce qui a été dépensé au chemin d'Orléans pour ces objets. . . . . 59 000

Prix total pour un kilomètre de chemin déduit des chemins de Rouen, d'Orléans et de Nîmes. . . . . 307 700

Soit. . . . . 310 000

| | |
|---|---|
| Mais ce n'est pas cette somme que nous avons à comparer avec le prix que je vais établir pour le système atmosphérique, c'est celle que j'ai trouvée ci-dessus de. . . . . | fr. 248 700 |

En donnant la valeur totale d'un kilomètre de chemin de fer à locomotives, je n'ai eu pour but que de compléter des renseignements qui paraîtront sans doute avoir quelque intérêt, puisqu'ils se rapportent, non à des projets, mais à des travaux exécutés. D'ailleurs, cette somme de 59 000 fr. devra être ajoutée au prix du kilomètre de chemin de fer atmosphérique que je vais établir, si l'on veut en connaître le montant total.

Je rappellerai d'abord, 1° que ce système ne comporte généralement qu'une voie; 2° qu'il admet des pentes qui peuvent aller jusqu'à $0^m.025$ et au delà; 3° que les rayons des courbes y peuvent être réduits à 3 ou 400 mètres.

La largeur de la voie est exactement la même que celle des chemins à locomotives, soit $1^m.50$. En supposant chaque accotement également de $1^m.50$, la largeur totale du chemin sera de $4^m.50$. Cette largeur est sensiblement dans le rapport de 5 à 9 avec celle des chemins à locomotives.

| | |
|---|---|
| Pour ces derniers, la largeur de la bande occupée est, pour le chemin d'Orléans, de. . . . . | $40^m.61$ |
| Pour celui de Rouen, de. . . . . | $33^m.81$ |
| Pour celui de Nîmes à Montpellier, de. . . . . | $31^m.60$ |
| | $106^m.02$ |
| Dont la moyenne est de. . . . . | $35^m.34$ |

Cette largeur, plus que quadruple de celle de la voie, est motivée par : 1° l'empâtement des talus qu'exigent les déblais et les remblais; 2° les dépôts et les emprunts de terre; 3° les chemins latéraux; 4° les fossés; 5° et enfin les gares d'évitement et de stationnement. De ces cinq causes, la principale provient de l'empâtement des talus qui sont souvent fort considérables. La condition des grands rayons, et surtout celle des pentes faibles, con-

duit inévitablement à ce qu'il en soit ainsi. Avec le système atmosphérique, les terrassements seront beaucoup moins considérables, et par conséquent les largeurs des talus. Ce serait donc porter en compte une dépense trop forte que d'évaluer les indemnités dans ce système aux 5/9 du prix de celles qu'il faut payer, dans les chemins ordinaires.

| | fr. |
|---|---|
| Je prendrai, comme estimation raisonnable, les deux cinquièmes de ce prix, et je porterai. . . . . | 16 000 |

Un chemin de fer, avec de fortes pentes, rentrera dans la catégorie des routes de terre, et certes si, de prime abord, on portait à 64 000 fr. la valeur des indemnités pour une lieue de route, eût-elle 14 mètres de largeur, on serait taxé d'exagération.

Ce que je viens de dire pour les indemnités s'applique à plus forte raison aux terrassements, et c'est ici le grand avantage du système atmosphérique. Lorsque j'étais ingénieur en chef de la Seine-Inférieure, j'ai fait exécuter un grand nombre de routes départementales. Dans un pays où les indemnités, les matériaux et la main-d'œuvre sont chers, j'ai cru devoir proposer de réduire à 7 mètres la largeur de ces routes. Elles sont du reste faites dans de bonnes conditions de tracé, avec des pentes qui n'excèdent pas 0.05 par mètre. Un relevé du prix des terrassements a été fait pour cinq de ces routes situées dans diverses parties du département; ils n'ont guère coûté que 2 000 fr. par kilomètre. Toutefois comme dans un chemin de fer atmosphérique, je prends pour maximum de pente $0^m.025$ que les rayons des courbes auront de 3 à 400 mètres, je ne me servirai pas de ce document qu'il m'a paru cependant utile de citer; mais rappelant que le cube des terrassements sera relatif, non-seulement à ces nouvelles conditions de tracé, mais encore à la largeur du chemin, je porterai, avec la conviction d'être au-dessus de la vérité, le 1/3 de la valeur trouvée pour les chemins de fer ordinaires. . . . . 14 000

Passant maintenant aux ouvrages d'art, je ferai remarquer que les plus nombreux, les ponts sous lesquels passera le chemin de fer, seront considérablement réduits dans leurs dimensions. Au lieu d'une hauteur de $5^m.50$ sous clef, ces ponts ne devront plus avoir que $3^m.50$ au plus, puisqu'il ne faudra plus livrer passage aux cheminées des locomotives. Le cube des remblais aux abords de ces ponts sera d'autant moindre. Leur largeur sera réduite de $7^m.40$ à $3^m.60$, Pl. 61, *fig.* 4 et 5. Je pense qu'en raison de toutes ces causes de réduction je puis bien diminuerde 10 000 fr. les 31 000 fr. comptés pour cet objet à l'article du chemin à locomotives, et porter. . . . . 21 000

*A reporter*. . . . . 51 000

| | | fr. |
|---|---|---|
| *Report.* . . . . . | | 51 000 |

Avant de faire le détail du mètre courant de voie, je ferai remarquer que les rails n'ont plus à résister qu'au poids des waggons, et qu'il suffira en conséquence de leur donner 15 kilogrammes par mètre courant.

*Détail pour* $4^{m}.50$.

| | fr. | |
|---|---|---|
| Les rails pesant 15 kilogrammes par mètre courant, le poids des deux rails pour $4^{m}.50$ sera de 135 kilogrammes, lesquels à $0^{m}.34$ vaudront. . . . . | 45.90 | |
| 8 coussinets pesant moyennement chacun 9 kilogrammes et ensemble 72 kilogrammes (on n'a pas besoin qu'ils soient aussi forts que pour des rails de 30 kilogrammes) à $0^{fr}.26$. . . . . | 18.72 | |
| 16 chevilles comme à l'autre détail. . . . . | 3.12 | |
| 8 coins en bois de chêne *id.* . . . . . | 1.60 | |
| Chaque traverse d'un équarrissage de $0^{m}.20$ sur $0^{m}.30$ et $2^{m}.50$ de longueur cubera $0^{m.c.}.15$, et les quatre ensemble $0^{m.c.}.60$, lesquels à 90 fr. comme dessus. . | 54.00 | |
| Total pour $4^{m}.50$ courants. . . . . | 123,34 | |
| et pour un mètre courant . . . . . | 27.41 | |
| A quoi il faut ajouter, 1° $1^{m.c}.50$ de ballast à 4 fr. | 6.00 | |
| 2° Pour les voies des gares, les croisements de voie, dans la même proportion qu'à l'autre détail. . . . . | 11.40 | |
| Prix d'un mètre courant de voie. . . . . | 44.81 | |
| Et pour un kilomètre. . . . . | | 44 810 |
| Au lieu de 9 000 fr. par kilomètre pour les ateliers qui seront moindres, puisqu'il n'y a pas de locomotives à loger, je porterai. . . . . | | 6 000 |

*Appareil atmosphérique.*

| | fr. | |
|---|---|---|
| Tuyau pesant $192^{k}.66$ par mètre courant à 26 fr. | 50 092 | |
| Soupapes, attaches de tuyau, ajustage, couche de suif, même prix qu'en Angleterre. . . . . | 26 415 | |
| Composition pour les gouttières, *idem*. . . . . | 1 150 | |
| Piston pour un kilomètre, *idem*. . . . . | 775 | |
| Tuyaux d'aspiration, 200 mètres pour 5 kilomètres, et pour un kilomètre 40 mètres à 50 fr. . . . . | 2 000 | |
| *Nota.* Aux stations, le tuyau de propulsion est interrompu sur 75 mètres au moins, ce qui fait une économie de 3 750 fr. Si elles sont placées à 10 kilomètres l'une de l'autre, cette économie produit 375 fr. par kilomètre. On ne porte pas cette économie en ligne de compte. | | |
| *A reporter.* . . . . . | 80 432 | 101 810 |

| | fr. | fr. |
|---|---|---|
| *Report.* . . . . . | 80 432 | 101 810 |
| Machine à vapeur de la force de 100 chevaux ou plutôt deux machines de 50 chevaux chacune, avec appareil pneumatique. Le tout estimé 100 000 fr. Le bâtiment peut être porté à 30 000 fr. Il faut compter un peu plus d'une machine par 5 kilomètres, parce qu'il y en a toujours une de plus que d'intervalles. | | |
| Soit 150 000 fr. pour 5 kilomètres, et pour un. . . | 30 000 | |
| Total pour un kilomètre d'appareil atmosphérique. | 110 432 | 110 432 |
| Total par kilomètre de chemin. . . . . | | 212 242 |
| J'admettrai en nombres ronds que le kilomètre de chemin à locomotives, coûte, pour dépenses comparables, dans les deux systèmes. . . . . | | 250 000 |
| Et que le prix du chemin atmosphérique est de. . . . . | | 215 000 |
| La différence sera de. . . . . | | 35 000 |

ou du septième du prix du premier.

Cette différence serait plus considérable si j'avais fait entrer en ligne de compte la valeur des souterrains que l'on évitera généralement avec le système atmosphérique. Sur le chemin de Rouen, la dépense en tunnels a été de 5 640 000 fr., répondant à plus de 40 000 fr. par kilomètre. Ceux du chemin du Havre produiront à peu près le même chiffre. En prenant ces chemins pour termes de comparaison, la différence ne serait donc plus de 35 000 f,, mais de 70 à 75 000 fr.

Il peut être utile, et je dirai tout à l'heure pourquoi, d'établir le prix du système atmosphérique pour une voie double.

| | fr. |
|---|---|
| Je porterai dans ce cas-ci les indemnités à. . . . . | 30 000 |
| Les terrassements à. . . . . | 25 000 |
| Les ouvrages d'art à. . . . . | 25 000 |
| La double voie vaut, y compris le ballast et les voies des gares, etc. . . . . | 81 510 |
| L'appareil atmosphérique, en observant que la même machine servira pour les deux voies, vaudra. . . . . | 187 010 |
| Total pour un kilomètre. . . . . | 348 520 |
| Soit. . . . . | 350 000 |

Mon but, en présentant cette estimation, est de re-

chercher, pour répondre à l'objection faite contre une simple voie, sur quelle longueur on pourrait doubler cette voie, en se renfermant dans la dépense d'un chemin à locomotives. Si $a$ est la longueur d'un chemin et $x$ celle de la partie double, j'aurai

$$(a - x)\ 215\ 000 \text{ fr.} + x.\ 350\ 000 = a \times 250\ 000,$$

$$x = \frac{35\ 000}{135\ 000}.\ a \qquad x = 0.26a.$$

Ainsi pour un chemin de 100 kilomètres,

| | fr. |
|---|---|
| J'aurai 74 kilomètres à 215 000 fr. . . . . | 15 900 000 |
| 26 kilomètres à 350 000 fr. . . . . | 9 100 000 |
| Total. . . . . | 25 000 000 |

Prix égal à celui de 100 kilomètres à 250 000 fr.

Je pourrais donc, sur cette longueur de 100 kilomètres ou de 25 lieues, avoir 5 gares d'évitement de 5 000 mètres de longueur chacune. Les machines fixes étant à 5 000 mètres l'une de l'autre, ces gares ne sauraient être plus courtes. Sur le chemin de Rouen, dont la longueur est de 137 kilomètres, on aurait ainsi sept gares d'évitement, et chacun des huit intervalles, où il n'y aurait qu'une voie simple, serait de 12 800 mètres. Cette disposition satisferait sans doute à tous les besoins de service. On en sera surtout convaincu lorsque j'aurai prouvé, comme je le ferai plus loin, qu'une simple voie peut suffire au passage de 24 convois, dont douze dans chaque sens.

Dans les comparaisons que je viens de présenter, j'ai admis l'influence des pentes; mais je me suis tenu plus près des conditions d'exécution des chemins à locomotives, qu'on ne s'en tiendra dans la pratique. Les chemins de fer atmosphériques, s'ils ont quelque avenir, auront une autre allure que ces derniers. Les tracés en seront faits de manière à profiter le plus possible de la gravité.

Là, la double voie sera beaucoup moins coûteuse, puisqu'elle n'exigera pas de tuyau. Cet avantage, combiné avec la possibilité d'établir des gares d'évitement, comme je viens de le dire, donnera la facilité d'avoir une double voie partout où il en sera besoin. Nous avons des chemins à locomotives, à simple voie, beaucoup moins bien partagés, sous ce rapport, que ne le seront les chemins atmosphériques où les accidents du sol seront judicieusement mis à profit.

Ne pourrait-on pas d'ailleurs, imitant ce qui se passe sur le chemin de Kingstown à Dalkey, où l'on parcourt plus de 500 mètres, le piston hors du tuyau, avec la force acquise, avoir de longues interruptions au bout desquelles le convoi, trouvant un nouveau tuyau, réparerait la vitesse perdue? Une grande économie naîtrait de cette disposition. Des diverses combinaisons que l'on peut ainsi former, le dernier mot n'est pas dit.

## CHAPITRE IV. — COMPARAISON ENTRE LES DÉPENSES D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER DESSERVIS, SOIT PAR DES LOCOMOTIVES, SOIT PAR L'APPAREIL ATMOSPHÉRIQUE.

Je ne chercherai point à établir par des détails, le prix d'exploitation des chemins à locomotives; je me servirai de celui de 1fr.10 accordé par la compagnie du chemin de fer de Rouen, pour chaque locomotive parcourant un kilomètre et menant 12 voitures ou 60 tonneaux pour les convois de voyageurs, et 25 waggons ou 100 tonneaux de poids net pour ceux de marchandises. Ce prix est le fruit de l'expérience, et l'on doit y avoir d'autant plus de confiance, qu'il règle un grand intérêt et que l'intelligence n'a pas manqué pour le débattre.

J'admettrai que, pour les convois de voyageurs, la vitesse est de 12 mètres par seconde, correspondante à 42 200 (près de 11 lieues) à l'heure. Les 137 kilomètres qui séparent Rouen de Paris seraient ainsi parcourus en

190 minutes ou $3^h.10$. Le trajet se fait en 4 heures et $4^h$ 1/4. La vitesse est sans doute un peu moindre que celle que je viens de supposer. D'un autre côté, les arrêts aux stations prennent un temps considérable.

Je supposerai que la vitesse pour les trains de marchandises est de 6 mètres par seconde, la moitié de la précédente.

Les intervalles qui séparent les stations sont au nombre de 15 : la longueur moyenne des stations est donc de 9 100 mètres. Je les supposerai espacées de 10 000 mètres pour la facilité des calculs que je vais présenter. Je rappelle que, dans le système atmosphérique, les machines fixes sont placées à 5 000 mètres l'une de l'autre. Je vais considérer un tronçon de 10 000 mètres, en supposant 24 voyages par jour, 12 dans chaque sens : 12 de ces voyages seront pour les voyageurs ; les 12 autres pour les marchandises.

Les convois destinés aux voyageurs se composent, d'après le marché, de 12 voitures ; mais, sur ce nombre, trois peuvent être affectées aux marchandises. Si les neuf autres étaient remplies, elles transporteraient 270 voyageurs. On satisferait donc ainsi à une circulation de 3 240 voyageurs par jour, ce qui est plus que suffisant. Pour établir le tonnage des marchandises transportées, il y a quelques observations à faire. Les convois ne seront chargés que dans la direction de Rouen à Paris ; les waggons retourneront de Paris à Rouen à peu près vides : c'est ce qui explique la modicité du prix de $1^{fr}.10$ par kilomètre, pour 100 tonneaux de poids net. Ce prix sera réellement d'environ $2^{fr}.20$ ; je dis environ, parce que le commerce de Paris expédie quelques marchandises sur le Havre.

Le nombre des tonneaux de marchandises transportées par jour sera de [illegible], correspondant à 200 000 à peu près par an, en supposant quelques jours de repos. Le port de Rouen, qui reçoit annuellement environ 4 000 navires,

jaugeant moyennement 50 tonneaux, pourra en effet fournir cette quantité de marchandises.

On admet au chemin de fer de Rouen que chaque waggon chargé pese 6 tonneaux. Chaque convoi sera donc de 150 tonneaux, pour aller de Rouen à Paris, et de 50 tonneaux (poids des 25 waggons) pour retourner de Paris à Rouen. On transportera donc, dans les 12 voyages, 600 tonneaux de poids net de marchandises et 600 tonneaux formant celui des véhicules. Le prix de ces convois étant le même que pour ceux des voyageurs, la dépense de chaque jour, sur le tronçon de 10 000 mètres que je considère, sera donc de

$$24 \times 1.10 \times 10 = 264 \text{ fr.}$$

Je passe aux transports par le chemin atmosphérique. Je m'occuperai d'abord de celui des voyageurs.

Je suppose un tuyau des dimensions de celui de Kingstown à Dalkey; je suppose de plus que le vide est fait à 22 pouces ($0^m.56$); on obtient facilement ce vide en cinq minutes. La force qui en résulte sur la surface du piston est, déduction faite du frottement de ce piston et de tout l'appareil, de 850 kilogrammes, comme je l'ai déjà dit.

Chaque tronçon de 10 000 mètres ou l'intervalle compris entre deux stations est parcouru en $\frac{10\,000}{12} = 833$ secondes ou $13'.53''$ soit 14 minutes par les locomotives. Pour avoir des résultats comparables, je vais, pour le chemin atmosphérique, combiner le chargement et les vitesses de telle manière que le temps du parcours soit aussi de 14 minutes ou à peu près; je dis les vitesses, car elles sont naturellement variables d'un bout du tuyau à l'autre. Je prends pour maximum 17 mètres par seconde, correspondant à 61 200 mètres (un peu plus de 15 lieues) à

l'heure. Lorsque cette vitesse sera acquise, je suppose qu'elle sera maintenue par des freins ou autrement.

Que se passe-t-il dans le système atmosphérique? quelle est la marche d'un piston dans un tuyau où l'on a fait le vide et dans lequel on l'entretient? Évidemment, ce piston est soumis à une force accélératrice constante, agissant à l'instar de la gravité. Ainsi, le vide étant fait, si j'ouvre la soupape d'entrée, le piston, d'abord à l'état de repos, prendra un mouvement accéléré. L'analyse de ce mouvement est bien simple : les équations relatives à la gravité vont me servir; l'équation fondamentale s'établira en disant :

L'accélération, c'est-à-dire l'augmentation de vitesse acquise à la fin de chaque seconde,
est à $g$, c'est-à-dire la vitesse que la pesanteur imprime au bout d'une seconde,
comme la résultante des forces, ou l'excès de la force mouvante sur la résistance,
est au poids à mouvoir.

En nommant $j$ l'accélération et P le poids à mouvoir, j'ai en conséquence :

$$j : g :: \varpi r^2 ap - 0.004\mathrm{P} : \mathrm{P},$$

d'où

$$j = g\,\frac{\varpi r^2 ap - 0.004\mathrm{P}}{\mathrm{P}};$$

j'aurai de plus les équations connues

$$v = \sqrt{2jl},$$

en nommant $l$ la longueur de l'espace parcouru,

et

$$v = jt,$$

en désignant par $t$ le temps écoulé exprimé en secondes. Je remplacerai d'abord $\varpi r^2 ap$ par 850 kilogrammes, puissance que je viens de dire être produite par un vide de 22 pouces ($0^m.56$). Au moyen de ces équations, un petit

nombre d'essais prouvera bien vite qu'en faisant l'accélération égale à $0^m.04$, on résout le problème d'une manière satisfaisante. En effet, si l'on veut avoir l'espace parcouru pour que la vitesse de 17 mètres soit acquise, on tire de l'équation $v = \sqrt{2jl}$,

$$l = \frac{v^2}{2j} = \frac{289}{0.08} = 3\,612 \text{ mètres.}$$

Si l'on veut avoir le temps employé à faire ce trajet, l'on a

$$t = \frac{v}{j} = \frac{17}{0.04} = 425'' \quad \text{ou} \quad 7'.5''.$$

Dans cette situation, il reste 6 388 mètres à parcourir avec une vitesse de 17 mètres. Le temps de ce second trajet sera de $\frac{6388}{17} = 376''$. Le temps employé à faire le trajet total de 10 000 mètres sera donc de 801 secondes ou de $13'\ 21''$, temps sensiblement égal à celui employé par les locomotives.

Le poids du convoi sera donné par l'équation

$$j = g\,\frac{(850^k - 0.004P)}{P},$$

d'où l'on tire, en faisant

$$j = 0^m.04,$$

P = 105 500 kilogrammes. Le poids du waggon directeur étant à peu près de $5^t.5$, il reste 100 tonneaux pour le reste du convoi.

Les poids transportés par les locomotives et par l'appareil atmosphérique sont donc dans le rapport de 60 à 100 ou de 3 à 5.

Si on laissait l'accélération produire son effet tout le long de la ligne, on aurait, au bout de 10 000 mètres, $v = \sqrt{2jl} = \sqrt{800} = 28.30$, correspondant à 102 kilo-

mètres ou plus de 25 lieues à l'heure. Le temps du parcours étant donné par $t = \frac{v}{j}$, serait alors de $\frac{28.30}{0.04} = 708''$, ou 11′ 48″. La force que l'on perd en se tenant à 17 mètres, ne ferait donc gagner que peu de temps; seulement 1′ 12″ ou un peu plus du 1/8 du temps trouvé ci-dessus de 13′ 21″. Ce résultat provient de ce que le convoi en met beaucoup (7′ 5″) à acquérir la vitesse de 17 mètres. J'indiquerai plus loin un moyen bien simple pour remédier à cet inconvénient; mais auparavant, je vais faire pour les convois des marchandises ce que j'ai fait pour ceux des voyageurs.

Ces convois, menés par des locomotives marchant avec une vitesse de 6 mètres par seconde, mettront 28 minutes à parcourir le tronçon de 10 000 mètres. Je prendrai pour maximum de celle qui aura lieu sur le chemin atmosphérique $8^m.50$ égale à la moitié du maximum attribué aux convois de voyageurs.

Avec cette donnée, il est facile de trouver qu'une accélération de $0^m.009$ par seconde satisfait aux conditions du problème. L'équation $v^2 = 2jl$ donne d'abord $l = \frac{72.25}{0.018} =$ 4 010 mètres pour l'espace parcouru avant que la vitesse de $8^m.50$ soit acquise. Le temps employé à ce trajet est de $t = \frac{v}{j} = \frac{8.50}{0.009} = 942'' = 15'\ 44''$.

Il reste 10 000 — 4 100 = 5 990 mètres à parcourir avec la vitesse de $8^m.50$, le temps de ce trajet sera de $\frac{5990}{8.50} = 705'' = 11'\ 45''$. Le temps total sera donc de $15'\ 44'' + 11'\ 45'' = 27'\ 29''$ à très-peu près égal à celui employé par les locomotives.

Le poids du convoi sera donné par l'équation :

$$0.009 = g\ \frac{(850 - 0.004P)}{P}.$$

On en tire

$$P = \frac{8338 - 50}{0.048} \; 173\,850 \text{ kilogrammes.}$$

Otant 5 850 pour le poids du waggon directeur, il reste pour le poids des autres waggons 168 tonneaux.

Dans les 12 voyages, on transportera par conséquent 2 016 tonneaux. J'ai dit plus haut que les locomotives transporteraient 1 200 tonneaux ; ces nombres sont dans le rapport de 3 à 5. Mais si l'on considère le poids net des marchandises, on trouve que chaque waggon pesant le tiers de son poids total, on porte, par l'appareil atmosphérique, les deux tiers de 2 016 tonneaux ou 1 344 tonneaux ; tandis que les locomotives n'en mènent que 600. En considérant que Paris expédie quelques marchandises de retour, je prendrai le rapport de 1 à 2 pour celui des deux nombres que je viens d'établir.

Que l'on n'oublie pas la circonstance dans laquelle je me suis placé. Les locomotives, sans doute, pourraient mener 1 200 tonneaux de poids net ; mais avec le prix de 1fr.10, elles n'en mèneront que 600. C'est à la comparaison des prix que je veux arriver.

L'une des propriétés du système atmosphérique est de produire une grande vitesse ; mais, comme je l'ai dit, pour avoir des résultats comparables à ceux obtenus sur le chemin de Rouen, il m'a fallu la modérer de telle sorte que je fisse le trajet d'une station à l'autre, dans le même temps pour les deux systèmes. Dans ce cas, les tuyaux sont occupés bien plus longtemps que l'ont supposé les inventeurs du système atmosphérique. Il était important d'examiner s'ils pourront satisfaire au service qu'on leur impose. Je m'en suis assuré en dressant un tableau où j'ai inscrit les heures de départ des stations extrêmes et d'arrivée aux stations intermédiaires. J'ai supposé, plus haut, pour les voyageurs, six départs de

chaque station extrême. Il semblerait naturel de les séparer par un intervalle de temps de 2 heures; mais l'on ne réussirait point ainsi. Les convois seraient obligés d'attendre, à certaines stations, les convois opposés. Pour bien faire, il faut mettre 2 heures 1/2 entre les moments de départ, et supposer, si le premier départ de Paris se fait à six heures, que celui de Rouen correspondant se fera à $6^h.1/4$, et ainsi de suite. Ainsi, les 6 départs de Paris auraient lieu à $6^h$, $8^h.30$, $11^h$, $1^h.30$, $4^h$ et $6^h.30$; et ceux de Rouen à $6^h.15$, $8^h.45$, $11^h.15$, $1^h.45$, $4^h.15$ et $6^h.45$. Par ce moyen, le convoi parti à $6^h$ de Paris rencontrera celui parti de Rouen à $6^h.15$, à la $9^e$ station, à compter de Paris, à 8 heures. Le même convoi se croisera avec celui parti à $8^h.45$ de Rouen, à la $14^e$ station, à $9^h.15$. Le convoi parti à $8^h.30$ de Paris se rencontrera avec celui parti à $6^h.15$ de Rouen, à la $4^e$ station, à $9^h.15$; il rencontra celui parti de Rouen à $8^h.45$, à la $9^e$ station, à $10^h.30$, et ainsi de suite.

On ferait partir intermédiairement les convois de marchandises. Comme il n'est pas nécessaire, en général, qu'elles arrivent à heure fixe, elles attendraient aux stations que les tuyaux fussent libres.

Chaque tronçon des tuyaux serait occupé par les 12 convois marchant à grande vitesse pendant $15' \times 12 = 180' =$ 3 heures, et par ceux des marchandises pendant $30 \times 12 =$ $360' =$ 6 heures. On voit que l'on a de la marge, et qu'une seule voie de Paris à Rouen pourrait satisfaire à une circulation encore plus active que celle que j'ai supposée.

J'ai dit plus haut que j'indiquerais un moyen pour remédier à l'inconvénient de la lenteur avec laquelle la vitesse de 17 mètres est acquise.

Ce moyen consisterait à employer un plan incliné à chaque station. Le plus souvent, le profil du sol s'y prêterait. Dans le cas contraire, il y aurait encore avantage à le créer; mais je n'entends parler ici que d'un ouvrage

d'une très-faible importance : par exemple, d'un plan de 160 mètres de longueur, présentant une pente de 0.025, et ayant par conséquent 4 mètres de hauteur à son point culminant. Cette nouvelle condition introduite dans la valeur de $j$ donne :

$$j = g\,\frac{(850^k - 0.004P + iP)}{P}.$$

Si $i = 0.025$ et qu'on prenne $P = 105\,500$ kilogrammes, on a

$$j = \frac{30047}{105500} = 0^m.29.$$

L'équation $v = \sqrt{2jl}$ donne au bas du plan de 160 mètres

$$v = \sqrt{0.58 \times 160} = 9^m.63.$$

Le temps employé à acquérir cette vitesse est de

$$t = \frac{v}{j} = \frac{9.63}{0.29} = 33''.$$

Après le plan incliné, on est en terrain horizontal et on rentre dans les conditions relatées ci-dessus ; c'est-à-dire que $j$, ou l'accélération, n'est plus que de $0^m.04$. J'aurai l'espace parcouru pour atteindre la vitesse de $17^m$, au moyen de l'équation :

$$v^2 - v_0^2 = 2jL,$$

L étant la longueur de cet espace. J'ai

$$v^2 = \overline{17}^2 = 289 \text{ mètres et } \overline{v_0}^2 = \overline{9^m.63}^2 = 92.80.$$

d'où

$$L = \frac{196}{0.08} = 2\,452 \text{ mètres.}$$

Le temps employé à parcourir ces 2 452 mètres est donné par l'équation

$$t = \frac{v - v_0}{j} = \frac{17 - 9.63}{0.04} = 184'',$$

ou 3′ 4″. Le temps total employé à acquérir la vitesse de 17 mètres est donc de 217″ ou 3′ 37″, et l'espace parcouru à cet effet est de 2 612 mètres. En marchant toujours horizontalement, cette vitesse n'a été acquise qu'au bout de 3 612 mètres, et après 7′ 5″.

Ici l'influence du plan incliné n'est pas grande; cela tient au poids du convoi. S'il s'agissait, par exemple, d'un convoi de 30 tonneaux, l'accélération serait de $0^m.48$ sur le plan incliné, et de $0^m.24$ sur la partie horizontale qui suit ce plan, la vitesse de 17 mètres serait acquise après un parcours de 441 mètres, et après un temps écoulé de 45″.

On peut être curieux de savoir si les équations ci-dessus s'accordent avec les résultats obtenus sur le chemin de Kingstown à Dalkey. J'ai dit qu'avec un convoi de 38 tonnes on avait marché, dans les courbes, avec une vitesse de 40 à 45 milles (16 à 18 lieues) à l'heure. En se souvenant que la puissance était alors de 1 000 kilogrammes, mais qu'il fallait monter une rampe de $0^m.009$, on trouve, en effet, qu'à une distance de 13 à 1 400 mètres du point de départ, une pareille vitesse devait être produite.

Si je passe maintenant à la dépense de l'exploitation du chemin atmosphérique, j'observe d'abord que, de trois machines qui sont réparties sur la longueur de 10 000 mètres, il n'y en a que deux qui travaillent pour le passage des convois sur ce tronçon de chemin. Pour le départ du premier convoi, la machine de la station extrême se repose. La machine du milieu et celle de la première station travaillent, chacune pendant 12 minutes, dont 5 pour le vide, pour chaque convoi de voyageurs, et pendant 19 minutes pour le convoi des marchandises. Pour les convois de retour, la machine de la seconde station se repose et les deux autres agissent pendant les espaces de temps que je viens de dire. A la fin de la journée, la machine du milieu a travaillé pendant 144 minutes pour les

convois des voyageurs et 228 minutes pour ceux des marchandises : en tout, 372 minutes ou $6^h.12$. Les deux extrêmes ensemble ont travaillé pendant le même temps, de sorte que, pour le tronçon de 10 000 mètres, la durée du travail a été de $12^h.24$. Je la supposerai de 16 heures, soit pour le temps de chauffer, soit à cause de l'entretien du feu pendant le repos.

La machine de Dalkey consomme $2^k.25$ de charbon par heure et par cheval. La consommation totale sera donc, avec une machine semblable, par heure, de 225 kilogrammes et pour 16 heures de 3 600 kilogrammes,

| | fr. |
|---|---|
| Lesquels à 40 fr. (*) le tonneau de 1 000 kilogrammes, vaudront | 144 |
| A quoi il faut ajouter, pour : | |
| Deux mécaniciens | 12 |
| Deux chauffeurs | 6 |
| Huile, graisse, coton, etc. | 16 |
| Un mécanicien sur le waggon-directeur | 5 |
| Cuir du piston | 3 |
| Entretien de la composition | 3 |
| Intérêt du prix des machines, dépréciation des dites, etc., 7.5 pour 100 du prix d'acquisition | 41 |
| Dépense totale journalière pour $10\,000^m.00$ | 230 |

Pour diviser ce prix entre les convois des voyageurs et ceux des marchandises, j'observe que sur les $12^h.24'$ ci-dessus, les premiers entrent pour $4^h.48'$, et les seconds pour $7^h.36$. Ces nombres étant dans le rapport de 5 à 8, sur le prix total de 230 fr., il faut donc attribuer

| | fr. |
|---|---|
| Aux voyageurs | 88.46 |
| Et aux marchandises | 141.54 |
| Total pareil | 230.00 |

Dans les 12 voyages, 1 200 tonneaux se composant du poids des waggons et de 6 000 voyageurs au moins, ont été

(*) On le paye en ce moment 34fr.94 aux pompes à feu de Chaillot et du Gros-Caillou.

transportés à 10 000 mètres. Le prix du transport de l'un de ces tonneaux à cette distance sera donc de

$$\frac{88^{fr}.46}{1200} = 0^{fr}.0737.$$

Par les locomotives, dont chaque convoi comporte 60 tonneaux, le prix analogue est (page 58) de

$$\frac{132}{720} = 0^{fr}.185.$$

Le même calcul fait pour les marchandises donne, en se souvenant que par l'appareil atmosphérique on mène 1 200 tonneaux de poids utile, et seulement 600 par les locomotives :

$\frac{141.54}{1200} = 0^{fr}.118$ pour l'appareil atmosphérique, et $\frac{132}{600} = 0^{fr}.22$ pour les locomotives.

Mais il y a ici une correction à faire : le chemin de Rouen est dans de très-bonnes conditions de tracé ; il y a quelques rampes de $0^{m}.003$ ; mais, en général, elles ne dépassent pas $0^{m}.002$. Les calclus que je viens de faire supposent le chemin atmosphérique horizontal. Ce serait sans doute le mettre dans une condition trop désavantageuse que de donner à vaincre à la puissance une rampe constante de $0^{m}.003$. Je la supposerai de $0^{m}.002$ ; en faisant cette hypothèse, je lui crée, je pense, un obstacle encore trop considérable ; car j'ai fait voir que, presque partout, la force est en excès et doit être modérée. Au lieu de l'user par des freins, il vaudrait sans doute beaucoup mieux l'employer à gravir des rampes. Quoi qu'il en soit, je vais diminuer les chiffres que j'ai trouvés ci-dessus dans le rapport que j'établis ainsi :

La puissance de 850 kilogrammes mène sur un chemin

horizontal un poids de $\frac{850}{0.004} = 210\,000$ kilogrammes, et sur une rampe inclinée à $0^{m}.002$ un poids de $\frac{850}{0.006} = 141\,000^{k}$.

Ces nombres sont dans le rapport de 3 à 2. Les chiffres ci-dessus deviennent, pour les voyageurs,

$$\frac{0.0737 \times 3}{2} = 0^{fr}.111,$$

et pour les marchandises

$$\frac{0.118 \times 3}{2} = 0^{fr}.117.$$

Le chiffre de $0^{fr}.111$ est à l'analogue $0^{fr}.185$ dans le rapport exact de 3 à 5; d'où je conclus que, sous le rapport du transport des voyageurs, le chemin atmosphérique donnerait lieu à une économie des deux cinquièmes sur le prix actuel payé pour les locomotives.

Les chiffres $0^{fr}.177$ et $0^{fr}.22$ sont dans le rapport de 4 à 5; d'où je conclus que, pour le transport des marchandises, l'économie serait de 1/5.

Je suis parti de la supposition de 24 trains, elle n'a rien d'exagéré; aujourd'hui le nombre des convois de voyageurs établi entre Paris et Rouen est au moins de 12, en faisant entrer en ligne de compte ceux spéciaux à la ville de Mantes. Les trains de marchandises vont être portés à six, ce sera donc 18 à 20 trains par jour.

De Londres à Brighton, le nombre des trains est de 18, il est de 24 sur la ligne de Southampton, de 22 sur la Grande-Jonction, et de 26 entre Londres et Birmingham. De Dublin à Kingstown on en compte 28; le même nombre de 28 existe sur la rive gauche de Versailles, sur la rive droite et sur le chemin de Saint-Germain; ces derniers exemples sont, à la vérité, exceptionnels.

Mais, quand même j'aurais supposé un moindre nombre de trains, les résultats du calcul auraient encore été

à peu près les mêmes ; j'aurais seulement eu plus de facilité à prouver qu'une seule voie serait suffisante pour le service. Cependant, dans les différentes hypothèses que l'on peut faire à cet égard, il ne faut pas descendre à une limite où il n'y a plus de chemin de fer possible, je veux dire productif, soit qu'on le desserve avec des locomotives ou avec l'appareil atmosphérique.

Dans la pratique, les choses ne se passent pas comme je l'ai supposé plus haut, les convois sont infiniment moins chargés ; mais, je le répète, j'ai voulu obtenir des résultats comparables, et, à cet effet, j'ai placé les deux systèmes dans les mêmes circonstances ; j'ai établi mes calculs d'après leur maximum d'effet. Ordinairement, il ne se présente que 80 ou 100 voyageurs à chaque départ, d'où je conclus que l'économie que je viens de signaler est un minimum ; en effet, que les convois soient plus ou moins chargés, le chemin de Rouen n'en paye pas moins 1fr.10 par locomotive parcourant un kilomètre, tandis qu'on pourra, dans le système atmosphérique, modérer l'action des machines et proportionner la puissance à la résistance en ne faisant que le vide nécessaire ; il serait possible, par exemple, que l'on pût habituellement marcher à 12 ou 13 pouces ; c'est un vide qui s'obtient facilement en 2 minutes. On économiserait donc ainsi 3 minutes de travail de la machine à chaque voyage.

Une question se rattache à ce chapitre, celle de savoir dans quel cas il sera avantageux de substituer la traction atmosphérique aux locomotives sur les chemins actuels. Rien ne serait plus facile que de placer un tuyau entre deux rails, aucun changement ne serait apporté dans les dispositions qui existent aujourd'hui pour les gares, pour les stations, pour le service en général ; les passages à niveau resteraient comme ils sont ; seulement les ponts sous lesquels passent les chemins de fer et les tunnels seraient trop largement ouverts et trop élevés ; dans cette hypo-

thèse les locomotives seraient à vendre avec une partie des rails. Les traverses seraient gardées en magasin, car il n'y aurait aucun profit à s'en défaire ; je ne proposerais pas non plus de vendre tous les rails de la voie devenue inutile ; j'en garderais une partie pour faire des gares d'évitement, un quart par exemple. On a compté 23 000 francs de locomotives par kilomètre : je suppose qu'on n'en tirerait pas plus de 12 000 francs, d'abord parce que les machines ne seraient pas neuves, et en second lieu parce qu'on ne se trouverait peut-être pas dans un moment favorable pour les vendre. Les 750 mètres courants de double rail et coussinets qui ont coûté 27 à 28 francs le mètre courant, ne produiraient à raison de 15 francs que 11 250 francs ; j'admets qu'en somme l'on retire par kilomètre d'objets vendus 24 000 francs.

| | fr. |
|---|---|
| L'établissement du système atmosphérique vaut par kilomètre en nombres ronds. . . . . | 110 000 |
| Si l'on ajoute pour les évitements un quart du prix de l'appareil, déduction faite de celui de la machine, il faut porter en compte la somme de. . . . . | 19 000 |
| On aura donc une dépense de. . . . . | 129 000 |
| Retranchant les. . . . . | 24 000 |
| trouvés ci-dessus, il restera une somme de. . . . . | 105 000 |
| à l'intérêt de laquelle il faut faire face ; cet intérêt est de. . | 5 250 |

Je suppose le chemin uniquement consacré au transport des voyageurs ; la première chose à faire est d'établir le prix du transport d'un voyageur à un kilomètre. Je trouve dans le rapport de M. Talabot, pour l'année 1842, que ce prix, sur les chemins du Gard, a été de $0^{m}.011$ ; il doit être plus élevé dans les environs de Paris, où le charbon est beaucoup plus cher, et c'est cette localité que je considère. Si j'admets que le nombre des voyageurs qui se présentent à chaque départ et pour lesquels on paye $1^{fr}.10$ par kilomètre, au chemin de Rouen, est de 80, le prix du transport de chacun d'eux, à un kilomètre, sera de $0^{fr}.0138$ ; ce prix doit être peu éloigné de la vérité ; celui payé sur le

semin atmosphérique en sera les 3/5 ou 0fr.0083. L'économie ra donc par voyageur de 0fr.0055, le nombre des voyageurs igé pour produire une somme égale à celle de l'intérêt —dessus de 5 250 francs, sera de $\frac{5250}{0.0055} = 954\,545$ ou -ès d'un million. Ce résultat prouve que la substitu-on de l'appareil atmosphérique aux locomotives ne serait roposable que dans le cas où l'on aurait une circulation gale à celle des chemins de Versailles, rive droite, et de aint-Germain.

Si l'on voulait économiser les gares d'évitement, on aurait plus à satisfaire qu'à un intérêt de 4150 francs pondant à un capital de 83 000 francs; le prix des rails mdus étant, dans ce cas, de 15 000 francs au lieu de 0000. Le nombre des voyageurs devrait être alors de $\frac{4150}{0055} = 754\,545$.

Il faut conclure de là que les cas sont bien rares où il y ura avantage à substituer un système à l'autre; ces deux ystèmes s'excluent donc, il faut le dire, complétement. ien n'est plus important que de rechercher si celui sur quel je présente ce travail a quelque chance d'avenir; ar alors il faudrait changer les conditions de tracé que ous imposons aujourd'hui et en prescrire de toutes dif-rentes.

Mais il y a une autre classe de chemins que l'on pourrait ppeler de transition; ce sont ceux dont les terrassements ont achevés ou sur le point de l'être, et sur lesquels les oies ne sont pas posées.

| | fr. |
|---|---|
| Pour ceux-là, la dépense, par kilomètre, serait dans le ystème des locomotives de. . . . . | 129 000 |
| t dans celui de la propulsion atmosphérique de. . . . . | 156 000 |

i l'on se contente d'une voie, et de 190 000 francs, si l'on louble la voie sur un quart de la longueur.

Dans le premier cas, la différence de dépense est de

27 000 francs, dont l'intérêt de 1350 francs serait couvert par le bénéfice résultant du passage de $\frac{1350}{0.0055} = 245\ 500$ voyageurs.

Dans le second, la différence serait de 61 000 francs pour l'intérêt desquels il faudrait 555 000 voyageurs.

Pour ces chemins, dans l'état actuel des choses, il est à peu près indifférent d'adopter l'un ou l'autre système. Dans le premier cas, celui d'une circulation de 245 000 voyageurs qui est une bonne circulation, mais qui reste dans les limites ordinaires, je suppose que ces voyageurs parcourent la ligne entière. La circulation de 550 000 avec cette observation, sera sans doute regardée comme exceptionnelle, et alors on trouvera plus avantageux de continuer le système à locomotives; je conclus de ces calculs que l'on peut continuer, sans regret, les travaux qui sont en cours d'exécution.

Je suis loin sans doute d'avoir porté, dans les esprits, la conviction que le système atmosphérique peut être appliqué à des lignes d'une longueur quelconque.

La question n'est point encore à ce degré d'avancement, mais il suffit que le succès de cette application paraisse probable pour que l'administration doive à ce système une attention particulière. En admettant l'égalité dans les dépenses d'établissement, il a sur celui de la traction par locomotives un avantage incontestable sous le rapport de l'exploitation; j'ai cherché à apprécier cet avantage, mais il était évident par lui-même, puisqu'on n'aurait plus à mouvoir ces masses énormes, la locomotive et le tender qui forment souvent le tiers, quelquefois la moitié du poids du convoi; masses dont le mouvement sur des pentes, relativement faibles, absorbe toute la force produite.

Un autre avantage, qui ne pouvait entrer en ligne de compte dans les calculs précédents, est celui de la vitesse;

avec le système actuel, on sait ce qu'elle coûte ; sur les chemins atmosphériques, elle est pour ainsi dire créée d'avance par l'appareil pneumatique. Je sais qu'en France l'emploi du temps n'a pas le même prix qu'en Angleterre, mais l'usage même des moyens de transport à grande vitesse nous apprendra à l'apprécier ; que sont aujourd'hui les diligences auprès des chemins de fer ?

Je ne reviendrai point sur les autres avantages du système atmosphérique ; je crois en avoir dit assez pour motiver la demande d'un essai ; demande que je fais en terminant ce rapport.

Le mode d'exécution, le choix des lieux sont du ressort de l'administration. Si elle prend une décision conforme à ma proposition, il restera à faire un programme des conditions auxquelles l'essai devra satisfaire.

Ma tâche est terminée, je ne m'en suis point dissimulé l'importance, et j'aurais voulu que ma capacité fût égale à la bonne volonté et à la conscience que j'ai apportées à la remplir. J'ai fait tous mes efforts pour que ce rapport fût le moins incomplet possible ; mais il est probable qu'un grand nombre de considérations m'ont échappé. La nouveauté du sujet et le désir de faire promptement connaître les résultats de ma mission seront mon excuse.

Paris, le 10 janvier 1844.