

Zeitschrift: Die Eisenbahn = Le chemin de fer
Herausgeber: A. Waldner
Band: 8/9 (1878)
Heft: 6

Artikel: Le chemin de fer funiculaire Lausanne-Ouchy
Autor: Carpi, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-6823>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT. — Le chemin de fer funiculaire Lausanne-Ouchy, par Monsieur L. Carpi, ingénieur. — Petroleum, dessen Vorkommen, Gewinnung und Verarbeitung in Nord-Amerika. Auszug aus einem Vortrage gehalten im Ingenieur- und Architekten-Vereine in Zürich, von John E. J. cely. II. (Fortsetzung). Mit 5 Clichés. — Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Central-Comité. — Kleine Mittheilungen: Hôtel pour les ouvrières, à New-York. Baugerüste aus Eisen. — Submissionsanzeiger. — Chronik: Eidgenossenschaft, Cantone, Eisenbahnen, Verschiedenes. — Verfügungen des Oberpostsecretariats. Geldanweisungsverkehr mit Frankreich. — Eisenpreise in England, mitgetheilt von Herrn Ernst Arbenz in Winterthur. — Verschiedene Preise des Metallmarktes loco London. — Stellenvermittlung der Gesellschaft ehemaliger Studirender des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich.

Le chemin de fer funiculaire Lausanne-Ouchy

par Mr. L. Carpi, Ingénieur.

En considérant les temps singulièrement difficiles qui se présentent aux nouvelles constructions des voies ferrées, ainsi que les *Krach* multiformes qui ont frappé régulièrement presque tous les chemins de fer existants, et la médiocre confiance que les spéculations *ferrugineuses* inspirent aux capitaux, on est forcé d'envisager comme hasardeuse et aléatoire toute application vraiment pratique de systèmes spéciaux pour chemins de fer d'intérêt local.

Par conséquent l'ouverture du chemin de fer funiculaire, qui eût lieu à Lausanne l'année passée — quoique apparemment circonscrite dans un horizon limité — emprunte en réalité les proportions d'un fait scientifique et économique des plus intéressants, et prouve de plus en plus la tenacité de cet esprit d'initiative et de création qui est un des caractères les plus saillants de la Suisse, aussi bien qu'une des chances qui lui sont le plus convoitées à l'étranger. Ce ne sera donc jamais trop tard d'en parler dans ces colonnes, qui ont pour objectif essentiel les intérêts matériels du pays.

Lausanne — cette ville active et vivace d'environ 30 000 habitants, qui est située, comme on sait, sur le passage des trafics desservants l'Allemagne et le Nord de l'Europe d'un côté, l'Italie et la France de l'autre côté — s'étend sur des cols qui dominent le lac Léman du haut de 125 m en moyenne, tout en étant séparée de ce dernier par une distance d'environ 1500 m. La position qu'elle occupe par rapport à sa gare sur les chemins de fer de la Suisse Occidentale — qui forme point de croisement pour les directions de la Méditerranée, de la Suisse allemande, et du lac de Constance, et qui se trouve placée, moyennement, à 45 m en contrebas de la ville — n'est guère plus favorable. Il ressort de ces circonstances topographiques, que le lac, ce grand bassin du Rhône, d'où elle tire, avec un mouvement fort-considérable de personnes et de produits, la source naturelle de ses industries et de son commerce, n'est pas plus en contact immédiat avec elle, que son accès aux réseaux de chemins de fer, qui la desservent.

Cet isolement virtuel de toute communication rapide, ainsi que des bords salutaires du Léman, nuisait nécessairement au bien-être matériel de la ville, en renchérissant les conditions du marché, et en y entravant l'affluence des étrangers. Le travail dépensé pour franchir les 125 m de hauteur entre le lac et Lausanne, se traduisait par une augmentation notable dans le prix de revient des matériaux transportés, soit, par le coût très-élevé des constructions civiles, et concentrant à Ouchy, sur le bord du lac, la seule et véritable Lausanne des touristes. Ajoutons encore que la ville manquait aussi d'eaux potables copieuses, pouvant lui servir en même temps de force motrice.

Cet état de choses, qui menaçait de troubler le cours des affaires, décida la formation d'une Compagnie par actions, ayant pour but:

De relier Lausanne à Ouchy — qui est son abordage sur le Léman pour les directions de l'intérieur, de la rive Savoisiennne, et du Simplon — au moyen d'un chemin de fer funiculaire;

De réunir Lausanne à sa gare par un chemin de fer pneumatique parallèle au précédent;

D'utiliser comme force motrice des deux systèmes une conduite d'eau provenant de l'introduction des eaux du Grenet ¹⁾ dans le lac de Bret, qui aurait ainsi fonctionné comme vaste réservoir d'une canalisation de 14 ⁷/_m de longueur, destinée à desservir jusqu'à Lausanne la consommation domestique, l'agriculture et les industries.

Cette entreprise se proposait ainsi de conduire en ville, au moyen de souterrains et d'ouvrages d'art un volume d'eau correspondant au minimum de 540 000 ^l par heure, d'en concentrer à ses portes un dépôt de 6000 ^{m³}, et de construire une voie ferrée spéciale, qui pût se servir de cette force hydraulique accumulée. Des inconnues assez sérieuses comme réussite, et des chances assez douteuses comme emploi d'argent, se dressaient évidemment contre ce projet, qui se rendit pourtant bientôt réalisable, les seuls habitants de Lausanne ayant souscrit pour la totalité des obligations, et pour les trois quarts des actions. Ce qui pourrait prouver la confiance qu'inspirait l'entreprise, ou, tout au moins, une surabondance de capitaux en quête de placement.

Disposition générale de la ligne.

La ligne dont nous venons d'énoncer les origines peut-être définie, d'une façon correcte, *une ligne à plan incliné avec traction funiculaire automotrice.*

La distance entre les deux gares extrêmes est de 1496 m, et leur différence totale de niveau est de 104,72 m, qui est rachetée par les trois rampes successives de 7, de 5,59 et de 11,60 ‰, cette dernière débauchant à la gare de Lausanne, après un parcours de 267,70 m ²⁾. Tout le tronçon est en ligne droite, excepté les deux couples de courbes d'accès au croisement des trains, qui ont le rayon de 400 m sur un développement total de 89,54 m, tandis que la partie droite qu'elles interceptent est de 52,50, ce qui est suffisant au croisement de deux trains ayant la plus grande longueur adoptée. Les gares desservies sont quatre, savoir:

Lausanne (Gare du Felon) à 482,50 m sur le niveau de la mer,

Saint Luce (Gare de la Suisse occidentale),

Gordil (Gare intermédiaire, que la précédente rend mécaniquement nécessaire),

Ouchy (rive du Léman) à 377,70 m d'altitude.

La gare funiculaire de Saint-Luce, qui dessert par transbordement la gare normale de la ville est censée d'entrer en communication directe avec cette dernière au moyen d'une voie pneumatique, qui empruntant la même plateforme du funiculaire, devrait se raccorder aux voies elles-mêmes du réseau occidental. Ce nouvel embranchement, qui est encore en voie de construction, et que nous passerons donc sous silence, complètera en Suisse l'application de tous les principaux systèmes connus pour le passage des fortes rampes.

Le plan incliné funiculaire contient donc voies parallèles, qui sont disposées de manière à entrer pour ainsi dire une dans l'autre sur un premier parcours inférieure à quatre rails, deux à deux équidistants, et dont chaque couple a l'écartement normal de 1 m,435; ces rails se séparent au point de bifurcation inférieur, et forment deux voies réellement déjoints, qui suivent toute la longueur du croisement (142,04 m), et qui se réunissent ensuite sur le restant du parcours en trois rails uniques, dont un est nécessairement commun aux deux voies. Cette disposition, qui permet de réaliser une importante économie dans la largeur de la plateforme, aussi bien que dans le matériel fixe, a encore pour effet de supprimer tout besoin de *branche-*

¹⁾ Le Grenet est un petit ruisseau, qui prend ses sources dans les bois du Grand Jorat, un peu plus loin, vers le septentrion, que le lac de Bret, dont il dépasse l'altitude: ce dernier, alimenté d'une manière incertaine, et irrégulière, par les pluies, et par quelque petit affluents, écoule ses eaux dans le Léman, soit, vers le Sud, tandis que le Grenet débouche dans l'Aar, ou vers le Nord. L'idée fondamentale fut donc de percer les crêtes naturelles, qui séparent cette fraction des deux versants, pour détourner une partie des eaux du Grenet dans le lac de Bret, et en faire de ce chef un dépôt sensiblement constant d'alimentation de la conduite.

²⁾ Ces chiffres, ainsi que les suivants, sont puisés dans le profil en long de la ligne; toute modification postérieure éventuelle, d'ailleurs légère, ne saurait avoir aucune importance pour nos lecteurs.

ments de voie, et d'éliminer de ce chef les frais d'entretien que ces derniers auraient causé, ainsi que les obstacles qu'ils auraient opposé à la distribution des poulies directrices du câble de traction.

Le système de locomotion adopté peut se formuler par ce principe bien connu : étant donné un léger effort initial, et deux voies ayant une pente uniforme, deux trains du même poids — rendus solidaires avec les deux bouts d'un câble, qui s'enroule autour d'une poulie fixée au sommet d'un plan incliné, et qui ait la même longueur que la course totale de chaque train — se mettront en mouvement sur les deux voies, de telle sorte que si l'un monte, l'autre descend et en atteint le pied — en se croisant entr'eux à la moitié du parcours.

Mais dans le cas particulier le plan incliné Lausanne-Ouchy n'ayant point une inclinaison constante, et laissant par plus prévoir un excédant de poids pour les trains montants, l'équilibre, ou l'automobilité, n'ont pas lieu — en dehors même des résistances passives, qui sont pourtant considérables; un moteur fixe, paralysant toute réaction, met donc le câble en mouvement. —

Appareil moteur.

Le moteur est installé dans les souterrains de la gare culminante, et occupe un vide d'environ 100 m^2 de surface sur 11 m de profondeur. C'est une double turbine du système Girard, sur axe horizontal, ayant 2,25 m de diamètre extérieur, et à laquelle Mr. Callon — qui est un des auteurs du projet — apporta une heureuse innovation, en y établissant deux couronnes à aubes inverses, pour les deux mouvements opposés. Elle est mue par une colonne d'eau, provenant d'une conduite qui a 0,40 de diamètre principal, et une hauteur de charge de 142,50, soit, une pression d'environ 14 atmosphères. En dehors des compresseurs appliqués au percement du Gothard, on saurait difficilement trouver dans l'industrie un autre exemple important d'une pression hydraulique si exceptionnelle.

L'effort moteur est directement donné par la turbine à une couple de roues dentées, dont la plus petite, ayant 1,05 m de diamètre, et 50 dents, est calée concentriquement à l'arbre moteur, et transmet le mouvement à la plus grande, qui à 4,53 m de diamètre, et 216 dents. L'axe de cette dernière actionne à son tour, au moyen d'une autre roue d'engrenage ayant 1 m ,414 de diamètre et 38 dents, le grand tambour qui enroule le câble métallique, et qui a 6,20 m de diamètre extérieur, 3,80 m de longueur totale, et 160 dents en bois, fixées autour de l'extrémité antérieure de sa surface de révolution; trois doubles systèmes de *rais* à nervures vigoureuses relient et enchevêtrent ce grand cylindre en fonte, qui tourne autour d'un arbre indépendant, ayant 0,35 m de diamètre, tandis qu'une chemise en bois enveloppe sa périphérie, autour de laquelle le câble de traction fait constamment quatre tours. —

Ce câble est reçu et renvoyé par deux poulies de *tension*, ayant 3 m de diamètre, qui sont calées par leur axe entre deux chariots conducteurs, presque tangentiellement à la circonférence directrice du tambour, et une par chaque côté de ce dernier : les deux plans qui les contiennent sont fortement inclinés contre le plan diamétral vertical du tambour, qui est bisecteur de l'angle formé par leurs prolongements. Les chariots conducteurs (dont chacun glisse comme une bielle entre deux poutres-guides métalliques, et forme écrou d'une *hélice horizontale* continue, qui est mise en mouvement par des engrenages coniques communicants avec l'arbre principal) reçoivent, et transmettent aux poulies un mouvement de translation *longitudinale* de 35 m_m par chaque tour du tambour, soit, un déplacement total moyen de 2,76 m par chaque double course des trains; ce qui permet au câble de traction, passant sur ces poulies, de s'enrouler et de se dérouler régulièrement autour du tambour, puisque la translation de 0,035 m dans le sens de la voie correspond précisément au diamètre (0,03 m) du câble, plus 5 m_m de jeu.

Cet ingénieux mécanisme, dont le but essentiel est d'assurer le développement normal du câble, forme le côté le plus intéressant de l'appareil moteur.

Un indicateur-aiguille, solidaire avec un des deux chariots conducteurs des poulies, glisse contre une règle divisée d'après

les différentes étapes et stations de la ligne, qui est fixée sur la poutre-guide correspondante, et montre par ce fait au mécanicien la position successive des trains; celui-ci, du bas d'une petite cabine placée dans le souterrain, règle et dirige le mouvement par une série de robinets, sans correspondre avec l'extérieur. Une simple sonnerie électrique lui donne, depuis chaque gare, les signaux de départ, tandis qu'il lit devant ses yeux l'instant de fermer le distributeur, soit, l'arrivée des trains à chaque arrêt du parcours.

Comme on voit, cet indicateur remplace fort-avantageusement les signaux à son de trompe qu'on a employé au Mont-Cenis dans le système funiculaire de Mr. Agudio *) et assure la régularité des courses et des arrêts en ôtant toute valeur — dans les circonstances ordinaires — au manque de communication directe entre le mécanicien et le train. Cependant ce manque de communication, d'ailleurs inhérent à tous les systèmes funiculaires, n'en est pas moins, à notre avis, un grave inconvénient dans les cas particuliers.

L'arrêt presque immédiat du mécanisme est assuré par un puissant frein hydraulique à disque, qui s'applique directement à l'arbre moteur : une pompe à air, actionnée par ce dernier, amortit les coups de bélier, en comprimant le fluide dans un réservoir.

La vitesse de la turbine est de 250 tours par minute au maximum, soit, la même qu'on avait dans les expériences du système Agudio à Lanslebourg; mais la vitesse normale adoptée est variable entre 180 et 230 tours, suivant celle qu'on veut donner aux trains. Avec une vitesse de 230 tours, le grand tambour qui enroule le câble en fait moyennement 79 par chaque course entière de trains, en six minutes et demi de temps. D'où l'on déduit, pour le maximum de la vitesse réelle des trains :

$$\frac{\pi \times 6,20 \times 79}{60 \times 6,30} = 4^{m},056.$$

Le minimum, qui correspond à 180 tours de la turbine par minute, et à la rampe de 11,60 ‰, donne environ 3 m par seconde; on a donc approximativement une vitesse *ascensionnelle* effective de 11 à 15 $\frac{m}{m}$ par heure. Pour le cas qui nous occupe la vitesse virtuelle moyenne du système Agudio, serait presque double — les essais de Lanslebourg ayant constaté une vitesse moyenne d'environ 8 $\frac{m}{m}$ par heure sur un parcours presque aussi long que Lausanne-Ouchy, et rachetant une hauteur de 350 m entre les deux extrémités du plan incliné. Ce dernier système aurait donc une plus grande puissance de traction. Cependant au Lausanne-Ouchy, le poids du train en mouvement peut *réussir entièrement utile*, tandis que dans le système Agudio le poids mort du locomoteur y est compris.

Les orifices du distributeur de la turbine sont 7, dont on ouvre 2 $\frac{1}{2}$ seulement pour obtenir le maximum de l'effort de traction adopté; d'où une dépense d'environ 7,50 m^3 d'eau par minute. Il en suit que le volume d'eau dépensé est relativement mince par rapport au débit total de la conduite, et que le manomètre demeure insensible aux variations de pression pendant la course.

Pour déterminer la force et le rendement de la turbine, le bureau technique de la Compagnie fit quatre séries d'expériences, au moyen d'un frein de Prony ayant 3,50 m de diamètre qu'on appliqua à l'arbre moteur, et en ouvrant 2 orifices et $\frac{1}{3}$ dans la première série, 3 dans la deuxième, 3 $\frac{1}{2}$ dans la troisième, et 4 dans la quatrième.

Etant :

p le poids sur le plateau du frein,

v le nombre de tours par minutes,

et faisant successivement, dans chaque série d'expériences :

$$p = (120; 140; 100) \frac{1}{3},$$

$$v = (200; 178; 240) \text{ tours,}$$

l'expression de la force totale,

*) On sait toutefois, que pendant ces expériences internationales (20 août 1875), Mr. Agudio imagina de remplacer les signaux de trompe par une communication électrique entre le train et le mécanicien des turbines.

$$\frac{2 \pi \times 3,50 \times v}{60} \times \frac{p}{75}$$

donna respectivement, pour la moyenne de ses trois valeurs successives, développée en chevaux-vapeurs de la turbine, les résultats suivants:

Pour la 1 ^{re} Série;	118,95,	soit	50,98	chev. par orifice
" " 2 ^{me} "	149,19,	"	49,73	" " "
" " 3 ^{me} "	187,82,	"	53,67	" " "
" " 4 ^{me} "	199,15,	"	49,78	" " "

En admettant donc une moyenne générale de 50 chevaux de force par chacun des 7 orifices, on conclut que la force totale de la turbine est de 350 chevaux.

Etant ensuite:

0,85 le coefficient de la dépense, que Mr. Callon obtient pour sa turbine,

0,048^m × 0,016^m la section de l'orifice,

140^m la hauteur de chute,

on dechût

$$0,85 \times 0,048 \times 0,016 \sqrt{2g \times 140} = 34,21 \text{ "/>$$

pour la dépense réelle d'un orifice, et

$$\frac{50 \times 75}{34,21 \times 140} = 0,783$$

pour le rendement de la turbine — qui est par conséquent fort notable.

Quant au rendement du système, considéré comme ascenseur, il est naturellement donné par le rapport entre le travail nécessaire pour l'ascension d'un train chargé, et le travail total produit.

Or le poids normal des trains montants, tel qu'on le calculait au commencement de l'exploitation est de 35 tonnes, réparties comme ci-après:

1 Wagon mixte, à voyageurs, et à bagages (Wagon d'attelage)	6 500	^{kg}
1 Wagon à voyageurs	6 500	"
3 Wagons à marchandises	12 000	"
Charge moyenne	10 000	"
Total	35 000	^{kg}

En se souvenant que la différence de niveau rachetée est de 100^m sur un parcours d'environ 1500^m, et en retenant une vitesse minimum de 3^m par seconde, ainsi qu'un coefficient de résistance de 3^{kg} par tonne, le travail résistant dépensé à la montée s'exprime, en chiffres arrondies, par

$$\frac{3500 \times 100 \times 3}{75 \times 1500 \times 5} + \frac{35 \times 3 \times 3}{75} = 97 \text{ chevaux.}$$

De son côté, le maximum du travail dépensé par le moteur varie entre 150 et 200 chevaux, car on n'ouvre en réalité que 3 à 4 des 7 orifices du distributeur. En adoptant la limite supérieur, soit 200, on aurait donc comme rendement du système, pour la seule ascension

$$\frac{97}{200} = 0,48.$$

Ce résultat très-élevé, que nous ignorons si les données ressortissant de l'exploitation ont confirmé, serait d'autant plus remarquable qu'il dépasserait singulièrement les rendements de tous les autres systèmes spéciaux exploités — parmi lesquels il nous suffira d'indiquer celui de la traction sur le Rigi (0,05), et celui des locomotives (0,18) *)

*) Ce chiffre de 0,18 suppose, bien entendu, que la locomotive soit considérée comme ascenseur; comme machine motrice, elle donne 0,25 à 0,30.

Les pertes dues aux frottements seraient de 2 1/2 % pour chaque couple de roues dentées. Le maximum de poids admis pour chaque train montant est de 44^t, et respectivement de 18^t, pour le train descendant; le volume total d'eau dépensée résulta de 47,50^{m³} pour la course entière d'un train montant de 44 600^{kg}.

Quant au nombre des courses, l'expérience a prouvé qu'on pourrait faire suivre les trains de 10 en 10 minutes; restant toutefois dans une marge plus étendue, pour tenir compte de toute manœuvre éventuelle, on a fixé à 4 trains par heure l'exploitation normale possible, soit, à un maximum de 176^t de poids monté par heure. Si nous considérons toujours ce système comme un simple ascenseur, la comparaison avec le système Agudio serait ici moins favorable. Ce dernier montait en effet à Lanslebourg la charge totale de 138^t par heure à la hauteur de 350^m soit trois trains redoublés de

$$35 - 12 = 23 \text{ "/>$$

poids du locomoteur déduit; il aurait donc une puissance de traction plus que double, quand même on calculerait à sa moindre valeur le surplus de parcours virtuel qui est dû à la hauteur.

Par contre le travail dépensé par ses mécanismes, ainsi que par ses propres résistances étant plus fort, son rendement absolu (0,33) est nécessairement plus faible. Il en suit que la seule expérience prolongée de l'exploitation pourra déterminer des appréciations de préféralité plus correctes.

Pour prévenir les nuisibles effets des oscillations continues de pression formant la conséquence nécessaire du mouvement discontinu de la turbine, sous l'action d'une colonne hydraulique, qui dépasse, en puissance celle qu'on avait aux essais du Mont-Cenis elle même (133,32^m de chute) — ou, tout au moins, pour rendre plus rares ces effets — on dût recourir à des mesures de consolidation et de précaution exceptionnelles: entr'autres on posa des arcs-boutants sur un certain parcours de la conduite principale. Toutefois le développement de presque 5200^m qui est atteint par les tuyaux en fonte, leurs diamètres variables entre 250 et 500^{mm}, ainsi que la haute pression à laquelle ils sont soumis, rendent inévitables les ruptures et les réfections.

C'est en vue de ces accidents, d'ailleurs peu fréquents, qu'une motrice à vapeur, de la force de 180 à 200 chevaux, devra assurer le service en cas d'interruption de la conduite.

L'appareil mécanique, tel que nous l'avons ébauché, coûta 95 000 francs. La turbine fut construite à Esson près Paris, et le restant chez la maison Bell à Kriens. Leur installation souterraine, qui exigea 4400^{m³} de fouilles, et 3300^{m³} de maçonneries, est recouverte par un tablier métallique qui fait plateforme pour les voies traversant la gare de tête superposée. Un fil électrique, aboutissant à un indicateur de niveau à flotteur, relie le réservoir d'alimentation, qui est établi aux abords de la ville (Chailly) avec les bureaux de la Direction à Lausanne, et rend ainsi possible une surveillance immédiate et permanente du niveau de l'eau accumulée.

(A suivre.)

* * *

Petroleum,

dessen Vorkommen, Gewinnung und Verarbeitung in Nord-Amerika.

Auszug aus einem Vortrage von John E. Jcely, gehalten im Ingenieur- und Architekten-Verein in Zürich.

II.

(Fortsetzung.)

Zum Entfernen des Bohrschmandes aus dem Bohrloch dient der in Fig. 1 dargestellte Schmandlöffel. Derselbe besteht aus einer etwa 2^m langen Röhre, die am untern Ende mit einem Ventil A geschlossen ist und in welcher sich eine gegabelte Stange mit Lederkolben B befindet. Dieser Löffel wird in das Bohrloch hinunter gelassen, die am Ventile angebrachte Spitze